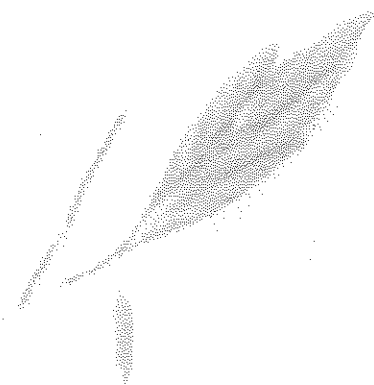
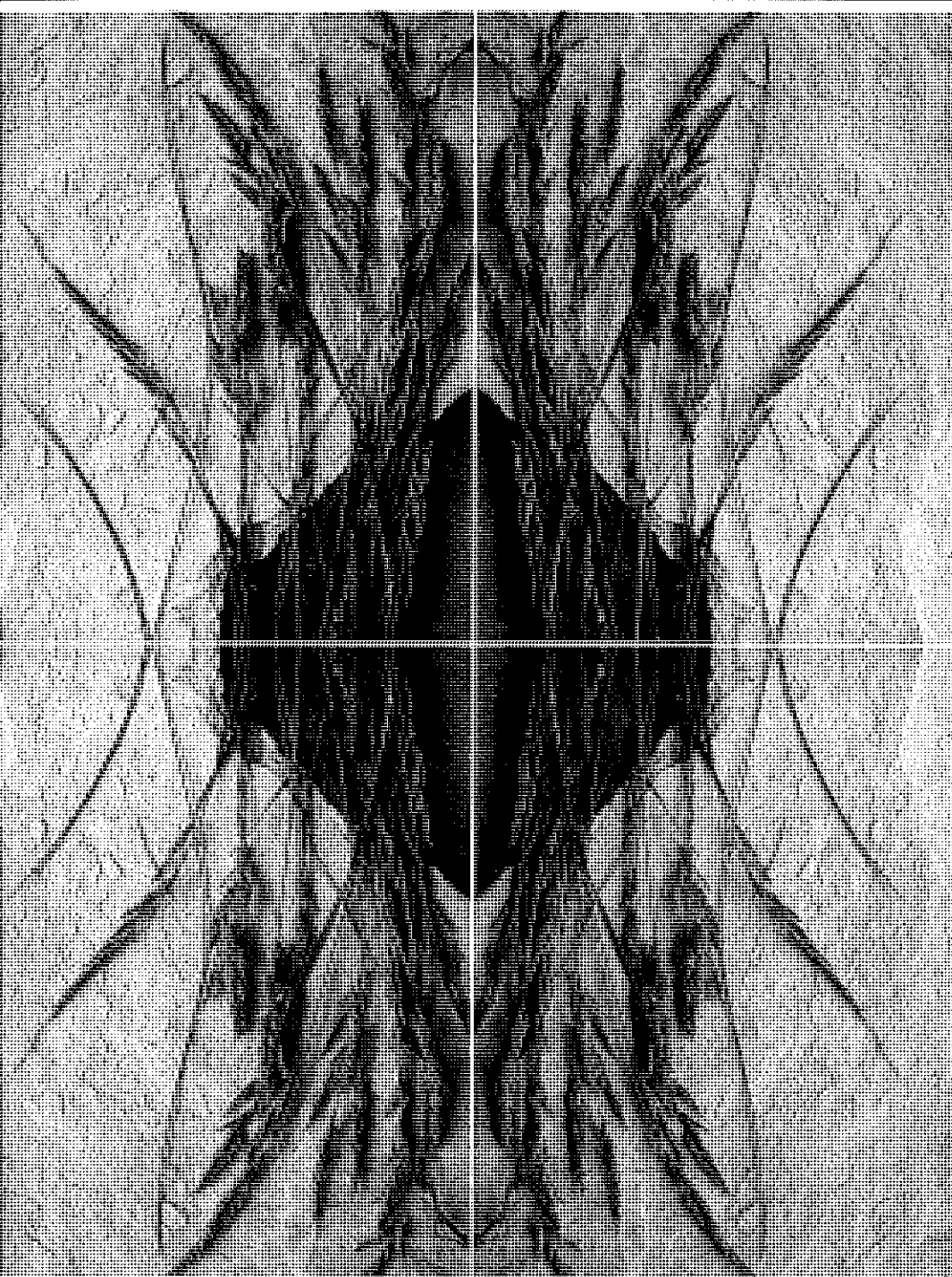


Pastos y Ganadería Extensiva



Editores:
Balbino García Criado
Antonia García Ciudad
Beatriz R. Vázquez de Aldana
Iñigo Zabalgogeoazcoa

Sociedad Española para el Estudio de los Pastos

PASTOS Y GANADERÍA EXTENSIVA

XLIV REUNIÓN CIENTÍFICA DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA
PARA EL ESTUDIOS DE LOS PASTOS

10-14 de mayo de 2004, Salamanca (España)

BALBINO GARCÍA CRIADO
ANTONIA GARCÍA CIUDAD
BEATRIZ R. VÁZQUEZ DE ALDANA
ÍNIGO ZABALGOGEAZCOA
(Editores)

PASTOS Y GANADERÍA EXTENSIVA

XLIV REUNIÓN CIENTÍFICA DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA
PARA EL ESTUDIOS DE LOS PASTOS

10-14 de mayo de 2004, Salamanca (España)

BALBINO GARCÍA CRIADO
ANTONIA GARCÍA CIUDAD
BEATRIZ R. VÁZQUEZ DE ALDANA
ÍNIGO ZABALGOGÉAZCOA
(Editores)

Título: Pastos y Ganadería Extensiva

Editores Científicos: B. García Criado, A. García Ciudad, B.R. Vázquez de Aldana, Í. Zabalgogezcoa

© *de los textos*: los autores

Diseño de cubierta: Beatriz R. Vázquez de Aldana

I.S.B.N.: 84-688-6576-1

Depósito legal: SA - 620 - 2004

Gráficas Cervantes, S.A.

Ronda de Sancti-Spíritus, 9-11

37001 Salamanca

Impreso en España

Printed in Spain

COMITÉ ORGANIZADOR

BALBINO GARCÍA CRIADO
ANTONIA GARCÍA CIUDAD
BEATRIZ R. VÁZQUEZ DE ALDANA
ÍÑIGO ZABALGOGEAZCOA
LUIS GARCÍA CRIADO

*Instituto de Recursos Naturales
y Agrobiología de Salamanca (CSIC)*

COMITÉ CIENTÍFICO

ADELA MARTÍNEZ FERNÁNDEZ
SERIDA, Asturias

ALFONSO BROCA VELA
Universidad de Zaragoza

ALFONSO SAN MIGUEL AYANZ
ETSI-MONTES, Universidad Politécnica Madrid

ALFREDO CALLEJA SUAREZ
Universidad de Leon

ANA BELÉN ROBLES CRUZ
EEZ- CSIC, Granada

ANTONIO GONZÁLEZ RODRÍGUEZ
CIAM, A Coruña

BEGOÑA DE LA ROZA DELGADO
SERIDA, Asturias

CARLOS FERRER BENIMELI
Universidad de Zaragoza

CELIA LÓPEZ-CARRASCO FERNÁNDEZ
CIA, Toledo

CRISTINA CHOCARRO GÓMEZ
Universitat de Lleida

EDUARDO CHINEA CORREA
Universidad de La Laguna

EUSEBIO CANO CARMONA
Universidad de Jaén

FEDERICO FILLAT ESTAQUÉ
IPE - CSIC, Jaca

GERARDO BESGA SALAZAR
NEIKER, Derio

IGNACIO DELGADO ENGUITA
SIA, Zaragoza

ISABEL CAÑELLAS REY DE VIÑAS
CIFOR - INIA, Madrid

JAIME LLOVERAS VILAMANYA
Universitat de Lleida. Centro UDL - IRTA

JAIME ZEA SALGUEIRO
CIAM, A Coruña

JOSÉ ALBERTO OLIVEIRA PRENDES
Universidad de Oviedo

JUAN PABLO DUQUE SOLADANA
CSIC, Valladolid

JUAN PIÑEIRO ANDIÓN
CIAM, A Coruña

LUIS OREGUI LIZARRALDE
NEIKER - Alava

M^a BELÉN FERNÁNDEZ SANTOS
Universidad de Salamanca

M^a ESTHER PÉREZ CORONA
Universidad Complutense de Madrid

M^a PILAR CASTRO GARCÍA
CIAM, A Coruña

MIGUEL ÁNGEL APARICIO TOVAR
Universidad de Extremadura

PILAR MÉNDEZ PÉREZ
ICIA, Santa Cruz de Tenerife

REMEDIOS MORALES CORTS
Universidad de Salamanca

REYES TÁRREGA GARCÍA-MARES
Universidad de León

ROCIO FERNÁNDEZ ALÉS
Universidad de Sevilla

ROSA MARIA CANALS TRESSERRAS
Universidad Pública de Navarra

ROSARIO FANLO DOMÍNGUEZ
Universitat de Lleida

SEGUNDO RIOS RUIZ
CIBIO. Universidad de Alicante

SONIA ROIG GÓMEZ
CIFOR - INIA, Madrid

SONIA MEDIAVILLA
Universidad de Salamanca

TEODORA MARTÍNEZ MARTÍNEZ
IMIA, Alcalá de Henares

ORGANISMOS COLABORADORES

Dirección General de Investigación. Ministerio de Ciencia y Tecnología
Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)
Consejería de Educación. Junta de Castilla y León
Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA)
Ayuntamiento de Salamanca
Diputación de Salamanca
Cámara Agraria de Salamanca

ENTIDADES COLABORADORAS

Asociación Nacional de Raza Morucha Selecta
Bayer Crop Science
Beta Sánchez S.L.
Caja Duero
Consejo Regulador Carne de Morucha de Salamanca
Consejo Regulador Lenteja de La Armuña
Foss Electric España, S.A.
Grupo Leche Pascual
Haciendas de España
Horticultura
Hotel Meliá Horus
Iberdrola
Ibéricos Alhándiga
Sociedad Anónima Mirat
Vitivinícola Ladrero S.L.

Pastos y ganadería extensiva. Evolución reciente de la ganadería extensiva española y perspectivas

P. MONTSERRAT Y F. FILLAT

Instituto Pirenaico de Ecología (CSIC), Apdo. 64, 22700 Jaca (Huesca)

PREÁMBULO

Al preparar esa Ponencia, queremos expresar una inquietud y también nuestra esperanza en relación con los problemas de una "civilización" occidental que despilfarrá y contamina; damos mal ejemplo a la humanidad. Se pierden las culturas rurales eficientes y con ellas desaparecen unas virtudes relacionadas con la solidaridad y cooperación, mientras prospera el individualismo. Teníamos unos sistemas ganaderos que "transformaban" los pastos; eran culturas elementales que sintonizaban con su entorno natural.

Como ecólogos insistimos en la *repercusión* de nuestras acciones que condicionan cualquier evolución en los sistemas complejos de nuestra Biosfera. Suenan voces de alarma sobre la capa de ozono, efecto invernadero, contaminaciones, venenos, etc., pero no vemos la reacción adecuada. Se favorece más el desarrollo potente que olvida la eficiencia en contraste con la eficacia de las estrategias tradicionales, en especial las comunales propias del gregarismo humano.

La *cooperación* seguirá promoviendo un "modo de vida" preparado para obtener alimento de los sistemas naturales. Ahora son muchos los que desean conservar unas plantas o animales y olvidan a nuestros *hombres* situados, realizados, con una vida valiosa en su ambiente que ahora languidece, a unos hombres que desaparecen sin adaptarse al mundo que los margina; es evidente que conviene salvar sus estrategias, para transmitir las al joven rural que debe perfeccionarlas.

Comentaremos el uso *eficiente* que transforma un *pasto extensivo* y los subproductos agrarios en "comida", la riqueza de tantos *hombres situados* en ambiente marginal.

INTRODUCCIÓN

Proliferan los programas televisivos dedicados al comportamiento animal y también los de unas comunidades humanas integradas al paisaje que conocen sus *limitaciones* y aprovechan bien los *recursos* de su ambiente. Son hombres arraigados que minimizan las compras y *reciclan* lo suyo *acelerando* esa reutilización. Sus sistemas agropecuarios jamás acumulan contaminación. Según la teoría ecológica, son *eficientes* en el uso de unos recursos limitados, gracias a su *estrategia instintiva* (racial o sea heredada) y en especial, para los hombres, también la cultural de los antepasados. Por lo tanto, son *culturas* (Montserrat, 1980, 1991, 1994, 2003a) que integran la *información gestora* y servirán mientras persistan los condicionantes de su ambiente, como aún vemos en la selva del Amazonas o las sabanas de África.

Conviene otear la evolución de unas culturas históricas que fomentaron el *comercio* y así obtuvieron lo que necesitaban; fueron "culturas fluviales", por ser su vía comercial eficaz el Nilo, Eufrates, Tigris, etc. Formaron imperios *potentes*, pero con sucesivos hundimientos y por lo tanto poco estables. En cambio, las islas del Egeo desarrollaron en "ambiente limitado" su cultura que fomentó la *eficacia* en el uso de recursos, y a pesar de un lento desarrollo, dieron origen a lo básico de nuestra civilización. Esas ideas generales o esquema orientador, ya nos manifiestan una tendencia general hacia la *potencia* perturbadora y perfeccionable.

Las montañas peninsulares se han mantenido aisladas también hasta fecha reciente y conservaron su cultura eficiente que aprovechó cualquier oportunidad para sobrevivir. En el Pirineo abundaron los "panares" sobre un suelo apropiado para el *pan* y *pienso* tan necesarios hace un siglo. Por ejemplo en Bestué, al oeste de Puértolas (Huesca), tenían el término abancalado con una mitad sembrada y la otra de rastrojo con el ricio pastado, sin roturar un año entero, junto con los robles y el pasto denso en las espueñas del abancalamiento.

Lejos del pueblo, en la montaña ganadera, usaron el *rebaño* para completar sus recursos. Su ganado fue progresando como un conjunto mejorado por eliminación de los ineptos; una selección por *comportamiento* esencial, automática. La *naturalidad* fue su norma y así sintonizaban con su ambiente difícil.

Ahora que tanto se habla de sistemas *sostenibles* o sea los "subvencionados" (Montserrat, 1992), nos conviene destacar el sistema *sostenido* por su dinamismo natural, con una parte de la producción para los "gastos de mantenimiento". Entramos ya en el concepto esencial para comprender la *marginalidad* en sistemas extensivos, con un desarrollo *sostenido* y basado en *recursos propios*, los de su montaña, isla, valle o comarca interesada en coordinar tanta *diversidad* sin perder *estabilidad* y así crear *paisaje*, la plenitud vital posible, deseable.

Aún en plena sostenibilidad natural persistirán los *subsidios* indispensables, pero serán minimizados, limitados a las sales minerales, el pienso estricto, y además pronto se verán favorecidos por los ingresos de un *turismo integrado* que saboreará tanta naturalidad, ayudando sin estorbar ni destruir los suelos o pastos que aseguran la continuidad ganadera.

Estamos comentando unas *generalidades* que manifiestan las disfunciones en el uso de recursos por el sistema *potente*, poco eficaz y además inestable. La humanidad, en las grandes urbes y gracias al *comercio*, ha tendido a forzar la *potencia* con *subsidios* que, al final, destruyen la estabilidad, mientras el *eficiente* reutiliza sus recursos muy organizado y con lentitud. El *potente* acumula desperdicios, contamina, como vemos en el suburbio, el "sistema calle" (Montserrat, 1993), que ocasiona mucho gasto. La *ganadería extensiva* es *eficiente* usando recursos naturales y sin destruir nada, mas bien edificando un paisaje bello, público (jamás privatizado), bucólico. Es bajo esa perspectiva que comentaremos la estrategia de unos sistemas *extensivos* españoles representativos y al final recapitularemos ideas ampliando el horizonte.

LOS SISTEMAS DE ALTA MONTAÑA

Los sistemas extensivos escalan el piso *subalpino*, hasta el *alpino* con su caza mayor, el *rebeco* (sarrío, isart) que allí creó y sigue usando un *pasto* excepcional, el propio de unos lugares que gracias al pastoreo han conservado un suelo apropiado en ambiente tan afectado por los aludes, ventiscas y la crioturbación, o sea, una *erosión* generalizada. Es el *pasto* más corto y denso que conocemos, una maravilla de calidad, pero exige un gasto energético en *movilidad* del animal que pasta sus retazos dispersos. Son animales ágiles, preparados gracias a una coevolución multiseccular para ese trabajo; además muy activos, y enfermarían si estuvieran quietos. Así, por selección natural, se hizo ese *pasto* admirado por los botánicos y pastólogos de montaña, con dominio de la *Festuca nigrescens* subsp. *microphylla* que forma un césped denso y preparado para las ovejas que suben mediado el verano.

Los pastos accesibles del piso *montano*, hasta el *subalpino*, tienen una ganadería extensiva que los mejora por su pastoreo bien realizado, con fertilidad del suelo gracias a las deyecciones acumuladas en el lugar apropiado. Es notable la *vida* edáfica que "ventila" esos suelos, una fauna muy preparada para *reciclar* fertilidad. Son esenciales los *topillos* y consumen un *pasto* recio que sin ellos perdería calidad. Las *lombrices* dan el suelo migajoso eficaz contra los encharcamientos. La ganadería extensiva mantiene además otros consumidores que son esenciales para mantener esa vida edáfica y todos "cobran lo suyo", un gasto *previsto* en el sistema natural.

Nardus stricta, el "cerrillo amargo" del ansotano, nos indica "la muerte" del suelo por acumulación de su materia orgánica carbonizada (ahogada) en ambiente anoxico que así resulta precursora de la turba si persisten los encharcamientos. Abundan por lo tanto unos mecanismos naturales, las estrategias desarrolladas por *coevolución* milenaria y destinadas a diversificar esos consumidores que no producen carne ni leche, pero son esenciales para sostener el sistema, para *fomentar* su dinamismo.

Los *équidos* y *bóvidos* evolucionaron en su ambiente tradicional, pero ahora sustituímos las razas adaptadas a "su montaña" por unos animales "de cuadra" con buena estampa pero inactivos en el *pasto*. Comentaremos algunos casos, para destacar las incongruencias del hombre moderno, tan desarraigado que ha perdido sus *culturas ganaderas*.

Las vacas y yeguas del Pirineo

Hay muchas modalidades de *vaca pirenaica*, pero ha desaparecido la más rústica y superdotada para "seguir" el pasto de alta montaña gracias a su extraordinaria movilidad. La de Castanesa (Huesca), era pequeña y trepaba como una cabra; por lo tanto, teníamos el animal preparado para encontrar y mantener los "retazos" del pasto en alta montaña de los Montes Malditos, Posets, Chistau y Alta Ribagorza-Pallars; pero ahora suben unas vacas muy pesadas que apenas aprovechan el pasto fácil y dejan perder otros sofocados, "contaminados" por la producción basta, la que no se consumió a tiempo, con oportunidad.

Existen otras razas interesantes de vacuno montaraz en los Alpes [Austria, Suiza, Italia, Francia] y además las del Macizo Central Francés que con otras del Pirineo aquitano y la *pirenaica* recriada por E. Balcells en la comarca jacetana, más algunas cantábricas o gallegas, podrían formar la ganadería de cada valle, con animales preparados para el cruce con "heterosis" en valles próximos; además se organizarían *cruces* y *retrocruces* apropiados para dar salida de terneros y vaquillas hacia la tierra baja, las comarcas con más recursos forrajeros; por lo tanto, se impone *seleccionar* el *comportamiento* (individual y del *rebaño*) en la vacada elegida —entre las razas de montaña mencionadas— y para cada valle pirenaico.

Muy rústico es el ganado *caballar* que sigue la fusión nival sin esclavizar al pastor y mantiene un comportamiento esencial para consumir el pasto pinchado de siso (*Festuca gautieri* subsp. *scoparia*) junto con otro también vulnerante pero más productivo del chésp (*F. eskia*) que abunda en el Pirineo. Al fundir la nieve se levantan pronto las tiernas hojas despuntadas por las yeguas y así queda "desarmado" el pasto para que las vacas lo arrasen más tarde, preparándolo al final para la oveja. Más abajo, ya en el piso montano, los pinares tienen cortafuegos seguidos por la yegua que se aparta del grupo con su cría recién parida; por lo tanto, su "comportamiento" resulta esencial para dirigir sin esfuerzo la gestión y así poder controlar mejor los incendios en el futuro, gracias a esa ganadería que medra con los recursos del pasto natural.

Los rebaños pirenaicos

Son de *oveja* churra (lacha, tensina) o entrefina (paloma, rasa, ripollesa, etc) que antes solucionaron su invernada trashumando. Fue una ganadería extensiva difícil de mantener al regar ahora la tierra baja y además resulta costoso su traslado, sin hombres dispuestos a invernar lejos de casa. Comentaremos los dos extremos del sistema: uno del Pirineo y el otro en Tierra baja, con las riberas —de "uso público"— muy apropiadas para mantener los rebaños y además "distribuir" los hatos que así pueden "correr" también las alfalfas del regadío en invierno.

Si es difícil trashumar no lo es tanto la *trasterminancia* y en el Prepirineo invernarán los rebaños que dehen mantener productivo el pasto pirenaico. Los antiguos boalares (dehesas boyales) ya son bosques impenetrables, porque no se pastaron al desaparecer las mulas y bueyes sustituidos por el tractor. Ahora hay facilidades para mantener la oveja estabulada (cooperativas que facilitan pienso), pero no es lo apropiado para esos animales que deben andar mucho; además, las *cabras* abundaban y siempre han formado una parte importante del rebaño pirenaico.

Perdimos los *boalares* pero aún quedan otros pastos cerca del pueblo (bajantes, tránsitos, aborrales) que siguen productivos y serán verdaderos "comodines" —para la gestión ganadera— si se amplían hacia los cultivos abandonados. Sin esos pastos poco alejados del pueblo será difícil tener entrenado el rebaño y preparado para subir con agilidad a las estivas. Mencionamos eso porque lo vemos como una posibilidad que incrementará el pastoreo sin forzar la compra de piensos o forrajes. Alfalfa y pipirigallo (*Onobrychis sativa*) darán el forraje y, además, "crearán" en pocos años el *suelo fértil* de prado, una riqueza rural que asegura el *heno* necesario; son leguminosas esenciales que no se aprecian ahora porque dan trabajo al hombre viejo, gastado, y sin embargo serán decisivas en el futuro *rejuvenecido* que todos deseamos no tarde mucho.

En pastos de montaña importa "mantener el prestigio" del animal viejo y conocedor del monte con sus pastos (*guía* con el truco) que así facilita los movimientos. Ahora las posibilidades de gestión ya son enormes y sólo falta encontrar quienes ensayen un "despertador" a distancia para dicho guía, mejorando así el comportamiento colectivo sin esclavizar al pastor. Es obvio que seguiremos eliminando los animales débiles, con pедера y otras molestias o taras impropias de un animal que obtiene andando su pitanza.

Seguirá siendo importante mantener rebaños invernantes para “conservar” con naturalidad algunos paisajes monegrinos: el saso con su tomillar, romerales, sarda, y unos espartales de albardín (*Lygeum spartum*), más cada “val” abancalada [desde avión parecen como escaleras] con espueñas escalonadas de sisallo (*Salsola vermiculata*), *Atriplex halimus* y *Suaeda fruticosa* (Montserrat, 1989). Son salsoláceas apropiadas para “filtrar” –como antes hacían– la tormenta estival. La “semilla” del sisallo era el “pienso” trashumante y antes aseguraba la leche para un cordero navideño inigualable (Montserrat, 1986, 1998). Es un sistema único en Europa y conviene conservarlo como preciosa reliquia, un ejemplo de paisaje que sirvió y aún “expresa” bien sus potencialidades extraordinarias, junto con esa complejidad biológica propia del sistema extensivo.

OTROS PASTOS MARGINALES PENINSULARES

Hubo pastos extensivos muy importantes en todo el oeste, con el suelo silíceo que se presta por su plasticidad al depósito coluvial muy antiguo (Roquero, 1993) en grandes glacis, origen de la célebre *raña* que consideramos en su sentido más amplio, el usado en geobotánica. Para el tema que ahora exponemos y el oeste peninsular, los tipificamos en el *bardal* de rebollo, melojo (*Quercus pyrenaica*) pastado, un roble que soporta el verano gracias al agua freática que se acumula desde lejanos crestones cuarcíticos.

El bardal y su importancia

En montes del oeste, sus culturas tradicionales necesitaban la cabra para dar leche diaria y además los animales de trabajo, sin olvidar sus ovejas y leña para el hogar con madera de construcción. En el Sayago de Zamora los pueblos tenían su término poligonal con los robles periféricos, más un *bardal* de roble rebollo “rebajado” y con árboles aislados, más el pasto-prado, los campos y unos caminos radiales muy anchos, encasillados por la ida y vuelta *lenta* del rebaño, junto con el huerto en las casas del pueblo; era un paisaje precioso e indicador de una gestión ancestral conseguida y eficaz (Alonso, 1965; Montserrat, 2001b).

Ese roble pastado, rebajado a ras de suelo, aún existía el siglo pasado y lo vimos en León-Salamanca, parte de Palencia, Cáceres-Avila, hasta Soria-Guadalajara y Teruel; podemos considerarlo la expresión clara de armonía ambiental, con los animales en el pasto sin matar al roble que además se propaga, hasta llenarlo todo de hojas junto al suelo. Ahora tendemos a recuperar el bosque con sus árboles altos que agotan pronto la reserva freática, indicando que nos conviene recuperar el *bardal* productivo de antaño, muy apropiado para los équidos, cabras, y unas vacas adaptadas. Por lo tanto son notorias las posibilidades gestoras y convendría propagarlas pronto en Zamora y Salamanca por lo menos, acaso en relación trasterminante con alguna dehesa que así completaría las posibilidades del sistema extensivo.

Los brezales (*Erica*), argomales (*Ulex*), retamales (*Retama*, *Adenocarpus*, *Genista*, *Cytisus*) y jarales (*Cistus*, *Halimium*), responden al “uso incendiario” tradicional de unos recursos pastables que ahora se podrían dominar mejor con el ganado apropiado; conviene demostrarlo en finca experimental que nos muestre la *evolución del suelo* por un pastoreo bien planeado y sin el incendio reiterado que activa los retrocesos, la pérdida de capital suelo. El ganado “crea” el *suelo vivo* que así fomenta el pasto y combate los defectos edáficos si lo manejamos con habilidad.

En las dehesas con vaguada de suelo profundo aumentan las posibilidades por el agua coluvial que arrastra fertilidad hacia el valle y es recuperada por el animal que rumia, se ventea en la parte alta. Las labores tan generalizadas, solucionan el problema inmediato (desbroces, drenado, etc.), pero destruyen la *estructura grumosa* del suelo, mientras la estercoladura con lombrices pueden recuperarla.

Pastos para la ganadería en montes béticos

En las sierras de Segura y Cazorla existen sociedades interesadas en la oveja segureña y unas razas de vacuno resistentes al calor, pero allí escasea el pasto de monte; sin embargo, el *olivo* como la carrasca producen

forraje (hojas) y alargan también la vitalidad del pasto sombreado en primavera (González *et al.*, 1969). En el olivar la hierba evita los encharcamientos de otoño-invierno, mientras el pastoreo puede reducir la competencia primaveral de la hierba con el árbol al florecer, pero faltan los expertos, unos *pastores* especializados en mover el ganado con eficacia y así promocionar el "sistema completo", una empresa ganadera local y muy preparada para esa gestión en los olivares que será rentable, importantísima para la economía de Andalucía, en especial del andaluz rural y también algunas familias de inmigrantes que revitalizarán nuestro mundo rural.

Conviene, urge ya, desarrollar esa *ganadería extensiva* que aprovechará cualquier oportunidad y aumentará la fertilidad del suelo: así, la digestión del ramón de olivo acelera esa recuperación de fertilidad que además incrementa la materia orgánica edáfica, la "vida" del suelo. En cambio ahora predomina el arado que airea las bacterias aerobias destructoras de materia orgánica estructural; en cambio el pastoreo aumenta sin ninguna duda una fertilidad creada por las lombrices y otros animales del suelo que necesitan, viven del pastoreo. Sin embargo, no será fácil cambiar los "usos y costumbres" del pasado, los del arado tan generalizado al gradeo superficial, con siembra o la resiembra espontánea de plantas anuales (*Medicago*, *Trifolium*, *Scorpiurus*, *Ornithopus*, *Hedysarum*, *Onobrychis*) que toman nitrógeno del aire y evitan así la compra del abono nitrogenado tan costoso; son pastos interesantísimos y requieren un pastoreo que apure mucho en marzo-abril, para no agotar el agua del suelo antes de florecer los olivos. Conviene tener en cuenta también unas rociadas matutinas condensadas por la irradiación nocturna del pasto. En otoño-invierno lluviosos, el pasto establecido evita los encharcamientos perjudiciales para el olivo.

El cambio de usos será difícil en el olivar productivo, pero aseguramos que, si lo ensayaran de verdad sería espectacular. De momento, mientras no cambie mucho la mentalidad, es más fácil de conseguir en el olivar marginal de montaña, por tener cerca unos *pastores* y los *pastos* con oveja segureña, ese *pastoralismo* (Montserrat, 1991, 2002) tradicional. Se generaliza en España la inquietud causada por el abuso de biocidas contra hierbas o plagas y ahora se puede controlar la mosca del olivo sin usar sustancias tóxicas, por lo que será posible mantener –en olivar marginal– unos *rebaños ecológicos* rentables.

Tanto la Mancha como Andalucía tienen "una riqueza" en árboles forrajeros, pero es desaprovechada por falta de *rebaños* "adaptados" al *pastoreo*, –no los de cuadra– y que puedan aprovechar "cualquier oportunidad" con eficacia. La hoja y fruto del almendro, pero en especial ramón de olivo son forrajes abundantes, complementarios del pastoreo invernal y primaveral bajo árboles, más los pastos en cultivo marginal y unos forrajes preparados para salvar el bache previsible; además, los suelos mejoran por aportes del animal y *escaso laboreo*. Por lo tanto se puede intensificar el pastoreo y además reducir el pienso comprado. Es una meta, motor del cambio, apta para conseguir lo que ya vislumbramos, una posibilidad con aumento del *nivel de vida* rural en amplias comarcas del centro y sur peninsular.

La vid da un forraje de calidad pero no tolera el pastoreo. Los ensayos para lograr su aprovechamiento exigirían también el estudio de las toxinas acumuladas por el tratamiento de la viña. Antiguamente las viñas no se trataban con caldo bordelés y el rebaño podía pastar las hierbas y hojarasca en otoño, después de la vendimia.

Los matorrales y las sardas

No queremos terminar esa revisión de posibilidades para el pastoreo en ambientes importantes, extensos, sin mencionar algo que se ha perdido y nos conviene recuperar cuanto antes. La *sarda* de coscoja (*Quercus coccifera*) fue "rebajada" por la cabra y unas ovejas rústicas que la mantenían como una media esfera condensadora de las rociadas matutinas (Montserrat, 2001a, 2003b). Ese "modelo" de paisaje frenaba la erosión y era útil contra el incendio catastrófico de los matorrales y pinares en Valencia, Cataluña y Aragón. Si antes la sarda mantenía una dula lechera con su "cabrero" y cabras especializadas, ahora podríamos mantener a unos équidos con el caprino y acaso también ovejas apropiadas, ampliando el "modelo de sarda" pastoreada con los olivos o acebuches achaparrados, hemisféricos también.

COMENTARIOS Y DISCUSIÓN

Expusimos ejemplos de pasto extensivo, tanto actuales como del pasado, y también unas realidades que serán fuente de riqueza y trabajo para nuestros jóvenes, hasta los inmigrantes que llegan y desean ser útiles, para lograr su integración.

Tiene importancia el *pastoreo* y resulta esencial en la mejora de nuestra *vida rural*, como lo era y ahora destacamos. Muchos hablan del *ecosistema* y son pocos quienes piensan con esa mentalidad de *sistemas*, de acción/reacción generalizada. En nuestros paisajes no vemos acción sin respuesta y algunas pueden ser catastróficas. El *pastoreo* rejuvenece a la planta por una reacción natural y al mismo tiempo mejora el suelo que asegura dicha renovación. El animal *pasta* y también *mejora*, así, el *pastoreo* es el *instrumento* y por cierto anterior al *arado*, por lo que resulta esencial para tener pasto con la ganadería extensiva que ahora comentamos. En nuestra exposición, el pasto verde y denso siempre nos sugería un *pastoreo* eficaz.

Si eso es así ¿por qué seguimos labrando el suelo marginal, “destruyéndolo”, sin promocionar esa ganadería extensiva? ¿por qué proliferan los incendios?. Son preguntas que solo tienen una respuesta y es por la *huida* del *joven* que antes trabajaba, mejoraba “sus” rebaños y pastos, contando siempre con la información ambiental y cultural de sus antepasados. *Mejoraban* “in situ” el ganado por selección adaptativa (comportamiento) e imitaban eficazmente lo que la necesidad, hasta el hambre, inspiró y movió a sus abuelos.

Las nuevas agronomías

Lo dicho antes nos hace profundizar en el método de *gestión* para esas tierras marginales que no admiten roturaciones, esa pérdida de fertilidad por la “desorganización” del suelo, un conjunto estructurado de seres vivos que así mantienen la estructura *migajosa*, esa fertilidad del sistema que se orienta eficazmente hacia el pasto. Conviene pasar de unas agronomías con el arado “destructor” edáfico a otras que abonen el suelo y además sean rentables. Ahora predomina el suelo destruido y nos cuesta imaginar lo que sería con esa *gestión ganadera* eficaz, hasta en clima semiárido pero con su pasto natural bien aprovechado. Es posible y deseable la economía de un *mundo rural* adaptado al ambiente, con sus paisajes armoniosos y atractivos para el *turismo* integrado que aumentará (Montserrat y Villar, 1996).

Cuando abundan unos arbustos y árboles “rebajados” por el *pastoreo* tradicional, la estrategia es simple y basta el seguir aprovechando su producción de manera ordenada, con los animales adecuados. Hay muchos seres vivos en el suelo (bioedafón) que ya “se organizaron” en el pasado, pero ahora no podemos improvisar con rapidez sus comunidades que fueron destruidas por labores inoportunas. El *pastoreo* deshoja la planta sin acabar con árboles, arbustos, matitas, céspedes ni el “tepe” completo. El *animal* hace por lo tanto su *pasto* y además lo mantiene productivo.

Pastos en las parameras tradicionales

En España tenemos parameras de invierno muy frío con tormenta en época vegetativa que forman los mosaicos de *páramo* seco cubierto por el “pasto borreguero” (*Festuca hystrix*, *F. indigesta*, *Poa ligulata*, *Koeleria vallesiana*, etc.) y además unos bosquetes en la hondonada receptora de las escorrentías por el aguacero torrencial (Montserrat, 1989). El suelo ya se organizó en el pasado con su red trófica compleja que resistía la presión ejercida por tantos desbrozadores del Terciario y parte del Cuaternario (proboscídeos y rinocerontidos, hasta un jiráfido) con otros herbívoros variados (ruminantes, équidos, roedores, suidos, ortópteros y aves), o sea, una diversidad organizada de la que algo queda, tanto en el pasto como los suelos. El sistema ya “no es completo” y ha sido afectado por una disminución de carga que reduce los aportes, el dinamismo edáfico necesario para recuperar los pastos. La ganadería tiene aún muchas posibilidades y conviene usarlas bien sin destruir, más bien recuperando la organización de los suelos y pastos.

Importancia de la recuperación cultural

No somos sociólogos ni economistas, pero nos atrevemos a sugerir algo que podría *reanimar* nuestro mundo rural envejecido (Montserrat, 2003a), reavivando unas habilidades y *virtudes* casi perdidas, con el

placer humano de sintonizar, de vivir intensamente la *dinámica natural* que además crea una “riqueza sustantiva” (bienes raíces) y conseguida con las actividades propias del sistema. Ahora notamos inquietud, hay muchos “voluntarios” que necesitan orientación, coordinarlos para que aumente la eficacia de su gestión. Por todo lo dicho tenemos muchas posibilidades y algunas serán inmediatas. Conviene orientar las vocaciones *desde la infancia* (Montserrat, 2002) y si fuera posible en casa, con una *madre* motivada para lograr *el hombre* conocedor, integrado a “su” paisaje, y además preparado para que, gracias a él, los ciudadanos alejados del mundo rural podamos disfrutar esos *paisajes* de uso *público*, jamás privatizados.

Ya se inician las agronomías que llamamos “ecológicas” (lo destacamos porque todas son ecológicas, pero los venenos y abusos genéticos o dietéticos ya no lo son y conviene prescindir de ellos). Ciertamente la ganadería que come “a pasto” y en montes alejados de la contaminación industrial ya es ecológica y será muy fácil obtener esa calificación que revaloriza lo producido. En este caso están las ganaderías de alta montaña que resuelven la invernada con el heno propio y unos pastos cercanos. Es evidente que dicha cercanía aumenta con la movilidad actual. También las ganaderías del oeste peninsular alcanzarán con facilidad la calificación ecológica, pero ahora queremos insistir en las que deben aprovechar a fondo el olivar marginal, con almendros y el pasto bajo árboles; terminaremos insistiendo en esa recuperación cultural iniciada *desde la infancia* que ahora solo podemos vislumbrar.

Las ganaderías renovadas

Existen antagonismos atávicos, de siempre, entre agricultores y ganaderos: Caín y Abel lo han simbolizado con claridad. En la Península las tribus ganaderas venían del norte, eran célticas, gálicas, y diferían del íbero agricultor (Montserrat y Fillat, 1990), pero así como se habla de celtíberos, nos conviene tener en cuenta las *culturas híbridas* pirenaicas, como lo era la mencionada de Bestué (Huesca).

En los montes de Albarracín había culturas ganaderas trashumantes que fueron utilizadas por los Reyes Católicos para organizar la célebre Mesta, un “grupo de presión” –diríamos ahora un sindicato ganadero– que pudo garantizar el paso de los rebaños. Teníamos lana merina, una riqueza monopolizada y embarcada en Vizcaya para Flandes. Podemos suponer que seguirían las luchas, pero fueron minimizadas por esa *organización* ganadera muy apoyada por los reyes.

Con *organización* adecuada se aprovecha cualquier oportunidad forrajera en árboles tan extendidos como el olivo de Andalucía que debería producir una riqueza ganadera insospechada; pero falta “el ganadero” preparado para desarrollar las oportunidades vislumbradas que además aumentan la *fertilidad del suelo*. Las posibilidades existen, pero urge tener pronto “ejemplos” que lo demuestren, un *modelo de gestión* para las *empresas* ganaderas que se apoyarán en su *escuela rural* interactiva. La principal dificultad estriba en lograr ese *desarrollo cultural*, porque los agricultores “maduros” jamás serán ganaderos; sin embargo, cada villa organizadora podría tener su *empresa ganadera* o sea la *sociedad limitada*, “*propia*” de los vecinos que desean su promoción.

CONCLUSIÓN Y SUGERENCIAS

Mencionamos muchas posibilidades y destacamos la importancia del *pastoreo* que produce y además “mejora” el pasto extensivo, esa base para una ganadería que “industrializa” la producción vegetal y así aumenta la riqueza de cada población rural *integrada*, modélica.

Interesa proporcionar pronto unos ejemplos claros de *vida humana realizada*, en contraste con la del joven inmerso en los ambientes contaminados, muy expuestos a la droga e insensibles ante la belleza y el orden maravilloso de nuestros montes, de toda la creación que sigue y seguirá. Queremos destacar alguna sugerencia renovadora del mundo rural.

- 1ª La principal está en considerar las *técnicas de pastoreo* como esenciales para tener buenos pastos en suelo apropiado y así mantener esa ganadería que podrá prescindir del pienso comprado por ser extensiva de verdad. Para demostrar esa posibilidad, conviene promocionar unos *rebaños selectos*,

- preparados, "educados" como tal rebaño, para cada uno de los ambientes rurales y además con su *pastor* "culto", también integrado.
- 2^a No es fácil "**educar**" *el rebaño*, seleccionar los animales por su actividad y adaptarlos a cada montaña, con sus climas locales, al animal *guía*, y un *conjunto gregario* que debe funcionar a la perfección, hacer lo previsto, hasta poder dirigirlo "a distancia" con el esfuerzo del pastor minimizado.
- 3^a Sin embargo, la mentalidad de nuestros técnicos (hasta científicos) se centra más en el *animal aislado*, sin tener en cuenta su *gregarismo*, y además se abusa del pienso hasta convertir al herbívoro en "carroñero", con unas enfermedades que alarman, como la llamada de las "vacas locas" que hizo renacer el interés por pastos y forrajes. Esa es la realidad ahora, pero el *pastoreo*, como hemos visto, también tiene sus problemas..
- 4^a **Mover rebaños** es difícil y más si pretendemos con ellos mejorar los pastos (Montserrat y Villar, 1996). Conviene aprovechar su comportamiento gregario, guiado por el *instinto* y *experiencia* del animal viejo que arrastra. Urge ahora iniciar, diría mejor **recrear esa cultura**, el *pastor* renovado que, con la *ilusión* juvenil y su *escuela*, alternará los estudios con el rebaño, hasta conocer bien los *pastos* y *montes* de su *comunidad rural*.
- 5^a Los sistemas naturales aumentaron su productividad **acelerando** los procesos; así, en el sistema pecuario las bacterias de la panza digieren su pasto, como hacían las del suelo con los restos orgánicos, acelerando así la circulación de fertilidad. Interesa mucho esa reutilización fertilizadora, acelerada, "encauzada" por el sistema
- 6^a Podríamos multiplicar las sugerencias deducidas de lo dicho antes. Creemos que la **vuelta del joven** al *medio natural* será el remedio que contrarreste los males de nuestras ciudades, con la droga y otras perversiones que se propagan por faltar una ilusión que atraiga y entusiasme. El *ejemplo* proporcionado por los jóvenes de comunidades rurales revitalizadas que saborean desde su infancia lo bueno y con alegría contagiosa, podría remediar muchos males de nuestra sociedad enferma, cultural y moralmente.
- 7^a Para evitar o corregir esos males de **nuestra civilización** progresivamente deteriorada, individualista, que despilfarra, contamina, y acentúa con desenfreno los desequilibrios a nivel mundial, se podría utilizar el ejemplo proporcionado por un mundo rural *organizado* y *eficiente* en el uso de los recursos naturales. La *ganadería extensiva* contribuirá ciertamente. Nos preocupa la parte del mundo cada día más pobre y ahora conviene, urge ya, presentarles nuestra civilización de origen cristiano con sus *modelos* de uso eficiente y constructor en *paisajes ordenados*, bellos, de hombres cultos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALONSO, A., 1965. Información sobre los pastos de la zona del Sayago (Zamora). En: *VI Reunión Científica en Palencia, Valladolid y Zamora, S.E.E.P.*, 6, 173-174. Madrid.
- GONZÁLEZ BERNÁLDEZ, F.; MOREY, M.; VELASCO, F., 1969. Influences of *Quercus ilex rotundifolia* on the herb layer at the El Pardo forest (Madrid). *Bol. R. Soc. Española Hist. Nat. (Biol.)*, 57: 265-284.
- MONTSERRAT, P., 1980. Base ecológica de las culturas rurales. Ensayo sobre ecología del hombre integrado en su ambiente. En: *Actas I Congreso Español de Antropología*, vol. I: 217-230. Barcelona.
- MONTSERRAT, P., 1986. El sisallar, su pasado, presente y futuro. Escorrentías salobres en las vales aragonesas y uso ganadero de las tierras marginales. Com. al Congreso de Botánica Homenaje a F. Loscos (publicado el año 2000. Instituto de Estudios Turolenses).
- MONTSERRAT, P., 1989. Forest evolution in the grazed mountains of the Pyrenees. *Botanika Chronika*. En: *Proceedings of the VI Optima Meeting*, Delphi, sept. 1989. University of Patras.
- MONTSERRAT, P., 1991. Écologie, pastoralisme et leur avenir dans les Pyrénées. En: *IVe Congrès International des Terres de Parcours*. Montpellier, France: 945-947.

- MONTSERRAT, P., 1992. La gestión ecológico-cultural en el paisaje. *Pirineos*, 140: 53-73. [conf. en 1991, León, III *Jornadas de Ecología Terrestre*].
- MONTSERRAT, P., 1993. Evolució i regulació en els sistemes muntanyencs. En: *El paisatge, patrimoni cultural dels Pirineus*, 7-23. Comunidad de Trabajo de los Pirineos. Ministeri de Relacions Exteriors. Govern d'Andorra. Publ. en 1994.
- MONTSERRAT, P., 1994a. La cultura en el paisaje. *El Campo*, 131, 235-249. Banco Bilbao-Vizcaya, noviembre.
- MONTSERRAT, P., 1994b. El pastoreo que dinamizará un progreso sostenido. *Pastos*, 24, 137-163.
- MONTSERRAT, P., 1998. El sisallo y su importancia en el paisaje monegrino. *Naturaleza aragonesa*, 2, 25-30.
- MONTSERRAT, P., 2001a. El pastoreo diversificador. Biodiversidad en pastos. En: *Actas XLI Reunión Científica de la S.E.E.P.*, 625-628. Alicante.
- MONTSERRAT, P., 2001b. Paisaje, pastos y biodiversidad. Universidad UYMIR (Mahón), inédito.
- MONTSERRAT, P., 2002. Importancia gestora y social del pastoralismo. *Arch. Zootec.*, 50, 491-499. Córdoba, 201.
- MONTSERRAT, P., 2003a. Aspectos ecológicos y culturales del dinamismo rural. En: *Monografías de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas, Químicas y Naturales de Zaragoza*, 24, 1-38.
- MONTSERRAT, P., 2003b. La sarda. *La fertilidad de la Tierra*, 13, 14-15 (Revista de la Soc. Española de Agricultura Ecológica).
- MONTSERRAT, P.; FILLAT, F., 1990. The systems of grassland management in Spain. En: *Managed Grasslands in Ecosystems of the World 17^a*, 37-70. Ed. A.I. BREYMEYER; D.W.GOODALL. Amsterdam, Oxford, New York, Tokyo.
- MONTSERRAT, P.; VILLAR, L., 1996. El pastoreo que moldea los paisajes de montaña. En: *Actas XXXVI Reunión Científica de la S.E.E.P.*, 121-124. R. C. La Rioja.
- ROQUERO, C., 1993. La raña: unidad y diversidad. En: *La raña en España y Portugal*. Monografías 2, 381-392. Centro de Ciencias Ambientales, C.S.I.C.

Pastos y ganadería extensiva. Conjunción de recursos, medio y razas autóctonas

G. MARÍN PÉREZ-TABERNERO

Presidente de la Asociación Nacional de Criadores de Ganado Vacuno de Raza Morucha Selecta y Presidente de la Federación de Productores de Ganado Vacuno Extensivo.

Santa Clara 20; 37001 Salamanca

No podía ser otra que Salamanca, la ciudad que acogiera la XLIV Reunión Científica de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos, pues es en esta ciudad y su provincia, cuna universal del saber, donde mejor se comprende el sentido y la necesidad de la producción extensiva. Es aquí también, donde se puede contemplar en cualquier dirección que se camine, esa majestuosa dehesa fruto de la naturaleza y de las prácticas de manejo que sobre ella ha practicado el hombre con los animales.

Esto y muchas cosas más, son las razones que justifican y dan sentido a estos sistemas de producción extensiva, hoy más necesarios que nunca, por la relación que tienen con la conservación del medio ambiente y por la calidad de sus pastos. Es la producción extensiva nuestro modelo productivo y es por lo tanto nuestro compromiso de futuro.

El estar aquí delante de ustedes, puede parecer un atrevimiento por mi parte, pero pueden estar tranquilos, porque no me voy a meter en ningún berenjenal técnico. Simplemente voy a tratar de darle forma, a mi manera, como dice la copla, a ese matrimonio indisoluble que forma ganadería extensiva y los pastos aprovechados a diente o ensilados. Por supuesto en este matrimonio entran el vacuno, ovino y porcino. Ustedes me perdonaran, y los que me conocen lo entenderán, que me refiera fundamentalmente al vacuno, pero siempre sin menospreciar a las otras especies.

Y este matrimonio es perfecto, cuando se concierta con alguna de nuestras **razas autóctonas y extensivas** por excelencia, como son la Morucha, Retinta, Avileña o Lidia, y claro está sus cruces, aunque yo recomendaría no pasar de la F1.

Estas razas, acopladas perfectamente al medio, han sido absolutamente respetuosas con él, y gracias a ese respeto mutuo se ha conservado el ecosistema de la dehesa, que lo encontramos solamente en el oeste de la



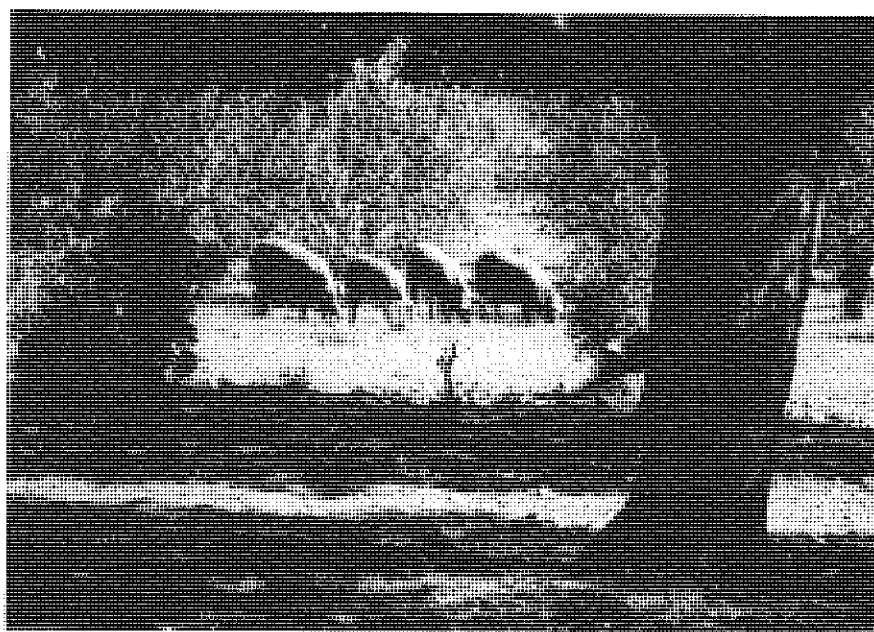
La Morucha, raza autóctona y extensiva

península Ibérica, y que causa admiración a todo el que lo conoce por primera vez. Quizás por la costumbre, nosotros no lo valoremos ni lo respetemos en su justa medida, incluida la Administración.

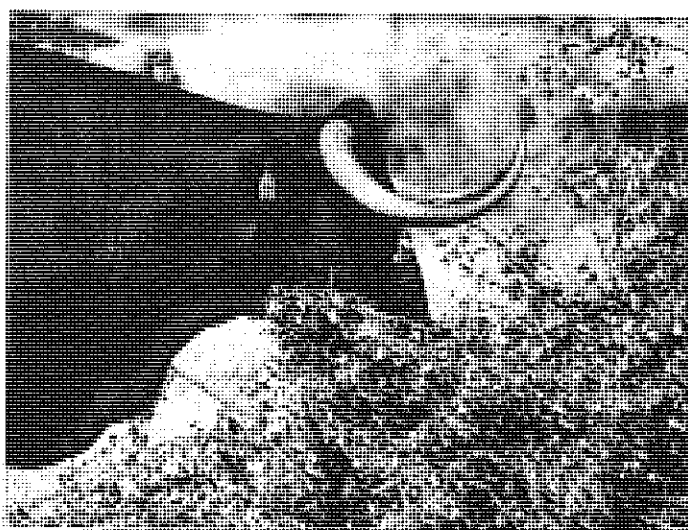
La conservación de los valiosos ecosistemas ibéricos, donde sobreviven una parte importante de la biodiversidad de Europa Occidental y muchas de sus especies más características, depende de una gestión del territorio, al que se han adaptado la flora y la fauna actuales durante siglos y milenios de evolución.

El sistema de explotación extensivo con ganado autóctono, satisface plenamente las preocupaciones actuales de la conservación del medio ambiente y de la biodiversidad. La máquina biológica que constituyen los rumiantes es seguramente un instrumento importante en la manutención del frágil equilibrio existente.

¿Y qué hijos nos da este matrimonio? Pues nada más y nada menos que unos productos de calidad insuperable, tales como las Denominaciones de Origen de carne de Morucha o Avileña, el Cordero de Castilla y León, el Cabrito de la Sierra de Gata o el magnífico cerdo Ibérico.



El cerdo ibérico, la bellota su mejor alimento



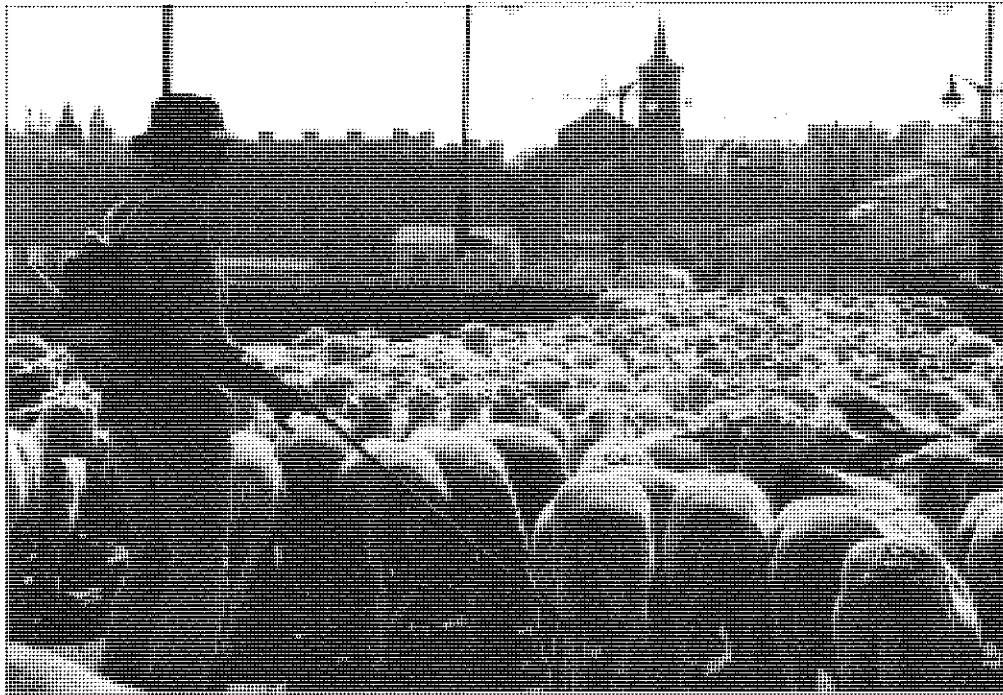
Ramoneando

¿Y porqué son insuperables? Muy sencillo, las razas aportan en sí una finura extraordinaria en las fibras de carne con cantidad adecuada de grasa infiltrada. Esto, unido a una alimentación basada en los pastos de nuestras dehesas, bien sea Salamanca, Extremadura o Andalucía, cada zona con sus peculiaridades, que se acompaña en función de la época, con el ramón de la encina y alcornoque, el hojato del roble, las rastrojeras o la bellota, nos dan esas carnes que no tienen parangón en el mundo.

La ganadería extensiva proporciona al consumidor productos de calidad a buen precio, lejos de la especulación y de los vaivenes de otras producciones intensivas y que además no generan stoks.

Y hablando de los productos básicos en la alimentación de nuestras razas autóctonas, me veo obligado a hacer un pequeño comentario sobre la técnica de pastoreo, mejor y más racional que he conocido nunca: la **Trashumancia**. Y digo que la más completa, porque los pastos se aprovechaban en el mejor momento de cada zona. Y la más racional, porque dichos pastos se dejaban descansar estacionalmente, algo que ahora raramente se practica. La trashumancia ha desaparecido por múltiples razones que enumero a continuación:

- Las Cañadas y Cordeles prácticamente borrados.
- Escasez de mano de obra experta.
- Dificultades para los movimientos de los animales por temas burocráticos o sanitarios, etc.



La trashumancia

La trashumancia y la ganadería extensiva, permiten un uso diversificado y óptimo del territorio, completando los recursos pastables. El pastoreo extensivo y el periódico, es un factor fundamental para la prevención de incendios forestales, evita el sobrepastoreo y permite la rápida recuperación de los pastizales, contribuyendo a la diversificación y conservación de hábitat de muy alto valor ambiental. La actividad ganadera trashumante ha generado en España una red de vías pecuarias (cañadas, cordeles y veredas) que supone un patrimonio público único.

Me considero persona afortunada por haber podido practicar la Trashumancia, algo que no podré olvidar mientras viva y el recuerdo de las múltiples anécdotas que aquellos viajes conllevaban.

La trashumancia hoy en día prácticamente ha desaparecido, quedando como muestra algún ganadero de Avileño que baja a los pastos extremeños a través del Puerto del Pico o ese famoso hatajo de ovejas merinas que sube a los Montes de León y que atraviesa Madrid por la Castellana o incluso por Salamanca.

De cualquier manera, es algo anecdótico. Y como siempre hay que mirar hacia delante, las ganaderías de extensivo están entrando en la mejora de los pastos a través de las praderas permanentes, esta vez muy de la mano de nuestros vecinos los portugueses.

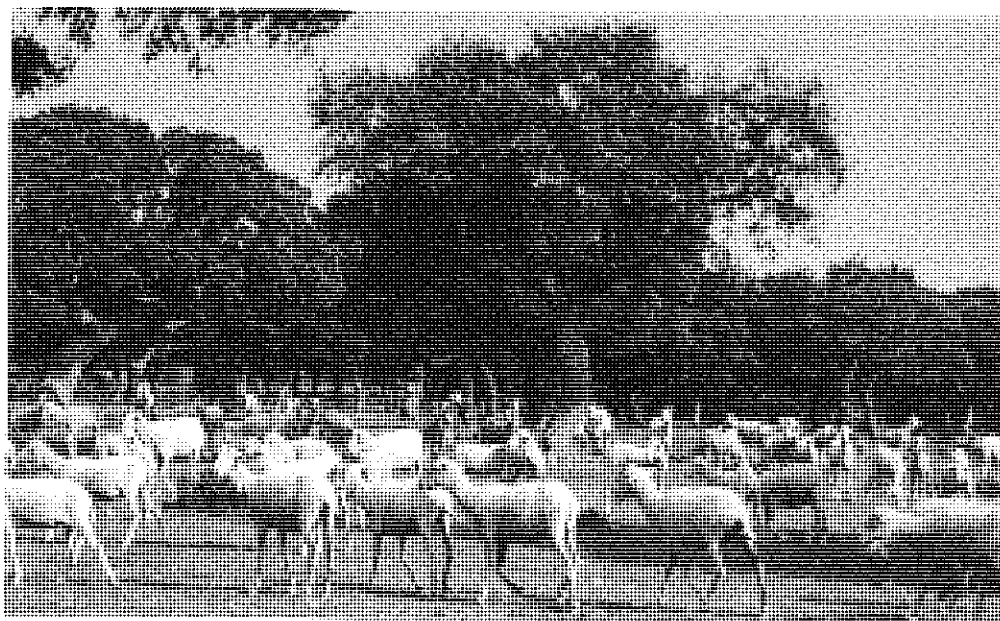
Hace aproximadamente un año, en el 1º Congreso Internacional de Ganado Vacuno Extensivo, tuvimos la oportunidad de escuchar al Dr. David Crespo, Ingeniero Agrónomo y especialista portugués de prados y

forrajes, hombre afable y encantador que con sus amplios conocimientos y larguísima experiencia en todo el mundo sobre praderas, nos inició a muchos en estos temas. Con sus mezclas de simientes, estamos mejorando muchos terrenos bien por ser pobres en sí, o bien esquilados por un exceso de laboreo.

Es pronto para mí, dar una opinión exacta, pero las esperanzas son muchas y buenas. Pero siempre pensando en utilizarlas en terrenos poco productivos, nunca en nuestras magníficas riberas y majadales, que gozan de una gran calidad en pastos.

Por si alguien no conociera, cosa que dudo, qué son los majadales, me estoy refiriendo a esas zonas de pastos, muy amplias en las que abunda el monte de encina y que habiendo mejorado a lo largo de muchos años con el estiércol de los mismos animales que pastan en ellas, y utilizando otro antiguo sistema de pastoreo.

Era una practica habitual que detrás de la vaca fuera la oveja que rapa más el pasto, lo que contribuye a mejorar la calidad de la hierba.



El esquileo de oveja



Ramoneando

Recordemos además que las ovejas duermen en las redes o cañizas que se van moviendo cada 6-8 días, dejando el terreno bien abonado mediante el redileo. Al decir esto me acuerdo que para conseguir un código de explotación, lo que habitualmente conocemos como CEA, se le exige al ganadero construir un estercolero. Un animal que vive en régimen extensivo ¿qué estiércol hay que recoger?

Es una auténtica incongruencia, pero solo una más en el trato que se da desde las distintas administraciones al ganado extensivo, tratándolo como si fuera intensivo. No lo se si algún día, nuestros representantes en Bruselas darán la cara, pidiendo en esto y en otros muchos más temas, que diferencien las directrices para el extensivo, que como tal se merece.

El futuro de la ganadería está en una explotación en régimen semi o extensivo, respetuosa con el medio ambiente, con una buena gestión y utilización de estos recursos naturales y renovables; con unas razas autóctonas especialmente adaptadas, como las que tenemos; con unos ganaderos profesionales y bien formados que los hay; con un sistema de producción singular y ecológico, amparado por una denominación de origen o por un sello de calidad; y con una industria estratégicamente situada que elabore y comercialice estos productos.

PRIMERA PARTE

ECOLOGÍA Y BOTÁNICA DE PASTOS

La ecología de pastos a través de la S.E.E.P: (I) Tratamiento de los parámetros estructurales. Una perspectiva en el cambio de milenio

E. DE LUIS CALABUIG

Área de Ecología. Facultad de Ciencias Biológicas y Ambientales. Universidad de León.
24071. León. E-mail: degelc@unileon.es

RESUMEN: Se hace una revisión de los trabajos científicos publicados en los cauces de publicación de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos, que se refieren al tratamiento de los parámetros estructurales en la ecología de pastos, durante el periodo 1995-2003. Se señalan los objetivos de los trabajos científicos consultados y se agrupan en tres grandes apartados que se corresponden con: estructura de la comunidad, parámetros de la producción e influencia de factores ambientales. Se dedica un último apartado a las publicaciones de proyección educativa.

Palabras clave: ecología de pastos, SEEP, estructura de la comunidad, producción, factores ambientales, educación.

Rangeland ecology in the S.E.E.P: (I) Treatment of structural parameters. A perspective in the millennium changing

SUMMARY: A review of the scientific papers published in the context of the Spanish Society for the Study of Pastures (SEEP) between 1995 and 2003, concerning the treatment of structural parameters on rangeland ecology, is made. The objectives of the scientific papers consulted are pointed out and grouped in three big sections related with community structure, production parameters and influence of environmental factors. A last chapter is dedicated to the publications with educative projection.

Key words: Rangeland ecology, SEEP, community structure, production, environmental factors, education.

INTRODUCCIÓN

Cada vez son mayores las aportaciones científicas de los investigadores españoles dedicadas al estudio de los pastos, cubriendo varios aspectos de especialización. Tradicionalmente, y casi de forma generalizada, en las Reuniones Científicas de la SEEP se ha reservado uno de los apartados principales para dedicarlo a los estudios e investigaciones en Ecología y Botánica de los Pastos. Tras una revisión selectiva de la publicación científica de la Asociación Española para el Estudio de los Pastos en sus dos proyecciones más emblemáticas (revista Pastos y recopilaciones de las periódicas Reuniones Científicas desde 1995 hasta la actualidad), se hace una reflexión sobre la perspectiva en el campo de la Ecología de Pastizales en el sector temporal del cambio de siglo y de milenio. En esta primera parte se tratan exclusivamente apartados relacionados con los parámetros estructurales, reservando una segunda parte para abordar la temática funcional de los sistemas pascícolas.

Se han analizado un total de 80 publicaciones de temática muy diversa, que tocan todos los aspectos fundamentales de definición estructural y funcional de estos ecosistemas de tan amplia repercusión en el desarrollo humano. Aunque principalmente se abordan los estudios en ambientes de influencia mediterránea, hay una buena representación de todos los pastos del gradiente climático y ambiental de España. También se recogen en varios de los artículos de la producción científica consultada, aquellos que se mantienen en relación con el estrato arbustivo o arbóreo de la vegetación, entre los que se manifiestan complejas y delicadas interacciones, tanto de forma natural, como forzadas por el manejo humano. Tampoco hay que olvidar aquellos que dirigen su principal interés hacia la aplicación: conocimiento de las relaciones planta-herbívoro, efectos de diferentes perturbaciones o repaso de las condiciones de gestión y manejo, tanto en la búsqueda de nuevas fórmulas científicas, supuestamente más eficaces de cara hacia la optimización de las producciones, como en el recuerdo de culturas tradicionales cada vez más olvidadas.

Aunque en el análisis final de esta revisión solo se tratarán los resultados para los pastizales de nuestro país, no podemos olvidar la proyección, cada vez más importante, hacia la colaboración con científicos de otros países, como la ya establecida con Portugal en las Reuniones Ibéricas de Pastos y Forrajes, las relaciones con Iberoamérica, reflejadas en el I Foro Iberoamericano de Pastos celebrado en Alicante en 2001 y en diversos artículos de la revista *Pastos*, o las colaboraciones puntuales de prestigiosos investigadores como la del Prof. Heady (1997), que pueden servir como referencia al análisis que ahora se presenta para nuestro entorno.

Si hubiera que resumir la producción científica de la SEEP en relación con la Ecología de Pastizales, del análisis de las palabras clave (Figura 1) de todos los trabajos científicos y durante el periodo temporal analizado, habría que destacar por su importancia cuantitativa: los estudios de estructura de la comunidad pascícola, referida fundamentalmente a parámetros de diversidad o riqueza y sus relaciones con la producción en biomasa aérea; las interacciones entre el pasto y los factores ambientales, tanto abióticos, fundamentalmente en gradientes topográficos, como bióticos, con referencia a los estratos superiores de la vegetación o con los herbívoros. En este último caso en su proyección de manejo. Esos serán los apartados que se comentarán en este artículo dedicado a los parámetros estructurales y el que se presentará en otra ocasión para los aspectos funcionales.

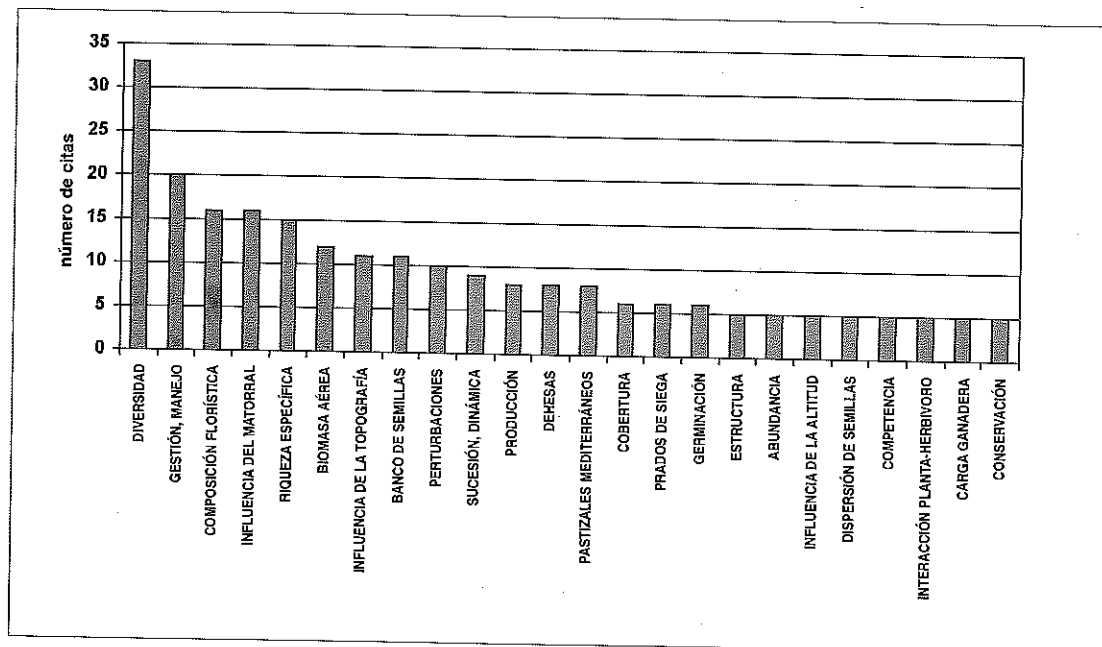


Figura 1.—Número de citas de las palabras clave aludidas con mayor frecuencia en la bibliografía sobre Ecología de pastos en las publicaciones científicas de la SEEP.

ESTUDIOS GENERALES

El nomenclátor básico de pastos de España (Ferrer *et al.*, 2001), que matiza una propuesta anterior (Ferrer *et al.*, 1997) es la primera cita obligada del último periodo de la historia científica de la SEEP. Se hacía necesario unificar criterios y definir términos con el objetivo de que la información fuera uniforme en cada contexto, permitiendo así comparaciones correctas, tanto en el campo puramente científico como en el técnico y aplicado. En estos momentos en los que la SEEP está implicada en un proyecto de escala nacional para la tipificación, cartografía y evaluación de los pastos españoles, es cuando mejor podemos percibir la necesidad de trabajar y comunicarnos con unos patrones exactos y precisos, independientemente de los matices que puedan aportarse a cada uno de ellos, que sin duda seguirán enriqueciendo los valores culturales y no dejarán en el olvido la huella de tradiciones ligadas a los pastos, sus características regionales y su manejo ancestral. Además hay que destacar el carácter abierto de ese esquema ya fijado.

ESTRUCTURA DE LA COMUNIDAD

La aplicación de la tipología definida en el proyecto CORINE para la propuesta de hábitats en la Comunidad Europea, referida al ámbito geográfico de Cataluña (Vigo y Carreras, 2002), aporta un conocimiento de gran importancia en la actualidad como base para el conocimiento y distribución de las comunidades de pasto y con el objetivo de la conservación. Un planteamiento también basado en la Directiva de Hábitats, complementado con otros parámetros relacionados con el valor florístico de las especies y de la comunidad vegetal, permite ensayar con un índice para la valoración ecológica de pastos de los Pirineos, con el objetivo de que pueda constituir una herramienta básica para la ordenación de pastos y para la gestión de los espacios protegidos de zonas de montaña (Gómez García *et al.*, 2001). Aparecen otros trabajos con desarrollo más clásico, como el presentado por García Fuentes *et al.* (2002) en el estudio florístico de los pastizales del sector accidental del Valle de Alcudia en base al análisis de especies, grupos taxonómicos y biotipos. Los pastos anuales mediterráneos del oeste y sudoeste español, en base al análisis de nueve comunidades que recogen la variabilidad climática de la zona, son el objeto de un estudio comparado con otras tantas comunidades de pastos californianos que ocupan zonas de clima y substratos edáficos de características similares (Leiva Morales *et al.*, 1997), poniendo de manifiesto una menor cobertura en gramíneas y una mayor diversidad para los españoles, diferencias que presumiblemente se deben a la presión del pastoreo.

Pero fundamentalmente la estructura de las comunidades de pastos se ha basado en el análisis de la diversidad, que incluso ya han sugerido revisiones científicas (Ferrer *et al.*, 2001a; Ferrer *et al.*, 2001b) en base a los diferentes índices utilizados, metodologías de muestreo, influencia de las condiciones ambientales, efecto de las actuaciones humanas y diferentes escalas de tratamiento. Marañón (1997) aborda la temática de la biodiversidad como una prioridad actual en la investigación y gestión de los recursos naturales, fundamentalmente por lo que puede aportar en relación con la conservación. Con esa finalidad propone una evaluación de tres componentes de la biodiversidad: la riqueza de especies, de endemismos y de taxones singulares. Señala igualmente las implicaciones de las escalas espacial y temporal y sus relaciones con la productividad, fluctuaciones y sucesión, en base a una amplia recopilación de resultados obtenidos en pastos de la región mediterránea. En el Parque Natural de los Alcornocales, Marañón *et al.* (1998) estudian la biodiversidad a dos escalas espaciales para recoger información de la presencia de especies herbáceas y de inventarios florísticos completos en seis hábitats diferentes del espacio natural. Posteriormente (Díaz *et al.*, 1999), y para el mismo espacio, evalúan esos tres componentes de la biodiversidad para comunidades de bosques de alcornoque y quejigo.

Canals y Sebastiá (2000) estudian los patrones de diversidad de diversas comunidades de pasto seminatural utilizando distintos tipos de muestreo y calculando diferentes estadísticos, con la finalidad de conocer los aspectos de la diversidad que se resaltan en cada método y determinar si son comparables los valores obtenidos a partir de esos diferentes tipos de muestreo.

Marinas *et al.* (2000) analizan las correlaciones entre características florísticas, diversidad, producción y calidad en prados de siega de paisajes de montaña del Pirineo, considerando situaciones comparativas de valle y de ladera, concluyendo que el aumento de gramíneas en fondos de valle se contraponen a la gran importancia del grupo de otras especies en las laderas, aunque sin una pérdida importante de calidad en esas posiciones de ladera. El mismo grupo (Santa María *et al.*, 2003) lleva a cabo una clasificación de los prados semiextensivos del Pirineo central, a partir de muestras en las que se determina riqueza específica, diversidad, biomasa de grupos funcionales y abundancia relativa de cada especie. Los grupos resultantes se relacionan posteriormente con las exigencias frente a la luz, temperatura, continentalidad, humedad, acidez edáfica, nitrógeno y salinidad. Pérez Corona *et al.* (1996) analizan también una relación multivariable al estudiar conjuntamente la producción de biomasa aérea neta, la proporción de las familias botánicas más conspicuas, la riqueza específica y la diversidad en pastizales semiáridos en zona de dehesa, bajo la influencia de un gradiente topográfico de ladera, substrato, estrato arbóreo, altitud y características edáficas, comprobando que solamente aparecen diferencias significativas para la riqueza de especies entre posiciones de ladera, substrato y altitud. La toposecuencia, junto a la componente estacional del desarrollo vegetativo, se comparan con la diversidad y sus componentes de riqueza específica y equitabilidad en pastizales pirenaicos (García-Pérez y Sebastiá, 1996) para dilucidar la sensibilidad de estos parámetros frente a los cambios estacionales.

La relación entre la diversidad del pasto y la utilización del mismo por herbívoros se pretende poner de manifiesto en el análisis de la interacción entre los excrementos de vaca, la evolución a lo largo de cuatro años de la cobertura de *Poa bulbosa* y la diversidad en un pasto de dehesa, considerando los efectos a pequeña escala y sobre el conjunto de la comunidad vegetal (Malo y Suárez, 1996). En el trabajo de Buyolo y Escudero (2002) se aborda el análisis de las variaciones en la composición florística de un pasto bajo encinar adchestado, a lo largo de un periodo de diez años en el que se han producido dos situaciones de manejo totalmente diferentes, utilizando como criterio de valoración la estructura de la comunidad a través de la riqueza específica y la diversidad de la comunidad vegetal del pasto. En el estudio de Ferrer *et al.* (1997) se controlan los efectos del pastoreo en pastos arbolados de diferente antigüedad e intensidad en su uso ganadero, mediante el análisis de las coberturas, la riqueza y la diversidad específica. De forma similar Pueyo *et al.* (2003) analizan el efecto que diferentes cargas ganaderas tienen sobre el grado de cobertura y la estructura de la vegetación natural del Parque Natural del cabo de Gata-Níjar, evaluada a partir de la diversidad y sus componentes de riqueza y equitatividad.

PRODUCCIÓN

Además de los trabajos ya citados en el apartado de estructura de la comunidad, en los que la producción es uno de los parámetros de comparación, la investigación de referencia en la SEEP, centrada principalmente en el apartado ecológico de la producción vegetal, incluye también para su análisis otros parámetros de relación similares, que simplemente focalizan los objetivos de cada estudio concreto. Rodríguez *et al.* (2000) en una experiencia de fertilización de larga duración en un prado de siega de la montaña leonesa, analizan los resultados de biomasa de cada ensayo, pero los relacionan con los valores de riqueza específica y diversidad, con el objetivo de conseguir un equilibrio que posibilite la obtención de producciones óptimas y sostenibles de hierba.

Casas *et al.* (2002) presentan resultados de la dinámica de la biomasa aérea y de la producción primaria obtenidos durante un periodo de casi dos años en dos comunidades de pastizal submediterráneo situadas en posiciones topográficas contrastadas. García *et al.* (1998) se centran en pastizales y prados mediterráneos de la Comarca de Sayago (Zamora) para ofrecer los datos de producción en función de la biomasa aérea de siete comunidades naturales, que relacionan con valores de diversidad y sus componentes. Martínez (1998) evalúa la biomasa del pasto y la composición florística del estrato herbáceo y arbustivo en la vertiente norte de la Sierra de Gredos, indicando las especies más abundantes y las diferencias estacionales. Medarte *et al.* (2001) determinan la productividad potencial de pastos comunales, mediante la evaluación de la biomasa aérea en jaulas de exclusión, en el Parque Natural de Aralar para diferentes zonas frecuentadas por los rebaños de ovinos, controlando igualmente la riqueza florística.

En otros trabajos se pretende poner de manifiesto la influencia sobre la producción del pasto de otros estratos de la vegetación. Plaixats *et al.* (2000) determinan la producción vegetal, la composición química y botánica de pastos cubiertos por helecho común en el Parque Natural de Montseny. Fernández *et al.* (1996) estudian la influencia de *Cytisus multiflorus* en dos zonas de la Comarca de Sanabria, analizando la relación entre la biomasa aérea y la cobertura vegetal de herbáceas en función de la distancia a la leñosa y de la orientación. López *et al.* (2001a y b) tienen como objetivo, determinar el efecto del desbroce del matorral en la producción y diversidad de los pastos, y conocer la respuesta de distintos tipos de matorral a diferentes tipos de manejo, para comprobar de que forma mediante ese manejo se puede favorecer la aparición de pastos naturales que puedan servir como alimento disponible para el Conejo, que es la presa más habitual del Lince y del Águila imperial en el Parque Nacional de Doñana.

Son mucho menos frecuentes los estudios que tienen en cuenta la biomasa subterránea como parte importante de la producción primaria en comunidades de pasto. Acosta *et al.* (2001) se ocupan de la evolución estacional de la relación entre la biomasa subterránea y la aérea de pastos del centro de España, estudiados a lo largo de un gradiente ambiental, teniendo en cuenta variaciones topográficas y la presencia o no de herbívoros. Comprueban que el consumo del ganado provoca un aumento de dicha relación (BS/BA) sólo en el pasto de las zonas bajas de la ladera. En el mismo lugar, este mismo grupo de investigación (Acosta *et al.*,

2002) aborda el estudio del patrón temporal de distribución de la biomasa subterránea, en relación con dos posiciones geomorfológicas de una ladera.

FACTORES AMBIENTALES

El comportamiento de las comunidades de pasto, en función de la influencia de factores ambientales, está presente en un número elevado de los trabajos de investigación revisados, como varios de los ya comentados en los apartados anteriores que hacen referencia a las implicaciones de determinados factores en los parámetros estructurales, en la composición de la comunidad vegetal o en la producción primaria.

Fraga *et al.* (2000) hacen un inventario de especies en función de valores de frecuencia y abundancia y obtienen su perfil ecológico en relación con altitud, morfología del terreno, posición fisiográfica y subregión bioclimática, como variables ambientales y edad, abonado, escarda y manejo, como variables agronómicas.

Es más frecuente el estudio del comportamiento ecológico de las especies pascícolas en relación a los factores edáficos. Hernández *et al.* (1995) lo hacen en ambientes semiáridos para leguminosas en relación con factores del suelo que reflejan la degradación y las características hídricas del suelo. Díez *et al.* (1995) abordan la influencia del arbolado en la distribución espacial de gramíneas y la incidencia de variables edáficas en ambientes de dehesa de roble melojo. Canals *et al.* (1995) analizan los parámetros edafo-climáticos de influencia en la estructura horizontal de pastos alpinos pirenaicos. Puerto y Rivero (1996) estudian las variaciones de la estructura florística en tres laderas de pastos mediterráneos en relación con dos gradientes superpuestos, el trófico y la profundidad del suelo, que evalúan mediante el análisis de la diversidad. Rivero y Puerto (1996) aprecian la influencia de la altitud sobre la distribución en pastos de especies del género *Trifolium*, a partir de datos de cobertura media, número de especies, diversidad y heterogeneidad.

En otros casos los factores analizados son de tipo biótico, como la relación entre la cobertura de *Poa bulbosa* y la riqueza específica en un majadal que analizan Malo y Levassor (1996), apoyando con sus resultados el carácter de especie competitiva de esa gramínea, capaz de crecer en condiciones de estabilidad y riqueza de nutrientes desplazando a otras especies del pasto. En un estudio de relación entre comunidades de monte y pastizal a lo largo de un gradiente ambiental en el Sistema Central, Ramírez-Sanz *et al.* (1997) pretenden determinar si esas diferentes comunidades que aparecen en contacto en el gradiente, están o no asociadas espacialmente y concluyen que, aunque están sometidas a un ambiente común, son independientes entre sí, respondiendo independientemente al gradiente ambiental.

EDUCACIÓN

Es obligado reservar y dedicar un apartado a los maestros, a aquellos que con su experiencia son capaces de exponer los conocimientos en síntesis preñadas de sentencias en las que todo vale, y al mismo tiempo se exponen con sencillez y hasta casi humildad. Sirva como muestra la lección presentada por Montserrat (1999) donde manifiesta que el gran progreso en el conocimiento teórico sobre pastos, no se ve acompañado de un efecto práctico hacia aquellos que realmente lo utilizan y perfeccionan. Sus ideas sobre desarrollo cultural, el análisis antrópico de la realidad de nuestros ecosistemas más ligados a la historia del hombre, la denuncia cargada de simples, sencillas y tajantes razones, el análisis de la transmisión de ideas, los modelos educativos, en definitiva, la proyección de la ecología a los estudios de sistemas pascícolas, son algunos de los rasgos que llenan sus artículos de influjo educativo. En sus propias palabras, y como objetivo de esa educación orientada, "ahora ya es prioritario el fomentar al receptor y activar la curiosidad de quienes sabrán aprovechar lo que sabemos nosotros". Se valora igualmente la importancia de los elementos naturales autóctonos y los paisajes que los sustentan como fracción importante de nuestra biodiversidad, matizando sobre las múltiples posibilidades que ofrecen y sobre la necesidad de recuperar aquellos que por su abandono lamentablemente casi se perdieron (Montserrat y Villar, 1996). Igualmente trata de la importancia del pastoreo como componente esencial de los paisajes con pastos (Montserrat, 1996).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACOSTA, B.; ASCANIO, R.; PÉREZ CORONA, M.E.; RESCIA, A.J.; DÍAZ PINEDA, F., 2001. Relación biomasa subterránea/aérea en pastizales mediterráneos a lo largo de un gradiente ambiental. En: *Biodiversidad en Pastos*. Actas de la XLI Reunión Científica de la SEEP I Foro Iberoamericano de Pastos. CIBIO. Alicante. 169-174.
- ACOSTA, B.; ASCANIO, R.; PÉREZ CORONA, M.E.; RESCIA, A.J.; DÍAZ PINEDA, F., 2002. Evolución temporal de la distribución de la biomasa subterránea en pastos herbáceos mediterráneos. En: *Producción de Pastos, Forrajes y Céspedes*. Actas de la XLII Reunión Científica de la SEEP. Lleida. 195-200.
- BUYOLO, T.; ESCUDERO, J.C., 2002. Variaciones estructurales y de composición en el pastizal de dehesa tras la utilización por ganadería vacuna. En: *Actas de la XLII Reunión Científica de la SEEP*. Lleida. 177-182.
- CANALS, R.M.; SEBASTIÁ, M.T., 2000. Estudios de la riqueza y diversidad de pastos a diferentes escalas e intensidades de muestreo. En: *Actas de la III Reunión Ibérica de Pastos y Forrajes. XL Reunión Científica de la SEEP*. Bragança-A Coruña-Lugo. 51-56.
- CANALS, R.M.; IZQUIERDO, J.; BLANCO, R.; OLARRIETA, J.; SEBASTIÁ, M.T., 1995. Influencia de los factores edafoclimáticos en la estructura horizontal de algunos pastos alpinos pirenaicos. En: *Actas de la XXXV Reunión Científica de la SEEP*. Tenerife. 31-35.
- CASAS ARCARONS, C.; NINOT SUGRAÑES, J.M., 2002. Biomasa aérea y producción primaria de pastizales submediterráneos en la Plana de Vic (Cataluña). En: *Producción de Pastos, Forrajes y Céspedes*. Actas de la XLII Reunión Científica de la SEEP. Lleida. 189-194.
- DÍAZ, M.D.; HIDALGO, R.; GARRIDO, B.; ARROYO, J.; MARAÑÓN, T., 1999. Componentes de la biodiversidad en bosques y pastos del Parque Natural "Los Alcornocales". En: *Actas de la XXXIX Reunión Científica de la SEEP*. Almería. 69-74.
- DIEZ, C.; LUIS, E.; TARREGA, R.; ALONSO, P., 1995. Estudio de las gramíneas en dehesas de roble de *Quercus pyrenaica* y su relación con las características edáficas. En: *Actas de la XXXV Reunión Científica de la SEEP*. Tenerife. 43-47.
- FERNÁNDEZ SANTOS, B.; GÓMEZ GUTIÉRREZ, J.M.; GRANDE MARTÍN, G.; TARREGA GARCÍA-MARES, R., 1996. Efectos del matorral sobre las herbáceas, en la Comarca de Sanabria. En: *Actas de la XXXVI Reunión Científica de la SEEP*. La Rioja. 107-111.
- FERRER, C.; SAN MIGUEL, A.; OCAÑA, M., 1997. Propuesta para un nomenclátor definitivo de Pastos en España. *Pastos*, XXVII(2), 125-161.
- FERRER, C.; BROCA, A., 2001a. Pastos y Biodiversidad. Una revisión científica (1960-2000) de la producción bibliográfica de la SEEP. En: *Biodiversidad en Pastos*. Actas de la XLI Reunión Científica de la SEEP. I Foro Iberoamericano de Pastos. CIBIO. Alicante. 25-54.
- FERRER, C.; BARRANTES, O.; BROCA, A., 2001b. La noción de Biodiversidad en los ecosistemas pascícolas españoles. *Pastos*, XXXI(2), 129-184.
- FERRER, C.; FERRER, V.; BROCA, A.; MAESTRO, M., 1997. Efectos del pastoreo sobre la denudación del suelo y la diversidad vegetal en pastos arbolados de *Quercus faginea* Lam. En: *Actas de la XXXVII Reunión Científica de la SEEP*. Sevilla-Huelva. 123-130.
- FERRER, C.; SAN MIGUEL, A.; OLEA, L., 2001. Nomenclátor básico de Pastos de España. *Pastos*, XXIX(2), 7-44.
- FRAGA, M.I.; BLAS, I.M.; y BALEATO, J.L.C., 2000. Composición florística de pastos de Galicia en función de las condiciones ambientales y técnicas de cultivo. En: *Actas de la III Reunión Ibérica de Pastos y Forrajes. XL Reunión Científica de la SEEP*. Bragança-A Coruña-Lugo. 57-65.
- GARCÍA FUENTES, A.; SALAZAR, C. LARA, J.J.; CANO, E., 2002. Estudio florístico de los pastizales del Valle de Alcudia (Ciudad Real). En: *Producción de Pastos, Forrajes y Céspedes*. Actas de la XLII Reunión Científica de la SEEP. Lleida. 105-110.
- GARCÍA, R.; PÉREZ, J.E.; MORO, A.; CALLEJA, A., 1998. Pastizales y prados mediterráneos de la Comarca de Sayago (Zamora). 1 Composición botánica y producción. En: *Actas de la XXXVIII Reunión Científica de la SEEP*. Soria. 41-44.

- GARCÍA-PÉREZ, J.; SEBASTIÁ, M.T., 1996. Componente estacional de la diversidad vegetal a lo largo de una toposecuencia en pastizales pirenaicos. En: *Actas de la XXXVI Reunión Científica de la SEEP*. La Rioja. 125-128.
- GÓMEZ GARCÍA, D.; GARCÍA-GONZÁLEZ, R.; REMÓN ALDABE J.L., 2001. Una valoración ecológica de los pastos de montaña de los pirineos. En: *Biodiversidad en Pastos*. Actas de la XLI Reunión Científica de la SEEP. I Foro Iberoamericano de Pastos. CIBIO. Alicante. 201-207
- HEADY, H.F., 1997. Perspectives on Rangeland Ecology and Management. *Pastos*, XXVII(1), 3-25.
- HERNÁNDEZ, A.J.; ESTALRICH, E.; OLIVER, S.; PASTOR, J., 1995. Comportamiento ecológico de leguminosas en ambientes semiáridos respecto a factores edáficos relacionados con la degradación y xericidad del suelo. En: *Actas de la XXXV Reunión Científica de la SEEP. Tenerife*. 49-53.
- LEIVA MORALES, M.J.; FERNÁNDEZ ALÉS, R., 1997. Estudio comparado de los pastos mediterráneos de España y California. En: *Actas de la XXXVII Reunión Científica de la SEEP*. Sevilla, Huelva. 89-95.
- LÓPEZ ALBACETE, I.; DEL RÍO, I.; MUÑOZ REINOSO, J.C.; RETAMOS, E.C.; JORDANO, D.; FERNÁNDEZ HAEGER, J.; VILLAR, 2001a. Estudio sincrónico de la producción y diversidad de pastos en parcelas desbrozadas de matorral en el Parque Nacional de Doñana. En: *Biodiversidad en Pastos*. Actas de la XLI Reunión Científica de la SEEP. I Foro Iberoamericano de Pastos. CIBIO. Alicante. 147-152.
- LÓPEZ ALBACETE, I.; DEL RÍO, I.; MUÑOZ REINOSO, J.C.; RETAMOS, E.C.; JORDANO, D. FERNÁNDEZ HAEGER, J.; VILLAR, 2001b. Producción y diversidad de herbáceas en parcelas de matorral tratadas en el Parque Nacional de Doñana. En: *Biodiversidad en Pastos*. Actas de la XLI Reunión Científica de la SEEP. I Foro Iberoamericano de Pastos. CIBIO. Alicante. 141-146.
- MALO, J.E.; LEVASSOR, C., 1996. Efecto de la cobertura de *Poa bulbosa* sobre la riqueza específica a pequeña escala en un majadal. En: *Actas de la XXXVI Reunión Científica de la SEEP*. La Rioja. 139-143.
- MALO, J.E.; SUÁREZ, F., 1996. Las boñigas de vaca, el encespedado de *Poa bulbosa* y la diversidad en un pastizal de dehesa. *Pastos*, XXVI(1), 62-75.
- MARAÑÓN, T., 1997. Biodiversidad de las comunidades vegetales: Escalas y Componentes. En: *Actas de la XXXVII Reunión Científica de la SEEP*. Sevilla, Huelva. 15-24.
- MARAÑÓN, T.; GARRIDO, B.; HIDALGO, R.; DÍAZ, M.D.; ARROYO, J., 1998. Niveles de biodiversidad en la cuenca del Hozgarganta (Cádiz-Málaga). En: *Actas de la XXXVIII Reunión Científica de la SEEP*. Soria. 93-96.
- MARINAS, A.; CHOCARRO, C.; FANLO, R.; FILLAT, F., 2000. Los paisajes de Montaña (Valle o Ladera) y su influencia en las características florísticas, producción y calidad de prados de siega del Pirineo Aragonés. En: *Actas de la III Reunión Ibérica de Pastos y Forrajes. XL Reunión Científica de la SEEP*. Bragança-A Coruña-Lugo. 135-140.
- MARTÍNEZ MARTÍNEZ, T., 1998. Evaluación de la composición florística y de la biomasa vegetal en la vertiente norte de la Sierra de Gredos. En: *Actas de la XXXVIII Reunión Científica de la SEEP*. Soria. 77-80.
- MEDARDE, S.; ALBIZU, I.; IBARRA, A.; BESGA, G.; AMEZAGA, I.; ONAINDIA M., 2001. Productividad de los pastizales de montaña en el Parque natural de Aralar. En: *Biodiversidad en Pastos*. Actas de la XLI Reunión Científica de la SEEP. I Foro Iberoamericano de Pastos. CIBIO. Alicante. 123-128.
- MONTSERRAT RECODER, P., 1996. El pastoreo crea y fomenta los paisajes de montaña más estables. En: *Actas de la XXXVI Reunión Científica de la SEEP*. La Rioja. 119-120.
- MONTSERRAT RECODER, P., 1999. Aspectos positivos de mi fracaso como pascólogo. En: *Actas de la XXXIX Reunión Científica de la SEEP*. Almería.
- MONTSERRAT RECODER, P.; VILLAR, L., 1996. El pastoreo que moldea los paisajes de montaña. En: *Actas de la XXXVI Reunión Científica de la SEEP*. La Rioja. 121-124.
- PÉREZ CORONA, M.E.; VÁZQUEZ DE ALDANA, B.R.; GARCÍA CIUDAD, A.; GARCÍA CRIADO, B., 1996. Variación de la riqueza específica y producción aérea de biomasa en pastizales semiáridos. En: *Actas de la XXXVI Reunión Científica de la SEEP*. La Rioja. 149-152.
- PLAIXATS, J.; BARTOLOMÉ, J.; OLIET, C.; CLAU, M., 2000. Producción, composición química y botánica de pastos invadidos por helecho común (*Pteridium aquilinum* L.). En: *Actas de la III Reunión Ibérica de Pastos y Forrajes. XL Reunión Científica de la SEEP*. Bragança-A Coruña-Lugo. 141-146.

- PUERTO, A.; RIVERO, J.M., 1996. Relaciones entre la estructura florística y la profundidad del suelo en pastos mediterráneos. En: *Actas de la XXXVI Reunión Científica de la SEEP*. La Rioja. 41-44.
- PUEYO, Y.; ALADOS, C.L.; y FERRER, C., 2003. Biodiversidad, grado de cobertura y estructura espacial de las comunidades de Palmitar del sureste ibérico (Parque Natural del cabo de Gata-Níjar) a lo largo de un gradiente de pastoreo. En: *Pastos, desarrollo y conservación*. Actas de la LXIII Reunión Científica de la SEEP. Granada. Junta de Andalucía. 701-706.
- RAMÍREZ-SANZ, L.; CASADO, M.A.; DE MIGUEL, J.M.; PINEDA, F.D.; CASTRO, I.; COSTA, M., 1997. Relación espacial entre comunidades de monte y pastizal a lo largo de un gradiente ambiental. En: *Actas de la XXXVII Reunión Científica de la SEEP*. Sevilla-Huelva. 81-87.
- RIVERO, J.M.; PUERTO, A., 1996. Influencia de la altitud sobre la distribución en pastos de especies del género *Trifolium* L. En: *Actas de la XXXVI Reunión Científica de la SEEP*. La Rioja. 145-148.
- RODRÍGUEZ, M.; GÓMEZ SAL, A.; GARCIA, R.; MORO, A.; CALLEJA, A., 2000. Relaciones entre producción, diversidad y riqueza de especies en prados fertilizados. En: *Actas de la III Reunión Ibérica de Pastos y Forrajes. XL Reunión Científica de la SEEP*. Bragança-A Coruña-Lugo. 175-179.
- SANTA MARÍA, M.; CHOCARRO, C.; AGUIRRE, J.; FILLAT, F., 2003. Clasificación de los prados semiextensivos del Pirineo central a partir de su composición florística. En: *Pastos, desarrollo y conservación*. Actas de la LXIII Reunión Científica de la SEEP. Granada. Junta de Andalucía. 593-599
- VIGO, J.; y CARRERAS, J., 2002. Los Pastos en Cataluña: Tipología CORINE y Directiva Hábitats. En: *Producción de Pastos, Forrajes y Céspedes*. Actas de la XLII Reunión Científica de la SEEP. Lleida. 43-52.

Diversidad frente a estabilidad fitocenótica: el ejemplo de los pastizales del Parque Natural de Sierra Mágina (Jaén)

A. CANO-ORTIZ, A. GARCÍA FUENTES, R.J. MONTILLA, L. RUIZ, J.A. TORRES y E. CANO

Dpto. Biología Animal, B. Vegetal y Ecología. Área de Botánica. Universidad de Jaén. Campus Universitario Las Lagunillas. 23071-Jaén (España). E-mail: fitosoc@ujaen.es

RESUMEN: En el presente trabajo tratamos de poner de manifiesto que el índice de biodiversidad de una fitocenosis pascícola no debe ser el único parámetro a tener en cuenta para evaluar el buen estado de la comunidad. Hemos utilizado cinco fitocenosis de pastizal desarrolladas en el parque natural Sierra Mágina (Jaén, sur de España) para mostrar un ejemplo práctico. Junto a los índices de biodiversidad hemos tomado datos del número de especies características de cada asociación y número de especies compañeras que aparecen en los inventarios, levantados durante la primavera del año 2003. Contrastando estos datos podemos tener una buena herramienta para la gestión y mejora de estos pastizales, ya que podremos conocer si la fitocenosis se encuentra estable mediante un buen uso ganadero, o de lo contrario, presenta un alto grado de introgresión de especies características de otras clases fitosociológicas, conociendo el valor bioindicador de estas especies y de los rangos sintaxonómicos a los que pertenecen podremos conocer la dinámica sucesional de cada fitocenosis.

Palabras clave: biodiversidad, dinámica sucesional, fitosociología.

Diversity versus stability: the case of the grasslands in the Sierra Mágina Natural Park (Jaén)

SUMMARY: In this work we compare plant biodiversity with the dynamic series of the communities. The obtained results together with data about the minimum area of the plant community, calculated by means of the area-species curve method, were used to determine the phytocoenotical stability. The biodiversity was calculated by means of the Shannon and Weaver index. The phytosociologic method was used in order to evaluate the dynamism of the communities. In each floristic inventory we have distinguished between typical species of a plant association or higher hierarchy unit, and species which are not typical of the plant association. Five grassland communities in Sierra Mágina Natural Park were analysed in this study.

Key words: biodiversity, series dynamic, phytosociologic.

INTRODUCCIÓN

En la última década los estudios sobre diversidad han sido muy numerosos, la mayoría de ellos demostrando su valor como indicador de la estabilidad y resistencia de los ecosistemas a los cambios ambientales. Una mayor diversidad dentro de la comunidad hace que ésta se resienta menos frente a factores externos que actúan a lo largo del tiempo, el que existan más individuos dentro de un ecosistema aumenta la probabilidad de especies tolerantes a cambios ambientales (Pineda *et al.*, 2002). Otro elemento a tener en cuenta es la estabilidad de la comunidad, entendida como un parámetro que nos viene a mostrar que la comunidad permanece un largo periodo de tiempo como tal frente a los diferentes factores externos que pueden influir en ella (pastoreo, acción antrópica, factores ambientales, etc.). En las fitocenosis pascícolas, estos dos factores: biodiversidad y estabilidad (sindinamia) son indicadores de la calidad y estado actual de una comunidad pascícola, pero debemos estudiarlos en conjunto para poder realizar buenas interpretaciones prácticas sobre las fitocenosis de pastizales ibéricos (Montserrat, 2002).

El objetivo de este trabajo es poner de manifiesto que el índice de biodiversidad de una fitocenosis pascícola no es por sí solo un buen indicador del estado de la comunidad, debemos contrastarlo con estudios de flora y vegetación, con otros bioindicadores vegetales que nos muestren el estado de la comunidad en ese momento, para poder aplicar posibles actuaciones de mejora de pastizales.

MATERIAL Y MÉTODOS

Territorio de estudio

El área de estudio corresponde al Parque Natural de Sierra Mágina (Jaén, sur de España), con unas 28 000 ha aproximadamente. Presenta un dominio de materiales básicos, prevaleciendo los materiales calcáreos, dolomíticos y margosos, y en menor medida arcillas, areniscas y yesos. El macizo de Mágina presenta un bioclima mediterráneo, con ombrotipos que oscilan entre seco y húmedo y termotipos que van desde el meso-mediterráneo al oromediterráneo (Rivas-Martínez y Loidí, 1999). La vegetación dominante son encinares, coscojares, espinares, sabinares, pinares y arcedas. En lo que respecta a las comunidades de pastos, existen amplias áreas cubiertas de pastizales que en su mayoría se corresponden con los pastos terofíticos de la alianza *Taeniathero-Aegilopion geniculatae*, y en menor medida los hemicriptófitos de *Stipion tenacissimae* y de *Festucion scariosae*.

Metodología

Para la selección e identificación de las fitocenosis se ha seguido el método fitosociológico (Braun-Blanquet, 1979). Para la inclusión sintaxonómica de las asociaciones se ha seguido a Rivas-Martínez *et al.* (2001) y Torres *et al.* (2003). Las asociaciones seleccionadas para este estudio son cinco: *Bromo scoparii-Hordeetum leporini*, *Medicagini rigidulae-Aegilopetum geniculatae* y *Velezio rigidulae-Asteriscetum aquatici*, *Poo bulbosae-Astragaletum sesamei* y *Coronillo minimae-Astragaletum nummularioidis*. Se ha procedido a calcular el área mínima de cada una de las fitocenosis seleccionadas mediante el método de la curva área-especies. De cada fitocenosis se han levantado diez inventarios durante la primavera del año 2003.

Para el cálculo de la biodiversidad se aplica el índice de Shannon y Weaver (1949) a todos los muestreos de cada asociación, por un lado a la totalidad de especies y por otro a las especies características (Cano-Ortiz *et al.*, 2003). La adscripción de las especies a un grupo sintaxonómico determinado (especies características) se han consultado en las obras de Alcaraz *et al.* (1991), Cano y González Martín (1992), Cano y Valle, (1996), García-Fuentes y Cano (1998), Torres y Cano (2001). Para los estudios de dinámica sucesional nos basamos en la presencia florística de los inventarios, se estudia el número de especies características y el de especies compañeras (no propias de la comunidad fitosociológica en cuestión ni de rangos sintaxonómicos superiores (alianza, orden, clase)), así como su adscripción a otras clases fitosociológicas, esto nos da información de la dinámica sucesional de la comunidad y de su posible grado de alteración.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En las Tablas 1 a 5 se reflejan los resultados obtenidos para cada una de las cinco asociaciones estudiadas. En la Tabla 6 se muestran las especies características y las compañeras totales para cada asociación junto con los porcentajes que representan.

En estos resultados se comprueba que las comunidades de pastos terofíticos de *Stellarietea mediae*, tanto los viarios y nitrófilos de *Bromo-Hordeetum leporini* como los subnitrófilos de *Medicagini-Aegilopetum geniculatae*, presentan un alto porcentaje de especies características frente al porcentaje de especies compañeras. Ambas coinciden también en el hecho de tener un alto número de especies terofíticas propias de la clase *Helianthemetea guttati* (Tablas 1 y 2), y un índice bajo en especies de la clase *Artemisieteae vulgaris*, que engloba a formaciones altamente nitrófilas. Todo ello nos indica un buen estado de ambas comunidades, se trata de fitocenosis que en el conjunto de los diez muestreos están bien proporcionadas en cuanto a especies características y no tienen un alto grado de nitrificación, lo cual indica que se realiza un uso equilibrado de estas formaciones. La presencia de tres especies de la clase *Sedo-Scleranthetea* en un solo inventario de la asociación *Bromo-Hordeetum* no es significativo, indicándonos que este inventario se localiza sobre suelos todavía esqueléticos y de poco espesor. En estas fitocenosis la biodiversidad es alta, y se da el hecho de que un 70% y un 74% de las especies de ambas asociaciones son características de la comunidad.

Tabla 1. Asociación *Bromo scoparii-Hordeetum leporini* Rivas-Martínez 1978

Nº inventario	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Media	Totales
Nº total especies	9	13	8	14	14	18	16	9	10	19	12	130
Nº especies características	8	11	8	10	9	12	14	7	5	7	9	91
Nº especies compañeras	1	2		4	5	6	2	2	5	12	3	39
<i>Helianthemetea guttati</i>	1	1		2	4	4	1	1	1	3	2	18
<i>Geranio-Cardaminetea</i>				1						1	1	2
<i>Festuco-Brometea</i>									1	1	1	2
<i>Poetea bulbosae</i>					1	1			1	1	1	4
<i>Molinio-Arrhenatheretea</i>		1									1	1
<i>Rosmarinetea officinalis</i>				1						2	1	3
<i>Artemisietea vulgaris</i>						1	1	1	1		1	4
<i>Pegano-Salsoletea</i>									1		1	1
<i>Sedo-Scleranthetea</i>										3	3	3
<i>Festuco-Ononidetea</i>										1	1	1
Índice Shannon totales	1,98	2,56	1,85	2,56	2,47	2,79	2,54	2,60	1,99	2,89	2,42	
Índice Shannon características	1,89	2,43	1,85	2,25	2,21	2,54	2,41	1,77	1,53	1,96	2,08	

Tabla 2. Asociación *Medicagini rigidulae-Aegilopetum geniculatae* Rivas-Martínez & Izco 1977

Nº inventario	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Media	Totales
Nº total especies	20	12	9	13	14	17	15	12	13	22	14	147
Nº especies características	18	8	9	8	10	10	11	11	9	16	11	110
Nº especies compañeras	2	4		5	4	7	4	1	4	6	4	37
<i>Helianthemetea guttati</i>		3		1	4	4	3	1	1	2	2	19
<i>Festuco-Brometea</i>						1					1	1
<i>Poetea bulbosae</i>		1					1				1	2
<i>Molinio-Arrhenatheretea</i>										1	1	1
<i>Rosmarinetea officinalis</i>				3		1			1		1	5
<i>Lygeo-Stipetea</i>				1					1		1	2
<i>Artemisietea vulgaris</i>	2									1	1	3
<i>Geranio-Cardaminetea</i>						1					1	1
Índice Shannon totales	2,36	2,19	1,73	2,15	2,42	2,76	2,65	2,25	2,37	2,96	2,38	
Índice Shannon características	2,20	1,98	1,73	1,54	2,00	2,24	2,25	2,24	1,99	2,81	2,10	

La asociación *Velezio rigidulae-Asteriscetum aquatici*, representativa de los pastizales terofíticos poco nitrificados, presenta cierta inestabilidad ecológica puesto que el número total de especies compañeras es ligeramente superior al número de especies características de la asociación. Sin embargo, la diversidad se mantiene similar al de los dos tipos de pastos anteriormente mencionados, los cuales se encontraban en un buen estado de conservación al presentar un alto porcentaje de especies características. Analizando las especies compañeras, se puede apreciar un cierto dinamismo al darse la introgresión de especies de *Stellarietea mediae*, que dominan sobre el número de especies características (Tabla 3). Esto nos indica una fuerte introgresión de especies nitrófilas causado por una fuerte presión ganadera en las zonas donde se desarrollan estos pastizales. En el caso de no cesar este fenómeno perturbador estas fitocenosis se transformarán rápidamente en formaciones de *Stellarietea mediae*.

Tabla 3. Asociación *Velezio rigidulae-Asteriscetum aquatici* Rivas Goday 1964

Nº inventario	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Media	Totales
Nº total especies	7	19	14	11	17	10	11	11	12	13	12	125
Nº especies características	3	6	9	6	9	3	9	7	2	7	5	61
Nº especies compañeras	4	13	5	5	8	7	2	4	10	6	6	64
<i>Stellarietea mediae</i>	3	10	3	5	7	3	1	1	8	6	4	47
<i>Artemisietea vulgaris</i>					1	1					1	2
<i>Lygeo-Stipetea</i>	1		1			1	1		1		1	5
<i>Rosmarinetea officinalis</i>		1						2	1		1	4
<i>Poetea bulbosae</i>		2	1			1		1			1	5
<i>Festuco-Brometea</i>						1					1	1
Índice Shannon totales	1,93	2,79	2,51	2,27	2,71	2,27	2,25	2,07	1,81	2,26	2,29	
Índice Shannon características	1,08	1,72	1,71	1,53	2,11	0,69	1,97	1,88	0,68	1,87	1,52	

Las asociaciones *Poo bulbosae-Astragaletum sesamei* y *Coronillo minima-Astragaletum nummularioidis* poseen una clara alteración a pesar de presentar un índice de biodiversidad ligeramente menor a las anteriores comunidades, catalogadas de alta estabilidad. En el caso de los majadales presididos por *Poa bulbosa* sólo el 14% son especies características, el resto son compañeras, sobre todo pertenecientes a las clases *Stellarietea mediae* y *Helianthemetea guttati*, siendo muy numerosas las primeras. Estos datos indican que los majadales en el territorio muestreado se encuentran sometidos a fuertes presiones ganaderas, lo que les provoca gran inestabilidad, poseyendo una dinámica tendente a transformarse en asociaciones nitrófilas. En cuatro de los inventarios levantados la única especie característica de estas formaciones es *Poa bulbosa*.

Los pastizales de *Coronillo-Astragaletum* no se encuentran tan alterados como los majadales, ya que el porcentaje de especies características es más elevado; no obstante, poseen una alta presencia de especies nitrófilas en los inventarios. La biodiversidad en este caso es la menor de todas las fitocenosis, pero no es ésta la fitocenosis que presenta un dinamismo mayor. La tendencia general de esta asociación es a transformarse en comunidades de *Medicagini-Aegilopetum geniculatae*, por la frecuencia con la que aparecen las especies *Plantago lagopus*, *Bromus hordeaceus*, *Aegilops geniculata* y *Aegilops neglecta* en los muestreos realizados.

Como apéndice final a estos resultados debemos comentar el hecho de que aplicando el Índice de Shannon tan solo a las especies características de cada comunidad (I_{shc} , Tabla 6) nos da un valor más aproximado a la realidad en cuanto al dinamismo y estabilidad de la fitocenosis ya que este parece estar correlacionado con los porcentajes de especies características de cada una de las comunidades.

Tabla 4. Asociación *Poo bulbosae-Astragaletum sesamei* Rivas Goday & Ladero 1970

Nº inventario	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Media	Totales
Nº total especies	17	18	15	22	11	11	11	10	15	13	14	143
Nº especies características	2	2	2	5	1	2	3	1	1	1	2	20
Nº especies compañeras	15	16	13	17	10	9	8	9	14	12	12	123
<i>Stellarietea mediae</i>	9	12	7	8	4	5	4	3	9	3	6	64
<i>Helianthemetea guttati</i>	4	3	4	6	5	4	4	3	3	5	4	41
<i>Festuco-Ononidetea</i>		1						3	1	3	2	8
<i>Geranio-Cardaminetea</i>	1		1						1		1	3
<i>Artemisieta vulgaris</i>			1	1							1	2
<i>Molinio-Arrhenatheretea</i>	1										1	1
<i>Rosmarinetea officinalis</i>				2							2	2
<i>Polygono-Poetea annuae</i>					1						1	1
<i>Lygeo-Stipetea</i>										1	1	1
Índice Shannon totales	2,41	2,30	2,43	2,96	2,17	2,16	2,16	1,77	2,05	1,99	2,24	
Índice Shannon características	0,69	0,45	0,41	1,15	0	0,67	0,90	0	0	0	0,43	

Tabla 5. Asociación *Coronillo minima-Astragaletum nummularioidis* Pérez-Raya & Molero 1990

Nº inventario	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Media	Totales
Nº total especies	10	18	14	12	11	11	15	12	12	13	13	128
Nº especies características	4	4	4	4	3	2	5	5	4	4	4	39
Nº especies compañeras	6	14	10	8	8	9	10	7	8	9	9	89
<i>Stellarietea mediae</i>	5	6	3	2	2	4	6	3	4	6	4	41
<i>Helianthemetea guttati</i>		7				4	1	1	2	1	2	16
<i>Molinio-Arrhenatheretea</i>	1	1	4	3	5	1					2	15
<i>Artemisieta vulgaris</i>			1	1			1				1	3
<i>Geranio-Cardaminetea</i>								1			1	1
<i>Isoeto-Nanajuncetea</i>			1	1	1						1	3
<i>Poetea bulbosae</i>							2	1			1	3
<i>Rosmarinetea officinalis</i>								1	2	1	1	4
<i>Pegano-Salsotea</i>										1	1	1
<i>Stipo-Agrostetea</i>			1	1							1	2
Índice Shannon totales	2,22	2,66	2,42	2,27	2,27	2,29	1,96	2,16	1,31	2,21	2,18	
Índice Shannon características	1,30	0,96	1,09	1,10	1,08	0,69	1,48	1,68	0,64	1,04	1,10	

Tabla 6. Valores medios del índice de Shannon para las diversas asociaciones estudiadas.

Alianza/Asociación	Am.	Nº spt	Nº spca	Nº spco	% spca	%spco	I _{Sh}	I _{Shc}
(Hordcion leporini)/Bromo scoparii-Hordectum leporini	0,5	130	91	39	70,00%	30,00%	2,42	2,08
(Taeniathero-Aegilopion)/Medicagini -Aegilopetum geniculatae	1	147	110	37	74,83%	25,17%	2,38	2,10
(Trachynion distachyae)/Velezio rigidae-Astericetum aquatici	1	125	61	64	48,80%	51,20%	2,29	1,52
(Poo bulbosae-Astragalion)/Poo bulbosae-Astragaletum sesamei	1	143	20	123	13,99%	86,01%	2,24	0,43
Sideritido-Arenarion/Coronillo minimae-Astragaletum nummularioidis	1	128	39	89	30,47%	69,53%	2,18	1,10

Am = área mínima en m². Nº spt = Número de especies totales presentes en la asociación. Nº spca = Número de especies características de asociación y unidades sitaxonómicas superiores. Nº spco = Número de especies compañeras. I_{Sh} = Índice de Shannon aplicado a todas las especies. I_{Shc} = Índice de Shannon aplicado a las características.

CONCLUSIONES

1. El estudio de la biodiversidad vegetal de las comunidades pascícolas tratadas no es suficiente por sí solo para poder realizar un buen diagnóstico de las fitocenosis pascícolas. Se debe complementar con estudios de dinámica y sobre todo basarnos en la composición florística de los inventarios realizados y en la información que nos aportan como bioindicadores vegetales.
2. En el territorio estudiado las asociaciones *Poo bulbosae-Astragaletum sesamei* y *Coronillo minimae-Astragaletum nummularioidis* presentan una buena diversidad florística, pero son inestables por tener un I_{Shc} bajo, encontrándose en el momento actual en regresión al evolucionar fundamentalmente hacia las formaciones de *Taeniathero-Aegilopion geniculatae*, alianza que se encuentra muy bien representada en el territorio. Este hecho deberá tenerse en cuenta en las planificaciones ganaderas del territorio. En el caso práctico estudiado, las asociaciones que presentan un I_{Shc} superior a 1,5 las consideramos estables, mientras no se modifiquen los factores que las condicionaron, no obstante estos estudios consideramos que deben realizarse con un número mayor de asociaciones y de inventarios.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALCARAZ ARIZA, F.; SÁNCHEZ GÓMEZ, P.; DE LA TORRE, A., 1991. *Datos sobre la vegetación de Murcia: Guía Geobotánica de la Excursión de las XI Jornadas de Fitosociología*. Servicio de Publicaciones Universidad de Murcia, 162 pp. Murcia (España)
- BRAUN BLANQUET, J., 1979. *Fitosociología. Bases para el estudio de las comunidades vegetales*. Ed. Blume, 820 pp. Madrid (España)
- CANO, E.; GONZÁLEZ MARTÍN, A., 1992. *Estudios básicos para el conocimiento de la flora de Sierra Morena*. Ed. Facultad de Ciencias Experimentales, 173 pp. Jaén (España)
- CANO, E.; VALLE, F., 1996. Catálogo florístico de Sierra Quintana. *Monografías del Jardín Botánico de Córdoba*, 4, 5-73
- CANO-ORTIZ, A.; GARCÍA FUENTES, A.; TORRES, J.A.; MELENDO, M.; MONTILLA, R.J.; RUIZ, L.; CANO, E., 2003. Análisis de la biodiversidad de pastizales del Parque Natural Sierra de Mágina (distrito Subbético-Magínense, Andalucía, España). En: *Biodiversidad y Gestión del Territorio. XIX Jornadas de Fitosociología. Congreso Internacional de Fitosociología* Pp. 80. Ed/Co. WILDPRET, W.; PÉREZ, P.L.; DEL ARCO, M.J.; RODRÍGUEZ, O. Universidad de la Laguna, Tenerife (España).
- GARCÍA-FUENTES, A.; CANO, E., 1998. Estudio de la flora del alto valle del Guadalquivir (Jaén). *Monografías del Jardín Botánico de Córdoba*, 7, 5-100
- MONTSERRAT, P., 2002. Los pastos ibéricos. En: *La Diversidad Biológica en España*. Pp. 81-88. Ed/Co PINEDA, F.D.; DE MIGUEL, J.M.; CASADO, M.A. y MONTALVO, J. Pearson Educación, S.A. Madrid.

- PINEDA, F.D.; DE MIGUEL, J.M.; CASADO, M.A.; MONTALVO, J., 2002. Claves para comprender la "diversidad biológica" y conservar la "biodiversidad". En: *La Diversidad Biológica en España*. Pp. 7-32. Ed/Co PINEDA, F.D.; DE MIGUEL, J.M.; CASADO, M.A. y MONTALVO, J. Pearson Educación, S.A. Madrid.
- RIVAS-MARTÍNEZ, S.; LOIDI, J., 1999b. Bioclimatology of the Iberian Peninsula. *Itinera Geobotanica*, **13**, 41-47
- RIVAS-MARTÍNEZ, S.; FERNÁNDEZ-GONZÁLEZ, F.; LOIDI, J.; LOUSA, M.; PENAS, A., 2001. Syntaxonomical checklist of vascular plant communities of Spain and Portugal to association level. *Itinera Geobotanica*, **14**, 1-341.
- SHANNON Y WEAVER, W., 1949. *The mathematical theory of communication*. Univ. Illinois Press, Urbana. 423 pp. E.E. U.U.
- TORRES, J.A.; CANO, E., 2001. Estudio de la flora de las sierras de Pandera y Alta Coloma (Jaén). *Monografías del Jardín Botánico de Córdoba*, **9**, 5-106.
- TORRES, J.A.; MARCHAL, F.M.; MONTILLA, R.; CANO, E., 2003. Clave dicotómica para la identificación de prados y pastizales en las Sierras Béticas del sur peninsular (Andalucía-España). En: *Pastos, Desarrollo y Conservación*, 585-592. Ed. ROBLES, A.B.; RAMOS, M^a. E.; MORALES, M^a. C.; DE SIMON, E.; GONZÁLEZ, J.L. Y BOZA, J. Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía, Sevilla (España).

Cambios de la composición florística en las fitocenosis de pastizal del Alto Valle del Guadalquivir (Jaén, sur de España)

A. GARCÍA FUENTES, L. RUIZ, A. CANO ORTIZ, R.J. MONTILLA, C. SALAZAR y E. CANO

Departamento de Biología Animal, B. Vegetal y Ecología. Área de Botánica. Universidad de Jaén. Campus Universitario Las Lagunillas s/n. 23071-Jaén (España). E-mail: agarcia@ujaen.es

RESUMEN: Se realizan estudios de las comunidades de herbazales viarios y arvenses que aparecen en los cultivos de olivar de la provincia de Jaén (Andalucía, España). Las investigaciones se basan en el análisis de la composición florística actual y medidas de la biodiversidad mediante el índice de Shannon. Estos estudios se contrastan con los inventarios realizados durante los años 1991 al 1993, observándose cambios en los dos parámetros estudiados. Mientras que la biodiversidad se mantiene e incluso aumenta en algunas comunidades, las especies más estenoicas muestran una franca regresión en cuanto al grado de presencia, aumentando claramente las especies generalistas, quedando las fitocenosis seriamente alteradas en cuanto a su composición florística original. Estos hechos pueden estar relacionados con los manejos actuales del olivar, empleándose sistemas de cultivo basados en el uso continuado de herbicidas para eliminar la cubierta vegetal natural.

Palabras clave: *Stellarietea mediae*, biodiversidad, olivar, flora arvense.

Changes in the floristic composition of pasture phytocoenoses of the High Valley of Guadalquivir (Jaén, southern Spain)

SUMMARY: Research studies on the weed pasture communities developed in olive tree crops of Jaén province (Andalusia, Spain) have been carried out based in the analysis of the current floristic composition and the measurement of biodiversity using Shannon index. The present results have been compared to those obtained in the area during the years 1991-1993, pointing out that significant changes in both parameters have taken place. Biodiversity keeps its value and even can increase in some plant communities; regarding flora, stenoic species show a clear decline whilst generalistic plants increase changing essentially the original phytocoenoses floristic composition. This facts may be related to the current olive tree crops management based in constant herbicide supply in order to eliminate the natural plant cover.

Key words: *Stellarietea mediae*, biodiversity, olive tree crops, weeds.

INTRODUCCIÓN

Durante el trienio 1991-1993 se realizaron estudios florísticos y fitosociológicos de la vegetación herbácea que poblaba los cultivos de olivar y cereal del alto valle del río Guadalquivir (García Fuentes, 1993), poniéndose de manifiesto la existencia de 545 taxones vegetales y 38 asociaciones fitosociológicas distintas. Esta vegetación herbácea se corresponde con asociaciones pertenecientes en su mayoría a la clase *Stellarietea mediae*, vegetación nitrófila constituida por terófitos de carácter arvense, ruderal, viario o escionitrófilo. Dentro de ella existen algunas asociaciones que pueden ser consideradas como pastos, algunas de alto interés (San Miguel, 2001).

El uso del territorio se ha mantenido durante la última década, aunque existe un claro aumento de la superficie destinada a olivar en detrimento del cereal y girasol (552 000 ha de olivar en el año 2001). Este cambio se debe fundamentalmente a la política agraria comunitaria basada en la subvención por árbol. Igualmente las técnicas de cultivo del olivar se han visto modificadas en estos últimos 25 años, instaurándose técnicas como la del *no laboreo* donde el uso de herbicidas de pre- y post-emergencia está muy poco controlado por la administración. En la mayoría de las parcelas de olivar se ha eliminado la totalidad de la cubierta herbácea natural, provocando fenómenos de fuerte erosión y pérdida de suelo fértil, así como otros fenómenos relacionados con la pérdida de nutrientes y con la falta de aireación del suelo, ocasionando graves problemas de apelmazamiento. Algunos trabajos así lo corroboran, como el de López Cuervo (1991), donde se habla de pérdidas de suelo de más de 80 toneladas por hectárea en los olivares andaluces. Otras técnicas

empleadas como la del *laboreo*, *semi-laboreo* o incluso la denominada *cultivo con cubierta* permiten el uso de herbicidas (siega química). Esta última técnica se utiliza para eliminar la cubierta vegetal natural y posteriormente implantar una cubierta artificial con especies como *Lolium perenne* o *Dactylis hispanica*.

Otro hecho evidente que está ocurriendo es una alteración del grado de presencia de estas comunidades arvenses, que tan sólo pueden inventariarse en aquellos olivares donde la actuación humana es menos agresiva y más racional con el empleo de herbicidas, en algunos linderos o en aquellos olivares abandonados, generalmente a causa de su escasa productividad. En esta última década se ha observado también que estas comunidades presentan variaciones en su composición florística, existiendo cambios en la presencia/ausencia de especies características de asociación y un aumento de las especies generalistas, desdibujándose en la mayoría de los casos las fitocenosis hasta tal punto que tienen poca similitud con la tabla original que en su día se publicó, con la consiguiente alteración en el banco de semillas existente para años próximos.

Con este trabajo pretendemos poner de manifiesto algunas de las alteraciones relacionadas con la biodiversidad y la composición florística que están sufriendo estas comunidades de herbazales arvenses y viarios que ocupan los cultivos de olivar.

MATERIAL Y MÉTODOS

Territorio de estudio

El territorio de estudio posee una superficie aproximada de 735 000 ha, limitando al norte con Sierra Morena, al este con las elevaciones de la Sierra de Cazorla y al sur con las primeras estribaciones de las sierras subbéticas (Figura 1). Posee un fuerte predominio del paisaje ondulado, muy patente en zonas como la Loma de Úbeda, que precisamente es donde se presentan las mayores elevaciones, en torno a los 700-800 m de altitud. El valle del Guadalquivir es un relleno sedimentario formado por materiales blandos que salvo los cuaternarios, todos tienen origen marino (Ortega Alba, 1991). Destacan las margas, margocalizas y margas gipsicas del Neógeno-Cuaternario y materiales alóctonos de las Sierras Subbéticas, así como, en la parte más

septentrional del valle se da un predominio de materiales triásicos en detrimento de las margas y margocalizas (cobertera tabular).

Estos materiales geológicos originan diferentes tipos de suelos. En la zona más septentrional se dan luvisoles crómicos. En la banda intermedia del valle aparecen cambisoles cálcicos y vertisoles. Por último, en la zona más meridional hay una cierta abundancia de solonchaks órticos (Aguilar *et al.*, 1987).

El estudio bioclimatológico del territorio nos indica que éste se halla comprendido entre los termotipos termomediterráneo superior y mesomediterráneo inferior. El ombrotipo oscila entre el seco y el subhúmedo, con cierto predominio del ombrotipo seco (Rivas-Martínez & Loidi, 1999).

El valle del Guadalquivir es una de las regiones más importantes y tecnológicamente avanzadas en el cultivo del olivo en España (Saavedra *et al.*, 1989). Debido a las excelentes propiedades agronómicas de sus suelos y la bonanza de su clima es un territorio óptimo para el cultivo del olivo, vid y cereal.



Figura 1.- Localización del área de estudio

Estudio florístico y fitosociológico

Para la determinación de los distintos *taxa* hemos utilizado las obras de Castroviejo *et al.* (2001), Paiva *et al.* (2001), Valdés *et al.* (1987) y Tutin *et al.* (1964). El estudio de las diferentes asociaciones vegetales se llevó a cabo a través de la metodología fitosociológica derivada de la escuela braun-blanquetista de Zürich-Montpellier, propuesta inicialmente por Braun-Blanquet (1928) y modificada posteriormente por autores como Géhu & Rivas-Martínez (1982). Para las cuestiones nomenclaturales y de sintaxonomía de las comunidades vegetales hemos seguido las obras de Rivas-Martínez *et al.* (2001, 2002).

Se han elaborado dos matrices de datos, la primera de ellas se corresponde con los inventarios realizados en el trienio 1991-1993 (a partir de ahora, inventarios 1993) con 202 especies vegetales y 57 inventarios pertenecientes a las asociaciones: *Diploaxio-Erucetum vesicariae* (DipEru); *Fedio cornucopiae-Sinapidetum albae* (FedSin); *Resedo-Moricandietum moricandioides* (ResMor); *Linario hirtae-Galietum tricornuti arenarietosum hispanici* (LinGal); *Sisymbrio irionis-Malvetum parviflorae* (SisMal); *Hordeo leporini-Glossopappetum macroti* (HorGlo); *Papaveri rhoeadis-Diploaxietum virgatae* (PapDip) y *Hordeo leporini-Brassicetum nigrae* (HorBra). La segunda matriz de datos recoge los 61 inventarios pertenecientes a estas asociaciones mencionadas realizados en el año 2003, frente a 206 especies vegetales. A estas matrices se les ha aplicado el programa estadístico PC-ord for Windows, ver. 3.01 para conocer el índice de Shannon como medida de la diversidad biológica de una comunidad (Shannon y Weaver, 1981).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En una década tan sólo, se han producido cambios en estas comunidades de clara influencia antrópica. El primer cambio detectado es un ligero aumento de la biodiversidad en las comunidades, lo cual, en un principio puede parecer algo muy positivo. Prácticamente todas las formaciones aumentan su índice de Shannon, excepto la comunidad de *Hordeo-Glossopappetum macroti* (Figura 2).

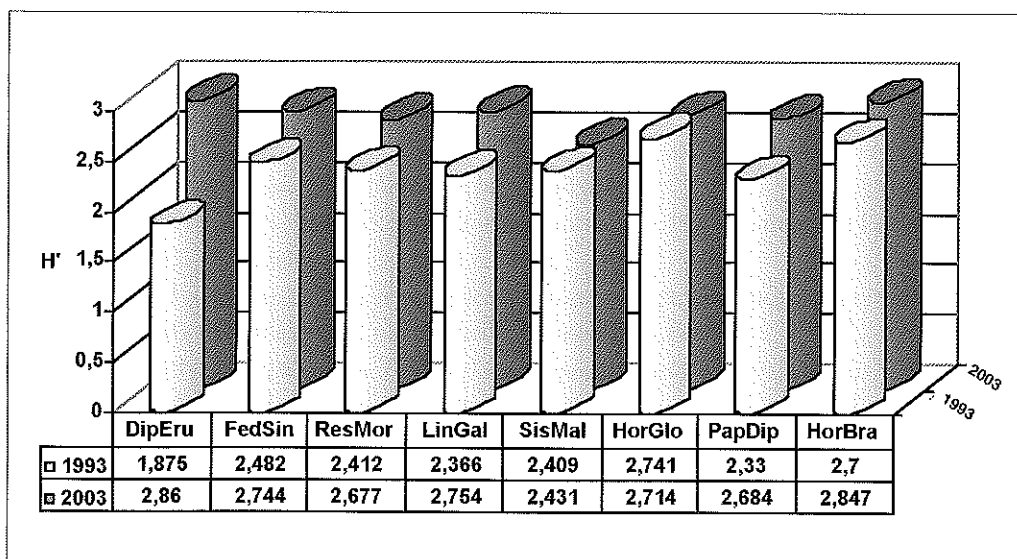


Figura 2.—Medias de los índices de biodiversidad de los diferentes inventarios realizados en 1993 y en 2003.

Pero este hecho no debe enmascarar la realidad de los resultados obtenidos, porque el aumento de la riqueza en especies no debe hacernos parecer que las asociaciones han ganado en estabilidad. Analizando con detalle la composición florística de las mismas se observa que las especies características de cada una de las asociaciones se encuentran en la mayoría de los casos poco definidas, e incluso en algunos inventarios

falta alguna de ellas, apareciendo con unos índices de abundancia muy bajos. Este aumento de la biodiversidad en muchos de los inventarios realizados en el año 2003 se produce a costa de un descenso de las especies características de asociación, más estenoicas, favoreciéndose la presencia de especies generalistas que apenas tenían presencia hace diez años en estos biotopos.

Estos datos se observan en la Tabla 1 donde podemos comprobar que especies generalistas como *Avena sterilis*, *Convolvulus althaeoides*, *Convolvulus arvensis*, *Erodium malacoides*, *Foeniculum vulgare*, *Lactuca serriola*, *Lolium rigidum*, *Rapistrum rugosum* o *Sonchus oleraceus* aumentan su presencia en los inventarios del año 2003. Algunas como *Sonchus oleraceus* lo hacen en más de un 53%, existiendo alguna excepción como *Calendula arvensis*, que baja su porcentaje de presencia en un 5% aproximadamente.

Tabla 1. Especies que han sufrido cambios en cuanto al grado de presencia. (Se remarcan en negrita las que han sufrido un descenso en cuanto al grado de presencia)

Especies	Porcentaje de inventarios en los que está presente (año 1993)	Porcentaje de inventarios en los que está presente (año 2003)
<i>Anagallis arvensis</i>	7,02%	29,51%
<i>Anchusa puechii</i>	12,28%	4,92%
<i>Arenaria hispanica</i>	21,05%	14,75%
<i>Avena sterilis</i>	14,04%	44,26%
<i>Brassica nigra</i>	8,77%	9,84%
<i>Bromus diandrus</i>	8,77%	37,70%
<i>Calendula arvensis</i>	49,12%	44,26%
<i>Convolvulus althaeoides</i>	7,02%	26,23%
<i>Convolvulus arvensis</i>	7,02%	37,70%
<i>Diplotaxis catholica</i>	19,30%	24,59%
<i>Diplotaxis virgata</i>	8,77%	1,64%
<i>Erodium malacoides</i>	22,81%	55,74%
<i>Eruca vesicaria</i>	21,05%	13,11%
<i>Fedia cornucopia</i>	26,32%	6,56%
<i>Foeniculum vulgare</i>	15,79%	32,79%
<i>Galium tricornutum</i>	15,79%	22,95%
<i>Glossopappus macrotus</i>	24,56%	22,95%
<i>Hordeum leporinum</i>	21,05%	6,56%
<i>Lactuca serriola</i>	0,00%	31,15%
<i>Lolium rigidum</i>	7,02%	40,98%
<i>Malva parviflora</i>	12,28%	21,31%
<i>Medicago polymorpha</i>	15,79%	39,34%
<i>Moricandia moricandioides</i>	14,04%	19,67%
<i>Papaver rhoeas</i>	66,67%	50,82%
<i>Rapistrum rugosum</i>	10,53%	32,79%
<i>Sinapis alba mairei</i>	22,81%	26,23%
<i>Sonchus oleraceus</i>	8,77%	62,30%

Sin embargo, especies endémicas del distrito Hispalense como *Anchusa puechii* disminuyen el porcentaje de presencia en un 7,36%; *Arenaria hispanica*, elemento que se distribuye por el SW ibérico y NW africano y que llega hasta el territorio por la vía migratoria del bajo y medio valle del Guadalquivir disminuye igualmente su presencia en un 6,3%. Asimismo, especies características de las asociaciones como *Papaver rhoeas*, *Diplotaxis virgata*, *Fedia cornucopia*, *Eruca vesicaria* y *Glossopappus macrotus* ven disminuidos sus porcentajes de presencia en los inventarios. Aparecen también casos excepcionales en los que especies generalistas como *Hordeum leporinum* bajan su porcentaje de presencia, hecho que puede ser atribuible a que al ser una especie viaria, propia de lindes y padrones, éstos han sido el primer objetivo del agricultor a la hora de eliminar especies de malas hierbas. En estos biotopos se usan en exceso estos fitosanitarios, sin considerar que estas comunidades pueden ser aprovechables por el ganado transterminante que existe en el territorio.

CONCLUSIONES

1. Se demuestra que en el territorio estudiado se está produciendo una alteración en las comunidades nitrófilas asociadas al cultivo del olivar, acusándose una pérdida de especies características y ganancia de generalistas. Es evidente que las plantas características de una fitocenosis son más estenoicas y por tanto más sensibles a los posibles cambios producidos en el agrosistema que las especies generalistas.
2. El aumento de la presencia de especies generalistas provoca un leve incremento de la biodiversidad en estas comunidades. Sin embargo, la estabilidad de las fitocenosis no está demostrado que se mantenga puesto que se han producido fuertes cambios en la composición florística de las mismas, desapareciendo especies características del nivel de asociación y favoreciéndose las especies pertenecientes a rangos superiores (clase, orden, alianza), quedando desdibujadas las asociaciones fitosociológicas que en su momento se describieron como tales.
3. De seguir la fuerte presión actual sobre dichos hábitats ya fragmentados y por tanto frágiles, podemos pronosticar una desaparición drástica de especies y comunidades vegetales, con fuertes desequilibrios biológicos y alteraciones entomológicas y faunísticas. De los múltiples factores que inciden sobre la fragmentación y pérdida de hábitats, es el empleo de herbicidas de pre-emergencia el que pudiera tener una mayor incidencia sobre tales alteraciones. Aunque tales estudios están aún por realizar, nos basamos en observaciones de campo que contrastan parcelas de olivar con sistemas de cultivo ecológico, donde no se observan a priori estos cambios tan drásticos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUILAR RUÍZ, J.; DELGADO, G.; DELGADO, R.; DELGADO RODRÍGUEZ, M.; FERNÁNDEZ, I.; NOGALES, R.; ORTEGA, E.; PÁRRAGA, J.; SAURA, I.; SIERRA, C. & SIMÓN TORRES, M., 1987. *Memoria del Mapa de suelos de la provincia de Jaén (E. 1:200.000)*. Excma. Diputación Provincial de Jaén. 253 pp. Jaén (España).
- BRAUN-BLANQUET, J., 1928. *Pflanzensoziologie*. Springer. 330 pp. Berlin.
- CASTROVIEJO, S. et al. (eds.), 2001. *Claves de Flora Ibérica. I*. Real Jardín Botánico. CSIC. 776 pp. Madrid.
- GARCÍA FUENTES, A., 1993. *Estudio fitosociológico de las malas hierbas del olivar en el valle del Guadalquivir (Jaén)*. Tesis de Licenciatura. Universidad de Jaén. 248 pp. Jaén.
- GÉHU, J.M. & RIVAS-MARTÍNEZ, S., 1982. Notions fondamentales de Phytosociologie. En: *International Symposium IAVS*, 1-33. Ed. J. Cramer.
- LÓPEZ CUERVO, S., 1991. La erosión en los suelos agrícolas y forestales de Andalucía. *Colección Congresos y Jornadas 17/1990*, 11-16. Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca.
- ORTEGA ALBA, F., 1991. El medio físico. En: *Geografía de España (Andalucía y Canarias)*, Vol. 8, pp. 33-109. Eds. J. Bosque Maurel y J. Vila Valenti). Editorial Planeta. Barcelona.
- PAIVA, J. et al. (eds.), 2001. *Flora Ibérica. Plantas Vasculares de la Península Ibérica e Islas Baleares. XIV: Myoporaceae-Campanulaceae*. Real Jardín Botánico, CSIC. 251 pp. Madrid.
- RIVAS-MARTÍNEZ, S. & LOIDI, J., 1999. Bioclimatology of the Iberian Peninsula. *Itin. Geobot.*, **13**, 41-47.
- RIVAS-MARTÍNEZ, S.; FERNÁNDEZ-GONZÁLEZ, F.; LOIDI, J.; LOUSA, M. y PENAS, A., 2001. Syntaxonomical checklist of vascular plant communities of Spain and Portugal to association level. *Itin. Geobot.*, **14**, 5-341.
- RIVAS-MARTÍNEZ, S.; DÍAZ, T.E.; FERNÁNDEZ-GONZÁLEZ, F.; IZCO, J.; LOIDI, J.; LOUSA, M. y PENAS, A., 2002. Vascular plant communities of Spain and Portugal. *Itin. Geobot.*, **15** (1, 2), 5-922.
- SAAVEDRA, M.; GARCÍA-TORRES, L.; HERNÁNDEZ-BERMEJO, E. & HIDALGO, B., 1989. Weed flora in the middle valley of the Guadalquivir, Spain. *Weed Research*, **29**, 167-179.
- SAN MIGUEL, A., 2001. Pastos naturales españoles. Caracterización, aprovechamiento y posibilidades de mejora. Ediciones Mundi-Prensa. 320 pp. Madrid (España).

- SHANNON, C.E. & WEAVER, W., 1981. *Teoría matemática de la comunicación* (primera edición en inglés: 1949). Editorial Forja. 355 pp. Madrid.
- TUTIN, T.; HEYWOOD, V.H.; BURGESS, D.A.; VALENTINE, D.H.; WALTERS, S.M. & WEBB, D.A. (Eds.), 1964-80. *Flora Europaea. I-V*. Cambridge at the University Press.
- VALDÉS, B.; TALAVERA, S. & FERNÁNDEZ-GALIANO, E., 1987. *Flora Vascular de Andalucía Occidental. 1-3*. Ketres Editora S.A. Barcelona.

Variaciones en la composición florística de pastos mediterráneos motivadas por las precipitaciones

A. PUERTO¹, J.A. GARCÍA RODRÍGUEZ², D. FERRER CASTÁN², B. FERNÁNDEZ SANTOS² y C. MARTÍNEZ RUIZ³

¹Área de Ecología. Facultad de Ciencias Agrarias y Ambientales. Universidad de Salamanca. 37071 Salamanca (España). ²Área de Ecología. Facultad de Biología. Universidad de Salamanca. 37071 Salamanca (España).

³Área de Ecología. E.T.S.I.I.A.A. de Palencia. Universidad de Valladolid. 34071 Palencia (España).

RESUMEN: El objetivo del trabajo es conocer la respuesta florística de los pastos mediterráneos ante los cambios climáticos. Para ello, se han elegido 20 parcelas sometidas a intenso pastoreo, asentadas sobre suelos pobres (cambisoles dísticos sobre pizarras) y con las variantes de poca inclinación (10 parcelas) y fuerte inclinación (10 parcelas). Las parcelas fueron muestreadas durante un año seco y otro consecutivo húmedo. De esta forma, el muestreo abarca 40 comunidades, al superponerse las variables de inclinación y pluviosidad.

En la diferenciación florística de las comunidades, predomina la inclinación sobre la pluviosidad. Esto se debe a la influencia de algunas especies, de elevada cobertura tanto en año seco como en el húmedo, que pueden considerarse básicas en la composición de las comunidades. Sin embargo, durante el año húmedo el número de especies aumenta de forma evidente, tanto para las parcelas poco inclinadas como para las muy inclinadas, lo que supone cambios muy rápidos de la biodiversidad motivados por las precipitaciones.

Palabras clave: biodiversidad, inclinación, pastoreo.

Variation in floristic composition of mediterranean grasslands related to rainfall

SUMMARY: We aim is to analyse the floristic response in Mediterranean grasslands in relation to climate. 20 plots on poor soils (distic cambisols on slates) subjected to high grazing intensity were chosen, 10 of them in sites of low slope angle, and 10 in sites of high slope angle. All plots were sampled in a dry year and in the following year, which was humid. Thus sampling includes 40 communities due to the overlapping between slope angle and rainfall.

Variation in floristic composition is mainly related to slope angle. This is because of the influence of several species with high cover in both the dry and humid years. These species can be considered essential in determining the community composition. However, a significant increase in the number of species during the humid year was observed both in plots of low slope angle and plots of high inclination, indicating a strong variation in biodiversity related to rainfall.

Key words: biodiversity, grazing, slope angle.

INTRODUCCIÓN

En un sentido estricto, no existen ambientes estables. La estabilidad se define de forma comparativa, según que las variaciones interanuales sean de mayor o menor entidad. Dichas variaciones demuestran que hay especies más persistentes, lo que permite diferenciar comunidades en su aspecto más básico, mientras que otras son mucho menos constantes, y su presencia se debe a lo favorables, entre otras razones, que sean las condiciones del medio en un momento dado (Silvertown, 1980).

Cuando la estabilidad se relaciona con el clima, las fluctuaciones que experimenta el régimen pluviométrico adquieren una importancia fundamental. Las sequías prolongadas pueden reducir mucho el número de especies, de manera que la tendencia a que los años sean cada vez más secos se traduce en una simplificación de la vegetación (Tilman y El Haddi, 1992). Si se superponen otras causas, como fuerte pastoreo y laderas muy inclinadas, la pérdida de especies puede ser extrema.

En los pastos mediterráneos semiáridos, dadas sus características peculiares, los terófitos contribuyen de forma notable a la riqueza específica (Puerto *et al.*, 1990). Los cambios en las precipitaciones afectan sobre todo a estas especies, muchas de las cuales desaparecen durante los años secos y vuelven a encontrarse en

los húmedos. Dado que los años secos predominan sobre los húmedos, es posible que una tendencia generalizada hacia el aumento del desequilibrio (cambio climático) se traduzca en la pérdida de determinadas especies. No obstante, si se prescindiera de algunas observaciones, no hay datos lo suficientemente continuados y fiables para aceptar o rechazar dicha hipótesis.

El objetivo del trabajo es, por tanto, conocer los cambios florísticos que se producen entre un año seco y un año húmedo para las mismas parcelas de muestreo, sin pretender, de momento, extrapolar sobre causas más generales. Además, se trata de comunidades pobres, fuertemente pastoreadas, donde los efectos de los años lluviosos o de la sequía se dejan notar más, ya que la lluvia supone para las plantas librarse en parte de las fuertes condiciones de estrés a las que están sometidas. De la respuesta de las comunidades, se puede sacar alguna consecuencia sobre los efectos que podrían tener, en caso de producirse, épocas de sequía más prolongadas que las actuales.

MATERIAL Y MÉTODOS

El muestreo se llevó a cabo en el Centro-Este de la provincia de Salamanca (España), dentro de un área de unos 900 km² centrada en los 40° 45' de latitud N y el los 2° 10' de longitud W. Si bien se trata de pastos con encinas (*Quercus rotundifolia* Lam.), sólo se consideran los espacios alejados de los árboles.

La amplitud del área de estudio se debe al planteamiento. Se trataba de localizar 20 parcelas en el sector medio-alto de laderas que se encontraran sometidas a un pastoreo muy intenso por ganado vacuno. De estas laderas, 10 debían ser poco inclinadas (2-7° de pendiente) y las otras 10 presentar una inclinación acusada (pendiente de 16-28°). En particular, estas últimas no son abundantes, ya que en los pastos extensivos las laderas de fuerte pendiente y escasa producción son muy poco transitadas por el ganado y, por lo común, se suelen cubrir de matorral. La creciente división de las explotaciones en cercados rotativos, ha permitido contar con el número que se había fijado. En este sentido, la ganadería extensiva tiende a maximizar los recursos disponibles, volviéndose cada vez más semiextensiva, lo que permite un aprovechamiento mejor del pasto sin llegar a la estabulación.

A la posición de las parcelas en las laderas, se une que los suelos son cambisoles dístricos sobre pizarras, por lo que se trata de comunidades pobres, situadas a unos 950 m de altitud. El fuerte pastoreo acentúa más el carácter de pobreza, ya que ocasiona rasgos evidentes de degradación, particularmente en las parcelas muy inclinadas, tanto por su inclinación como por los efectos más severos que ocasiona el ganado (Milchunas y Lauenroth, 1993). No obstante, los síntomas erosivos se dejan sentir en todos los casos.

Para el muestreo de cada comunidad se han utilizado 25 unidades cuadradas de 0,5 x 0,5 m, en las que se anotó la cobertura de las especies presentes. La posición de dichas unidades fue marcada mediante dos espigas de madera de 12 cm de longitud, introducidas a ras del suelo, para poder efectuar repeticiones precisas durante el año siguiente. Los fallos en las repeticiones, al no haberse encontrado las espigas, suponen aproximadamente un 5% del total de las unidades de muestreo.

Aunque se esperaban diferencias climáticas entre años, lo cual es una regla generalizable para el clima mediterráneo, en este caso dichas diferencias superaron las expectativas. El primer año fue mucho más seco de lo normal, alcanzándose desde Julio del año anterior a Junio (en este último mes se realizaron los muestreos) sólo 269,2 mm de precipitación. Durante el segundo año la cifra se eleva a 572,8 mm, lo que permite hablar de un año seco y otro húmedo, ya que los valores medios habituales están en torno a los 500 mm. No obstante, se puede entender que las precipitaciones otoñales no afectan, o lo hacen en corta medida, al desarrollo en primavera de las herbáceas con ciclos breves de vida. Tomando las precipitaciones de Enero a Junio, se obtienen 131,0 mm para el año seco y 236,5 mm para el húmedo. A esto se une que la temperatura media durante este periodo del año seco fue de 10,5° C, mientras que en el húmedo queda en 8,8° C. Dichas temperaturas refuerzan las diferencias debidas a las precipitaciones. De esta forma, el muestreo abarca 20 comunidades en enclaves poco inclinados, procedentes del año seco y del año húmedo, y otras 20 en enclaves muy inclinados, también producto de la repetición durante los años seco y húmedo.

Para el tratamiento de los datos se utilizó el *detrended correspondence analysis* (DCA; Hill y Gauch, 1980) del programa CANOCO, versión 4 (ter Braack y Šmilauer, 1998), completándose mediante la componente de riqueza de la diversidad, lo que de hecho supone una medida de la biodiversidad.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Considerando las especies implicadas y sus coberturas, de la aplicación de DCA resulta que las mayores diferencias entre comunidades no se producen entre los años seco y húmedo (Figura 1; eje I). De hecho, la separación entre el año seco y el húmedo es lo que, en principio, cabría esperar, teniendo en cuenta el planteamiento y las diferencias en cuanto al número de especies que se comentarán posteriormente. Pero lo que se impone es la separación entre parcelas poco inclinadas y muy inclinadas.

Aunque el pastoreo intenso es general para ambos tipos de parcelas, los síntomas erosivos son más graves y la potencia edáfica menor para las muy inclinadas. Esto lleva a que tenga mayor importancia la capacidad de retención de agua que las precipitaciones, por lo que se presentan algunas especies dominantes básicas que parecen definitivas para que la disparidad entre el año seco y el húmedo quede relegada a una posición secundaria (eje II, al menos en parte). Así, en las parcelas poco inclinadas dominan, sobre todo, *Agrostis castellana* Boiss & Reuter, *Plantago subulata* L. y *Hordeum murinum* L., mientras que en las muy inclinadas lo hacen *Thymus zygis* L., *Leontodon taraxacoides* (Vill.) Mérat, *Scleranthus annuus* L. y *Filago vulgaris* Lam. Varias son terófitos de amplio espectro ecológico, pero en el análisis se decantan por unas comunidades determinadas. A ellas se podrían añadir otras especies que indican una tendencia más eutrófica con poca inclinación que con mucha, si bien son poco abundantes. Además, y también con escasa cobertura para la generalidad del análisis, hay 17 especies que sólo aparecen con poca inclinación (entre ellas, *Festuca gr. rubra*, *Trifolium subterraneum* L. y *Trifolium dubium* Sibth.) y sólo 3 que lo hacen con inclinación acusada. Cabe destacar que en ninguna de las parcelas muestreadas se produce la regeneración de las encinas, de manera que *Quercus rotundifolia* Lam. está ausente en los inventarios.

No obstante, en la Figura 1 se aprecia también un mayor parecido (mayor aproximación) entre las parcelas poco inclinadas y muy inclinadas durante el año húmedo que en el seco. Este hecho, se puede entender como una atenuación de las diferencias entre comunidades ante la desaparición, aunque sólo sea parcial, de un factor limitante de tanta importancia como es la disponibilidad de agua (Tilman y El Haddi, 1992).

Precisamente, para poner de manifiesto el alcance de dicha disponibilidad, el análisis general se ha dividido en dos análisis parciales, en los que se tienen en cuenta, por separado, las parcelas poco inclinadas y las muy inclinadas, en sus variantes año seco y año húmedo.

Para las parcelas poco inclinadas (Figura 2), se produce una separación muy neta, siguiendo el eje I, entre las comunidades propias del año húmedo y del seco. El eje II únicamente marca aspectos de heterogeneidad en ambas agrupaciones. En este caso, las especies dominantes básicas son las mismas, si bien se producen aumentos de *Agrostis castellana* Boiss & Reuter durante el año húmedo, mientras que *Plantago subulata* L. y *Hordeum murinum* L. quedan como más propias del año seco. Se añaden otras especies que ahora, al quedar restringidas a unas comunidades determinadas, pueden considerarse abundantes durante el año húmedo (*Trifolium dubium* Sibth., *Trifolium striatum* L. y *Plantago lanceolata* L.) o el seco (*Chamaemelum nobile* (L.) All. y *Logfia gallica* (L.) Cosson & Germ).

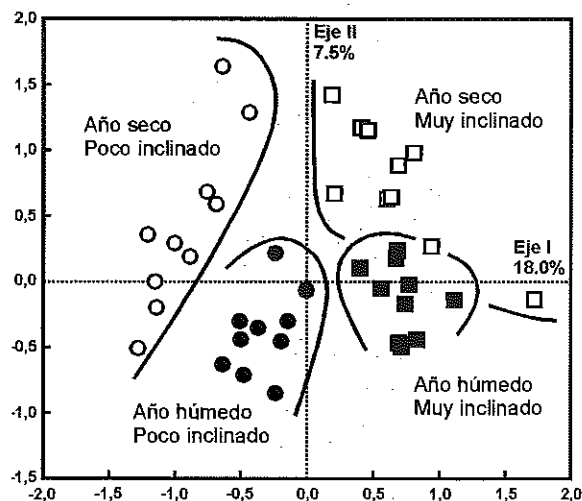


Figura 1. Diagrama de ordenación (DCA) para el total de las comunidades. En cada eje se indica el porcentaje de varianza absorbida.

- año seco, parcelas poco inclinadas;
- año húmedo, parcelas poco inclinadas;
- año seco, parcelas muy inclinadas;
- año húmedo, parcelas muy inclinadas.

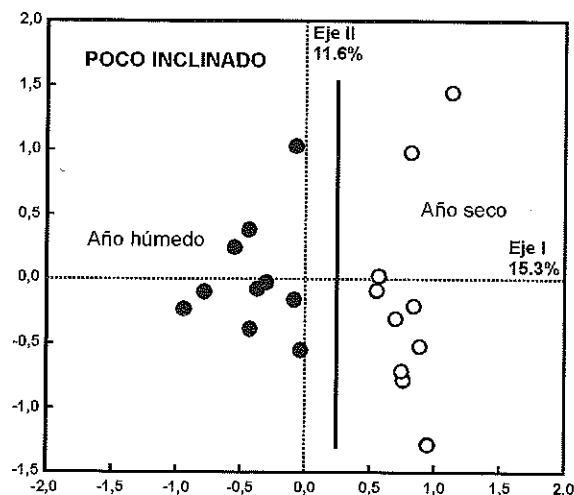


Figura 2. Diagrama de ordenación (DCA) para las parcelas poco inclinadas. Absorción de la varianza y símbolos como en la figura 1.

A pesar de estas diferencias, lo que más llama la atención es que para el total de parcelas durante el año seco se contabilizaron 34 especies (media=15,40; SD=1,51), mientras que en húmedo aparecieron 83 especies (media=43,00; SD=3,16), lo que implica una diferencia muy significativa de 49 especies (ANOVA: $F=621,00$; $P<0,001$). De esta diferencia se podría inferir el predominio de las precipitaciones sobre la inclinación que, como se ha comentado, no se produce por el mayor significado que tienen las especies dominantes. Cabe añadir que estas 49 especies son poco abundantes y nuevas para el año húmedo, ya que no hay ninguna especie que se presente sólo en el año seco. La pérdida de especies poco abundantes durante el año seco, concuerda con las apreciaciones de May y MacArthur (1972). De forma similar, los aparentes avances sucesionales de los que tratan Peco *et al.* (1983) obedecen a estas variaciones en el número de especies, que se producen de forma muy rápida, y que de hecho son desfases motivados por las características meteorológicas de los diferentes años.

En el caso de las parcelas muy inclinadas (Figura 3), la separación es menos clara en relación con el eje I. Se produce una cierta distorsión que está motivada por las dos comunidades de coordenadas más elevadas sobre dicho eje. En realidad, ambas comunidades corresponden a la misma parcela, muestreada durante el año seco y el húmedo. La abundancia en ellas de algunas especies, entre las que destaca *Chamaemelum nobile* (L.) All., impide la precisión del ajuste.

Si se eliminan estas dos comunidades, la segregación entre años es tan evidente como ocurre con las parcelas poco inclinadas (Figura 4). Pero las especies más abundantes en condiciones de humedad (*Leontodon taraxacoides* (Vill.) Mérat, *Aegylops geniculata* Roth y *Teesdalia coronopifolia* (J. P. Bergeret) Thell.) o de sequía (*Chamaemelum nobile* (L.) All., *Brachypodium distachyon* (L.) Beauv. y *Thymus zygis* L.) indican una disparidad de base motivada por la topografía, respecto a las parcelas poco inclinadas.

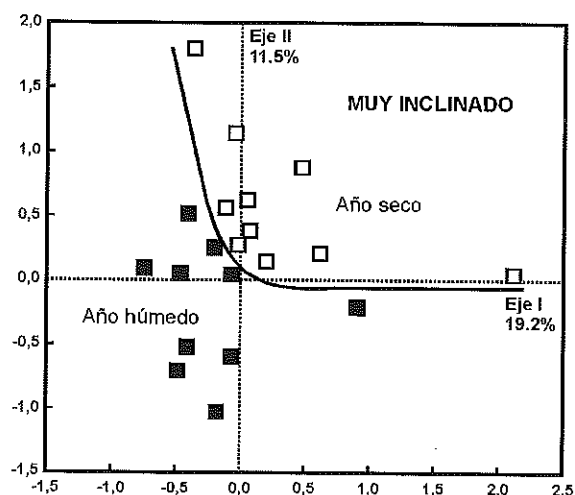


Figura 3. Diagrama de ordenación (DCA) para las parcelas muy inclinadas. Absorción de la varianza y símbolos como en la figura 1.

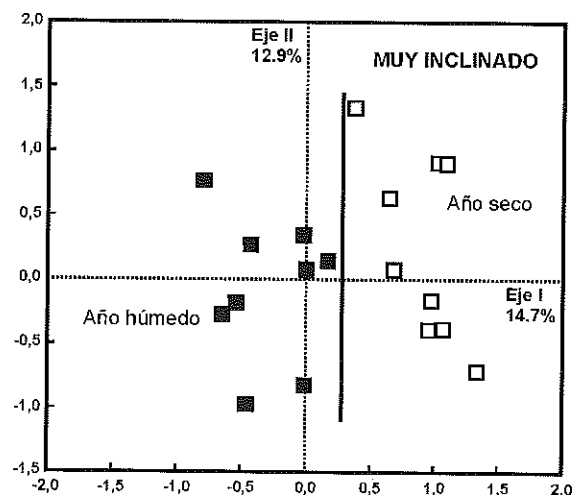


Figura 4. Diagrama de ordenación (DCA) para las parcelas muy inclinadas, una vez eliminadas las dos comunidades de coordenadas más elevadas sobre el eje I. Absorción de la varianza y símbolos como en la figura 1.

Dicha disparidad es menos aparente en cuanto al número de especies. Para todas las comunidades del año seco (incluidas las eliminadas en la Figura 4) aparecieron sólo 29 especies (media=12,30; SD=1,95), y en el año húmedo 69 (media=37,50; SD=4,06). Las cifras son algo más bajas que para las parcelas poco inclinadas, como cabía esperar, pero, con todo, la diferencia es de 40 especies (ANOVA: $F=313,00$; $P<0,001$). Como en el caso anterior, las 40 especies son nuevas para el año húmedo, de forma que el año seco no presenta ninguna especie propia.

En definitiva, y teniendo en cuenta la generalidad del análisis, se obtiene que ninguna especie aparece sólo en el año seco, que sólo hay una especie exclusiva de las parcelas muy inclinadas durante el año húmedo, pero se presenta de forma tan ocasional y con coberturas tan bajas que bien podría tratarse de un azar del muestreo, y que en las parcelas poco inclinadas, en el año húmedo, aparecen 14 especies que no se presentan en los casos anteriores. De esta manera, las comunidades en mejores condiciones acumulan la totalidad de las especies (salvo tres), lo que parece estar de acuerdo con los comentarios de Milchunas y Lauenroth (1993) sobre los efectos que tienen el pastoreo y las precipitaciones en una amplia gama de ambientes.

CONCLUSIONES

Si bien la inclinación del terreno se impone a las precipitaciones en la diferenciación de comunidades, no cabe duda que, respecto a la estructura, el régimen pluviométrico tiene mayor importancia. El año seco muestra una notable pérdida de especies, que se puede considerar generalizada, teniendo en cuenta la extensión de la zona de estudio. Durante el año húmedo el incremento de la biodiversidad de especies anuales es considerable. Al tratarse únicamente de dos años seguidos, cabe interpretar que la capacidad de reacción de los pastos mediterráneos es muy elevada, al ponerse de manifiesto, aunque sólo sea parcialmente, el banco de semillas del suelo. La continuidad de varios años húmedos daría lugar a procesos de competencia, por lo que algunas de las especies favorecidas ganarían espacio sobre las que demuestran ser más perdurables. Por el contrario, las sequías prolongadas proporcionan una base de especies, diferencial de acuerdo con la inclinación, que a pesar de su mayor cobertura supone un empobrecimiento severo de las comunidades vegetales, al menos de las sometidas a un pastoreo intenso.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- HILL, M. O.; GAUCH, H. G., 1980. Detrended correspondence analysis: an improved ordination technique. *Vegetatio*, **42**, 47-58.
- MAY, R. M.; MACARTHUR, R. H., 1972. Niche overlap as a function of environmental variability. *Proc. Nat. Acad. Sci.*, **69**, 1109-1113.
- MILCHUNAS, D. G.; LAUENROTH, W. K., 1993. Quantitative effects of grazing on vegetation and soils over a global range of environments. *Ecological Monographs*, **63(4)**, 327-366.
- PECO, B.; LEVASSOR, C.; CASADO, M. A.; GALIANO, E. F.; PINEDA, F. D., 1983. Influences météorologiques et géomorphologiques sur la succession de pâturages de thérophytes méditerranéennes. *Ecología Mediterránea*, **9**, 63-76.
- PUERTO, A.; RICO, M.; MATÍAS, M. D.; GARCÍA, J. A., 1990. Variation in structure and diversity in Mediterranean grasslands related to trophic status and grazing intensity. *J. Veg. Sci.*, **1(4)**, 445-452.
- SILVERTOWN, J., 1980. The dynamics of a grassland ecosystem: Botanical equilibrium in the park grass experiment. *J. Appl. Ecol.*, **17**, 491-504.
- TER BRAAK, C. J. F.; ŠMILAUER, P., 1998. *Canoco reference manual and user's guide to Canoco for Windows. Version 4*. Microcomputer Power, 351 pp. Itaca (U.S.A.)
- TILMAN, D.; EL HADDI, A., 1992. Drought and biodiversity in Grasslands. *Oecologia*, **89**, 259-264.

Cambios en la composición florística tras hidrosiembra en un ambiente semiárido

C. MARTÍNEZ-RUIZ¹, B. FERNÁNDEZ-SANTOS², J.A. GARCÍA² y A. PUERTO²

¹Área de Ecología, E.T.S.II.AA. de Palencia, Universidad de Valladolid, Campus 'La Yutera', Avda. de Madrid 44, 34004, Palencia. ²Área de Ecología, Facultad de Biología, Universidad de Salamanca, Campus Unamuno, 37007 Salamanca.

RESUMEN: El objetivo del estudio es comprobar si la hidrosiembra de una mezcla comercial de semillas influye sobre la dinámica sucesional temprana en una zona de clima mediterráneo semiárido, y si su influencia difiere según la orientación. Para ello se comparan cuatro series sucesionales de siete años de amplitud, construidas con taludes de estériles de uranio recubiertos con arcosas, que difieren en tratamiento (hidrosemebrados o no) y orientación (norte/sur). Los resultados indican que la hidrosiembra modifica inicialmente la composición florística, sobre todo en la orientación norte, pero no debido a la introducción de especies nuevas sino a la mejora temporal de las condiciones edáficas. Por eso su influencia se pierde muy pronto, y no parece interferir en la revegetación natural en el área de estudio. Cuando su efecto desaparece, edad y orientación pasan a ser, en este orden, los factores responsables de los cambios en la composición florística.

Palabras clave: escombreras mineras, revegetación natural e inducida, orientación, sucesión.

Changes in the floristic composition after hydroseeding in semiarid conditions

SUMMARY: The purpose of this study is to verify the influence of hydroseeding a standard seed-mixture on the early-term vegetation establishment in semiarid conditions, and whether it differs according to exposure. Four 7-yr-old successional series differing in revegetation treatment (hydroseeding or not) and exposure (north/south) are compared from a Spanish uranium-mine. Results suggest that hydroseeding modified the composition of plant community at early succession, markedly on the North slope. It was not due to the introduction of new species but rather to the temporal amelioration of 'soil' conditions. Its effect is therefore short lived and does not affect natural revegetation in the study area but simply accelerates it slightly. Once hydroseeding effect disappears, age and exposure become the main factors determining changes in floristic composition.

Key words: mine-spoils heap, natural and man-induced revegetation, aspect, succession.

INTRODUCCIÓN

La revegetación natural de la mayoría de las áreas mineras sucede lentamente, debido a las extremas características de los "suelos", y a las dificultades de las especies adaptadas para llegar (Ash *et al.*, 1994). Normalmente se desea un desarrollo más rápido de la vegetación por lo que se han emprendido diversas iniciativas para conseguirlo (p. e.: Brofas y Valerides, 2000; Piha *et al.*, 1995). Entre las técnicas de revegetación, la hidrosiembra de mezclas estandarizadas de semillas se ha convertido en una herramienta habitual para estabilizar laderas con fuerte pendiente (Albadalejo *et al.*, 2000; Brofas y Valerides, 2000). Pero, debido a la falta de conocimientos sobre el comportamiento de estas mezclas en condiciones semiáridas, los resultados de muchas iniciativas de este tipo son a menudo desalentadores. El objetivo de nuestro estudio es comprobar si la hidrosiembra de una mezcla de semillas influye en la dinámica sucesional de la vegetación sobre estériles de uranio recubiertos, y si su efecto depende de la orientación, en un clima mediterráneo semiárido.

MATERIAL Y MÉTODOS

La mina de uranio objeto de estudio se localiza en el suroeste de la provincia de Salamanca, cerca de Ciudad Rodrigo. El clima es Mediterráneo semiárido, según la clasificación de Emberger, con 499 mm de precipitación anual y pronunciada sequía estival. Los suelos son ácidos de textura franca, con predominio de cambisoles dístricos sobre pizarras (Dorronsoro, 1992). La vegetación es una dehesa de *Quercus ilex* subsp.

ballota con estrato herbáceo salpicado de matorral dominado por *Cytisus multiflorus*, utilizada hasta 1974 como pasto por vacas y ovejas con carga ganadera moderada.

Los estériles generados durante la extracción del uranio se almacenaron en diferentes escombreras con estratos de 25 m de altura y 37° de pendiente. En dos de ellas el estéril se recubrió con material más fino (arcosas) y en algunas partes de las mismas se aplicó hidrosiembra en otoño de 1989 y 1992, respectivamente. Por tanto en el mismo talud se pudieron encontrar dos partes bien diferenciadas, una hidrosembada y otra no, que siguieron un proceso de revegetación. Las arcosas comparten con el estéril la mayoría de las propiedades químicas, aunque sus valores de capacidad de intercambio catiónico y pH son más parecidos a los de los suelos de la dehesa (Martínez-Ruiz, 2000). La mezcla acuosa de la hidrosiembra contenía: 450 kg/ha de mulch de fibra corta, 300 kg/ha de fertilizante soluble 15:15:15, 400 kg/ha de fijador orgánico, 5000 millones/g de inóculo para leguminosas y 275 kg/ha de una mezcla comercial de semillas de gramíneas y leguminosas. El 70% en peso de las semillas lo constituían: *Festuca arundinacea*, *Lolium perenne*, *L. rigidum*, *Dactylis glomerata*, *Lupinus hispanicus* y *Medicago sativa* en una proporción 2:1:1:1:1; el resto de la mezcla contenía ocho especies en menores proporciones: *Avena sativa*, *Agrostis stolonifera*, *Poa pratensis*, *Lotus corniculatus*, *Trifolium repens*, *Retama shaerocarpa*, *R. monosperma* y *Cytisus scoparius*.

Mediante el muestreo sincrónico, repetido tres años seguidos (1994-1996), de ocho taludes de características similares, excepto en tratamiento (hidrosembada o no) y orientación (norte/sur), se reconstruyeron cuatro series temporales de 7 años de amplitud (Tabla 1). También se muestrearon dos zonas (norte y sur) en el pastizal no perturbado de la dehesa próxima (D), solamente en 1996, como referencia de la comunidad vegetal a la que tiende la sucesión en la zona. En cada talud se tomaron ocho inventarios cuadrados de 0,25 m², seleccionados al azar el primer año y fijados para el resto. Se tomó nota, en mayo, de la cobertura de todas las especies presentes en los 208 inventarios analizados. Al menos 162 especies de plantas vasculares de 27 familias distintas fueron contabilizadas e identificadas siguiendo *Flora Iberica* o *Flora Europea*.

Tabla 1. Taludes muestreados para construir las cuatro series temporales. Taludes impares hidrosembados en 1992 y taludes pares en 1989.

		TALUDES	EDAD (años)
Hidrosiembra	Norte	T 1	2 3 4
		T 2	5 6 7
	Sur	T 3	2 3 4
		T 4	5 6 7
No Hidrosiembra	Norte	T 5	2 3 4
		T 6	5 6 7
	Sur	T 7	2 3 4
		T 8	5 6 7

Los cambios en la composición florística se estimaron mediante el índice de similitud cuantitativa de Whittaker (1975). El análisis multivariante de tipo HJ-Biplot (Galindo, 1986) se aplicó para conocer el modo y orden en el que los factores de variación considerados (orientación, tratamiento, edad) contribuyen a determinar cambios en la composición florística de la comunidad, y a identificar las especies asociadas a ellos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los cambios en la composición florística con el tiempo muestran en las cuatro series un descenso en la velocidad de sustitución de las especies (Figura 1A), como se acepta de forma generalizada y en particular para el área de estudio (Martínez-Ruiz *et al.*, 2001). Sin embargo, no se han observado apenas diferencias entre las series según las condiciones, al contrario de lo observado para un periodo temporal más amplio (Martínez-Ruiz *et al.*, 2001).

La hidrosiembra parece modificar la composición de la comunidad vegetal al principio de la sucesión, como sugieren los bajos valores de similitud entre tratamientos encontrados a los 2 años (Figura 1B). Sin embargo, esta influencia es más evidente en la orientación norte, donde se da menor valor de similitud entre tratamientos a esa edad. El incremento de similitud florística entre tratamientos con el tiempo pone de manifiesto el efecto poco duradero de la hidrosiembra en el área de estudio. Por tanto, no es probable que haya interferido sensiblemente en el proceso natural de revegetación, ni siquiera en el norte. En todo caso parece haberlo acelerado ligeramente y más claramente en el norte, ya que la similitud florística entre el séptimo año y la dehesa es algo más alto en esas condiciones (Figura 1A). Independientemente del tratamiento y la orientación, el mero hecho de cubrir los estériles de uranio con arcosas acelera la revegetación natural en la zona, si se compara con el tiempo requerido para alcanzar para alcanzar un estadio avanzado sobre los mismos estériles sin recubrir (Martínez-Ruiz *et al.*, 2001).

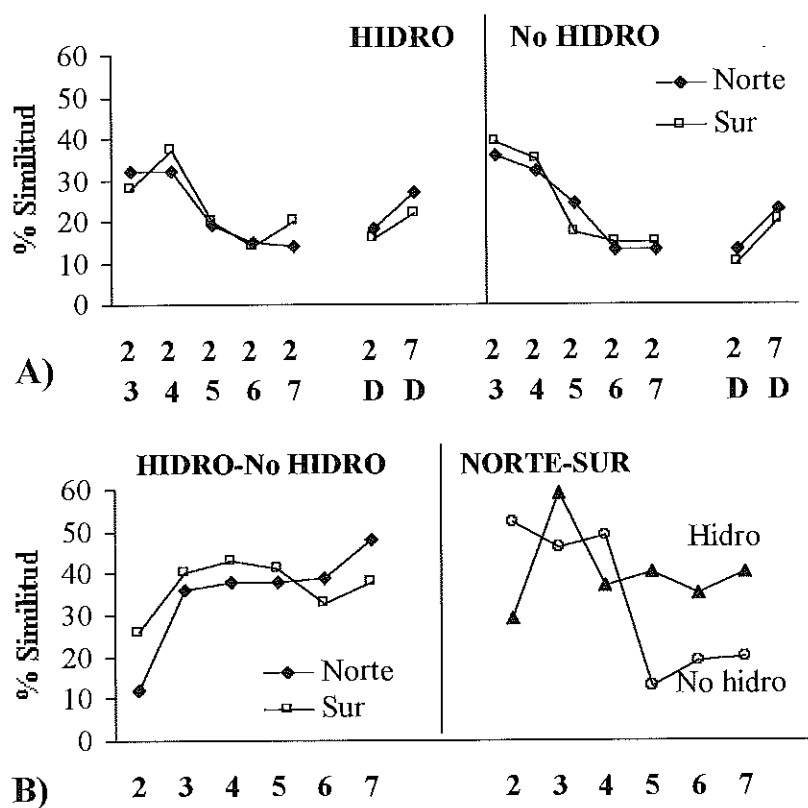


Figura 1.—Similitud florística cuantitativa. A) entre el segundo año y los siguientes incluyendo D (dehesa), y entre el séptimo y D, en las cuatro series. B) entre tratamientos para cada orientación, y entre orientaciones para cada tratamiento, en cada edad.

Los bajos valores de similitud entre orientaciones alcanzados a los dos años tras su aplicación (Figura 1B) confirman la diferente influencia de la hidrosiembra en la composición florística temprana según la orientación. La pérdida de similitud entre orientaciones a partir del tercer año en ambos tratamientos revela que a medida que pasa el tiempo es más patente la influencia de la orientación sobre la composición florística (Martínez-Ruiz *et al.*, 2001). No obstante, no es posible asociar especies a la orientación ni siquiera a los siete

años, probablemente debido al corto periodo temporal analizado. Los cambios en la composición florística con el tiempo debidos a la orientación son cualitativos, porque el número de especies en común disminuye (Martínez-Ruiz, 2000), pero también cuantitativos, porque sus valores de cobertura difieren cada vez más, debido a la diferente capacidad competitiva de las especies según la orientación (Martínez-Ruiz *et al.*, 2001).

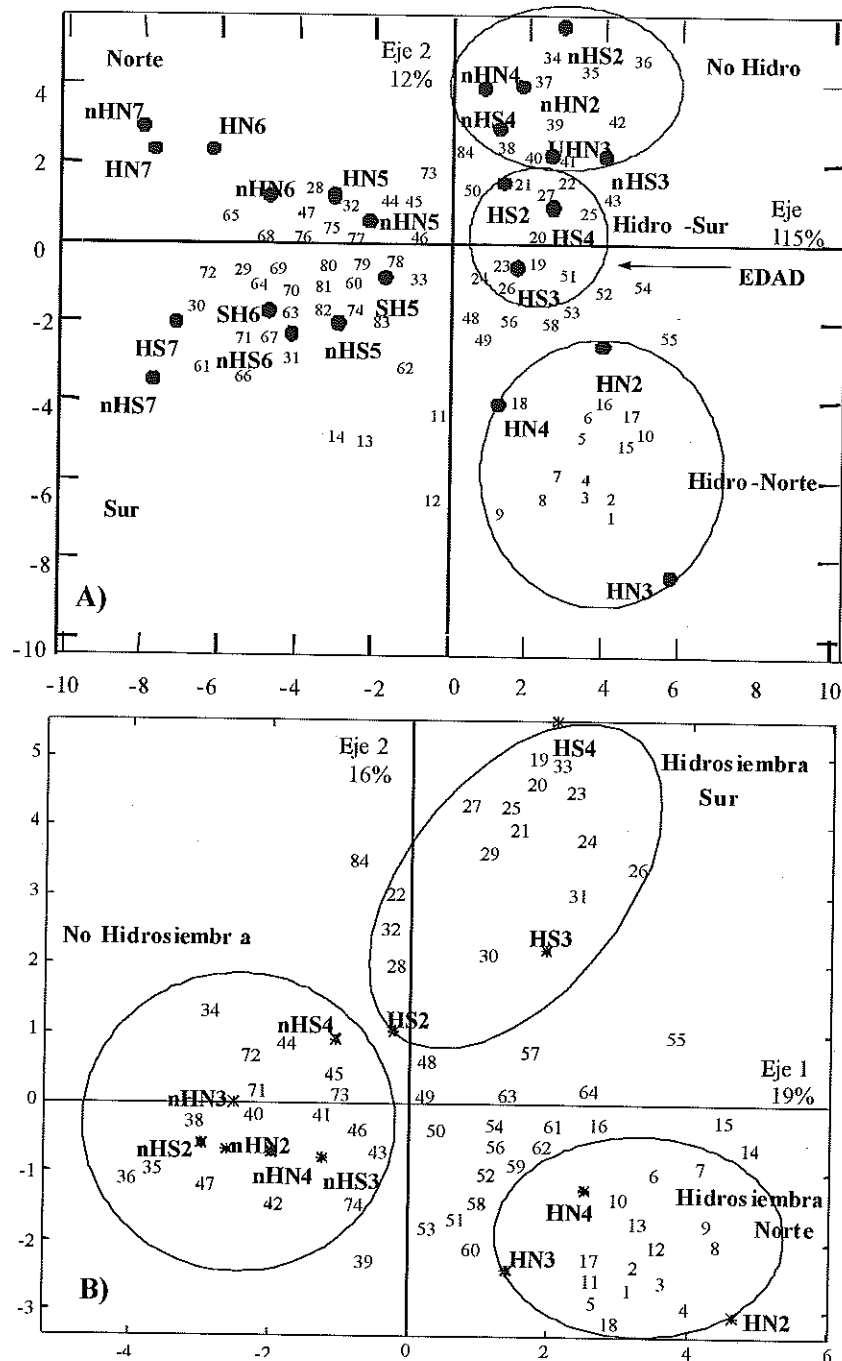


Figura 2.—A) Biplot correspondiente a todos los taludes. B) Biplot correspondiente a los taludes más jóvenes. Los números corresponden a las especies (ver Tabla 2). nH = no hidrosembrado; H = hidrosembrado; N = norte y S = sur; número final indica la edad.

Los resultados de los HJ-Biplot permiten determinar el orden en que los diferentes factores de variación contribuyen a la composición florística de las zonas. En el área de estudio, la edad es el primer factor, la orientación el segundo y el tercero la hidrosiembra aunque ligado a los otros dos, es decir, el efecto de la hidrosiembra es mayor en el norte y de vida muy corta. Por eso, cuando se aplica hidrosiembra las diferencias de composición florística entre orientaciones aparecen antes de lo que cabría esperar (Figura 2B), pero no permanecen. Una vez que el efecto de la hidrosiembra desaparece, edad y orientación se convierten en los principales factores que determinan cambios en la composición florística (Figura 2A). La Tabla 2 recoge las especies más importantes asociadas con diferentes combinaciones de tratamiento, orientación y/o edad. Llama la atención que sólo seis de las catorce especies introducidas en la hidrosiembra se han encontrado en los taludes. Las alóctonas *Lupinus hispanicus* y *Festuca arundinacea* están presentes hasta los 4 años, y *M. sativa* desde los cuatro a los 7 en ambas orientaciones. Las autóctonas, *Dactylis glomerata*, *Lolium perenne* y *L. rigidum* están presentes en todos los taludes todos los años, al igual que otras especies autóctonas no introducidas, tales como los números: 9-11, 15, 23, 26, 35, 50, 55, 57.

Tabla 2. Especies asociadas a cada tratamiento y/o orientación, en cada estadio. Entre paréntesis el n° que identifica cada especie en los Biplots y sus preferencias de orientación y tratamiento cuando es posible (N = Norte, S = Sur, H = Hidrosiembra).

ESPECIES ASOCIADAS A LAS EDADES JÓVENES (2-4 años)

Hidrosiembra Norte: *Raphanus raphanistrum* (1), *Vulpia myuros* (2), *Senecio gallicus* (3), *Holcus setigerrimus* (4), *Festuca arundinacea* (5), *Bellardia trixago* (6), *Bromus tectorum* (7), *Dactylis glomerata* (8), *Hypochoeris radicata* (9), *Rumex acetosella* (10), *Andryala integrifolia* (11), *Lathyrus angulatus* (12), *Bromus rigidus* (13), *Filago pyramidata* (14), *Cytisus multiflorus* (15).

Hidrosiembra Sur: *Biserrula pelecimus* (16), *Lavandula stoechas* (17), *Eryngium campestre* (18), *Lupinus hispanicus* (19), *Trifolium retusum* (20), *Echium plantagineum* (21), *Poa bulbosa* (22), *Trifolium striatum* (23), *Logfia gallica* (24), *Petrorhagia nanteuilli* (25), *Tolpis barbata* (26), *Medicago sativa* (27), *Trifolium gemellum* (28), *Plantago lanceolata* (29).

Sin hidrosiembra: *Chamaemelum mixtum* (30), *Spergularia rubra* (31), *Conyza* sp. (32), *Bromus mollis* (33), *Plantago coronopus* (34), *Trifolium arvense* (35), *Bromus rubens* (36), *Coronilla repanda* (37), *Sonchus oleraceus* (38), *Hymenocarpus cornicina* (39), *Chondrilla juncea* (40).

Indiferentes: *Vulpia ciliata* (41), *Crepis capillaris* (42), *Vulpia bromoides* (43), *Chamaemelum nobile* (44), *Lolium rigidum* (45), *Ornithopus compressus* (46), *Lactuca* sp. (47), *Avena sterilis* (48), *Plantago lagopus* (49), *Leontodon taraxacoides* (50), *Anthemis arvensis* (51), *Ornithopus perpusillus* (52), *Lolium perenne* (53).

Con otras preferencias: *Gaudinia fragilis* (54H), *Hymenocarpus lotooides* (55H), *Trifolium angustifolium* (56H), *T. glomeratum* (57S), *Cynodon dactylon* (58N), *Taeniatherum caput-medusae* (59N), *Agrostis castellana* (60N).

ESPECIES ASOCIADAS A EDADES INTERMEDIAS (5-6 años)

No presentes antes: *Papaver rhoeas* (61), *Sherardia arvensis* (62), *Alyssum granatense* (63), *Aegilops triuncialis* (64), *Galium parisiense* (65), *Linaria saxatile* (66), *Hordeum murinum* (67), *Centaurea ornata* (68).

Presentes desde el principio pero ahora con más cobertura: 12-15, 24, 28, 29, 36, 37, 42, 47-49, 58, 60.

ESPECIES ASOCIADAS CON LAS EDADES MÁS VIEJAS (7 años)

No presentes antes: *Rumex induratus* (69), *Carduus tenuiflorus* (70), *Vicia benghalensis* (71), *Anarrhinum bellidifolium* (72), *Papaver hybridum* (73), *Galium aparine* (74).

Presentes desde el principio pero ahora con más cobertura: 25-27, 38, 39, 50, 51.

Especies identificadas según *Flora Iberica*: 1, 10, 12, 15, 16, 18-20, 23, 25, 27, 28, 31, 35, 37, 39, 46, 52, 55-57, 61, 63, 69, 71, 73. El resto según *Flora Europaea*.

CONCLUSIONES

La hidrosiembra aplicada en el área de estudio ha tenido inicialmente un efecto diferencial según la orientación sobre la composición florística de la comunidad vegetal, incrementando las diferencias entre tratamientos en la orientación norte.

Su influencia sobre la composición florística no se ha debido a la introducción de especies nuevas, que no logran prosperar a no ser que sean autóctonas, sino más bien a la mejora temporal de las condiciones del sustrato (fertilización, riego). Por eso su influencia es de corta vida.

Una vez que el efecto de la hidrosiembra desaparece, edad y orientación pasan a ser, en ese orden, los principales factores que determinan cambios en la composición florística de la comunidad vegetal sobre estériles de uranio.

AGRADECIMIENTOS

Gracias al Departamento de Estadística de la Universidad de Salamanca por la realización de los análisis HJ-Biplot, en especial a M^a José Fernández Gómez.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBADALEJO, J.; ÁLVAREZ, J.; QUEREJETA, J.; DÍAZ, E.; CASTILLO, V., 2000. Three hydro-seeding revegetation techniques for soil erosion control on anthropic steep slopes. *Land Degradation and Development*, **11**, 315-325.
- ASH, H. J.; GEMMELL, R.P.; BRADSHAW, A.D., 1994. The introduction of native plant species on industrial waste heaps: a test of immigration and other factors affecting primary succession. *Journal of Applied Ecology*, **31**, 74-84.
- BROFAS, G.; VARELIDES, C., 2000. Hydro-seeding and mulching for establishing vegetation on mining spoils in Greece. *Land Degradation and Development*, **11**, 375-382.
- DORRONSORO, C. F., 1992. Suelos. En: *El libro de las dehesas salmantinas*, 487-542. Coord. J. M. Gómez. Junta de Castilla y León, Salamanca.
- GALINDO, M. P., 1986. Una alternativa de representación simultánea: HJ-Biplot. *Questiio*, **10**, 13-23.
- MARTÍNEZ -RUIZ, C., 2000. *Dinámica de la recuperación de zonas alteradas por movimientos de tierra: sucesión vegetal y clasificación de especies según su actividad colonizadora*. Tesis Doctoral nº 50 "Colección Vitor", Publicaciones de la Universidad de Salamanca, 527 pp. Salamanca.
- MARTÍNEZ-RUIZ, C.; B. FERNÁNDEZ-SANTOS, B.; GÓMEZ, J.M., 2001. Effects of substrate coarseness and exposure on plant succession in uranium-mining wastes. *Plant Ecology*, **155(1)**, 79-89.
- PIHA, M.I.; VALLACK, H.W.; REELER, B.M.; MICHAEL, N., 1995. A low input approach to vegetation establishment on mine and coal ash wastes in semi-arid regions. I. Tin mine tailing in Zimbabwe. *Journal of Applied Ecology*, **32**, 372-381.
- WHITTAKER, R. H., 1975. *Communities and Ecosystems*. McMillan, 385 pp. New York.

Cambios en la composición florística de un pastizal de Tenerife debido al aumento de la carga caprina

E. CHINEA¹, R. MESA², J.R. ARÉVALO³ y E. BARQUÍN¹

¹Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agraria (ULL). C. de Geneto, nº 2. 38204 La Laguna. Tenerife (Canarias). España. Email: echinea@ull.es. ²Centro de Planificación Ambiental. Viceconsejería de Medio Ambiente (GAC). ³Depto. de Ecología (ULL).

RESUMEN: Las zonas de pastos de Tenerife representan una proporción muy baja con respecto al total de la isla (menos de un 1%), sin embargo incluyen algunas de las comunidades más ricas en especies. Estas comunidades han sido poco estudiadas en parte por la inaccesibilidad de las zonas que ocupan. Los pastos de Tenerife se encuentran bajo un manejo de pastoreo con cabras, cuya carga ha aumentado más de un 100% en los últimos diez años. Diversos estudios han demostrado que el pastoreo tradicional en áreas protegidas mejora el control sobre las especies vegetales invasoras, así como la biodiversidad global. Ocasionalmente ocurre que la supresión del pastoreo tradicional en zonas protegidas de montaña, ha supuesto disminución de aquellas especies que se querían proteger, mientras que otras veces ha sido efectiva. Este tipo de pastoreo puede constituir una herramienta más para la gestión ambiental de zonas protegidas. Se estudia la composición florística de los pastos durante los años 1992, 1993, 1994 y 1999. Se inventariaron un total de 68 especies. De ellas, 15 corresponden a Gramíneas, 23 a Leguminosas, y las restantes 31 a otras familias. Los resultados muestran cambios menores de composición aunque se detecta un favorecimiento de especies con mayor contenido en proteínas que relacionamos con el aumento de la carga caprina del sistema.

Palabras clave: DCA, riqueza específica, manejo sostenible, ecología de pastos.

Species composition changes in a grasslands of Tenerife due to an increase in the goat grazing intensity

SUMMARY: Grasslands on Tenerife island represent only a small proportion of the total area of the island (less than 1%), but they are one of the communities with the highest species richness. This community has been understudied, mostly due to the inaccessibility of the area. Tenerife grasslands are under a goat grazing management system, and the numbers of goats has increased by 100% in the last ten years. The effect of grazing on the structure and species composition of grasslands is well known, favoring the control of exotic species and the total biodiversity. Sometimes the effect of this management on the species that is desirable to protect is negative. We designed an experiment to reveal changes in species composition. We studied this community during four samplings periods (1992, 1993, 1994 and 1999). We detected a total of 68 species, 15 of them being graminoids, 23 leguminous and the rest from other families. The results revealed an average species richness decrease in the plots. We suggest that the decrease in species richness is related to the increase in the number of goats in the area.

Key words: DCA, species richness, prairie management, grasslands ecology.

INTRODUCCIÓN

Las zonas de pastos en las Islas Canarias son de pequeña extensión, lo que puede ser una de las causas que haya determinado el poco interés que han despertado entre los ecólogos vegetales. Debido a ello, su estructura y dinámica es prácticamente desconocida, ello a pesar de que es una de las comunidades vegetales más ricas (Izquierdo *et al.*, 2001), algo atribuible a su historia, manejo y dinámica. En Tenerife, los pastos están prácticamente restringidos a la zona de Teno, mostrando una estructura fragmentada (Barquín y Chinaea, 1991). Hoy en día, los usos humanos que se le dan a estos pastos han adquirido un interés etnográfico.

El número de cabras en esta zona ha aumentado un 100% en los últimos 10 años (1990-1999, Chinaea *et al.*, 2001). Un aumento en la intensidad de pastoreo del sistema tiene efectos bien conocidos, aunque de resultados irregulares (Kiehl *et al.*, 1996). La hipótesis principal de este trabajo es que el aumento en la carga

caprina ha provocado cambios en la composición específica del sistema. Nuestro interés se vuelca más en el efecto que tendría el aumento de la intensidad de pastoreo sobre la composición específica del pasto más que en una especie en particular (cuyos cambios pueden venir dados por variables climáticas). Creemos que los resultados de este estudio pueden ayudar en la toma de decisiones de gestión de estos pastos enmarcados dentro del Parque Rural de Teno.

MATERIAL Y MÉTODOS

El área que se estudia en este trabajo es la Meseta de Teno, localizada en el extremo noroeste de la isla de Tenerife (Islas Canarias), y dentro del Parque Rural de Teno (Ley 12/1994 de Espacios Naturales de Canarias) (Figura 1). Se extiende entre los 500 y los 900 msnm, tiene una superficie de unos 5 km², con pendiente

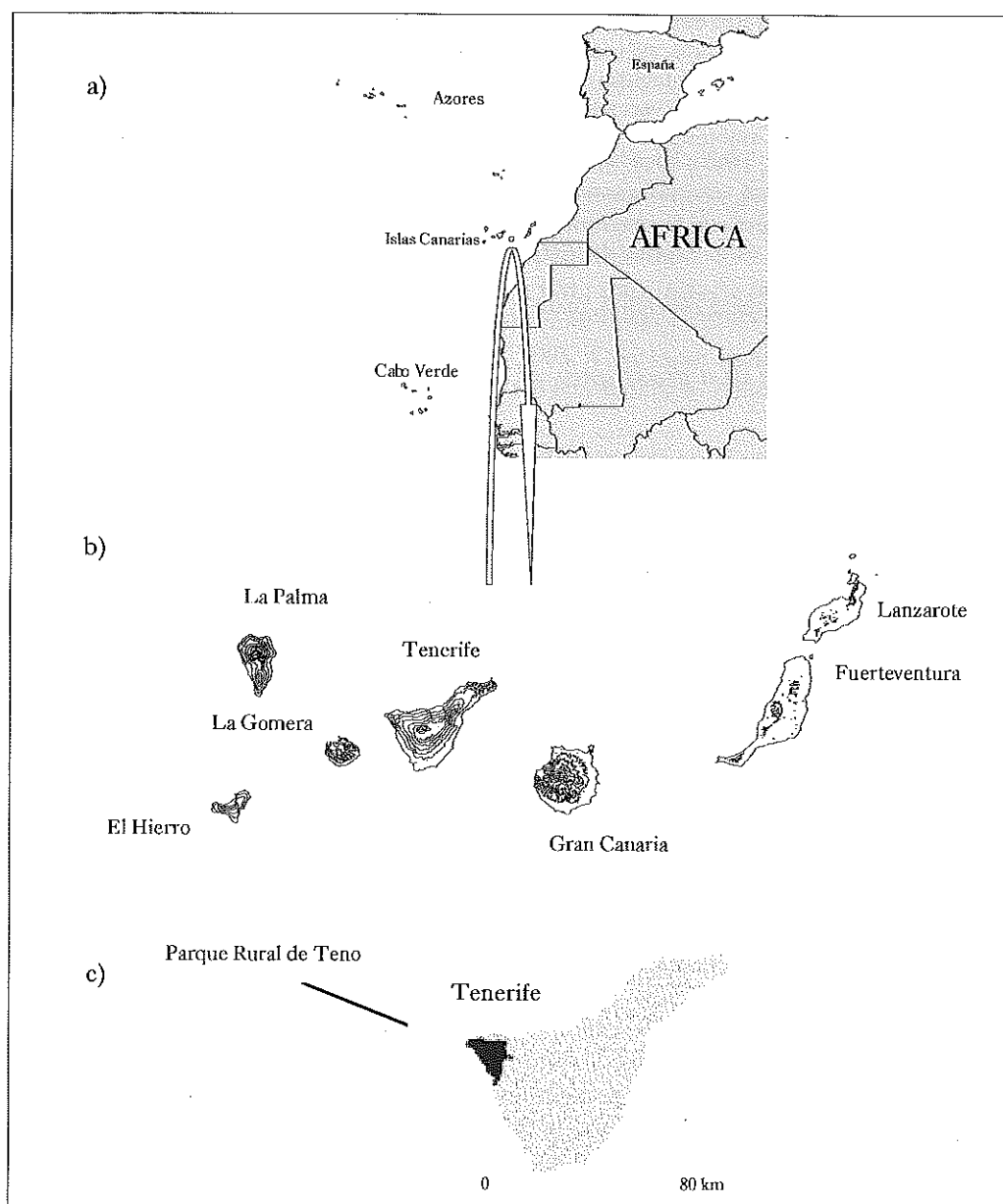


Figura 1.- a) Localización de Tenerife con respecto a África b) Archipiélago Canario, c) localización de la zona de estudio

moderada (10%), de la que un 50% es pasto de invierno. El clima local es de tipo mediterráneo, con fuerte componente oceánica, sin heladas y con veranos frescos y húmedos. Las lluvias se concentran durante la época más fría, entre octubre-abril; y el viento sopla con bastante frecuencia e intensidad a lo largo de todo el año. Los suelos son muy antiguos, y sólo parte de ellos han sido renovados por erupciones volcánicas más recientes. Se seleccionaron diez estaciones de muestreo (Tabla 1), representativas de las zonas de pastoreo y emplazadas en las diferentes vertientes de la Meseta.

Tabla 1. Nombre y localización de las diez estaciones de muestreos estudiadas.

Estación	Orientación	Altitud (m)	Longitud	Latitud
La Mesita	S	800	13°10'50"	28°19'50"
Caserío de Teno	N	650	13°10'40"	28°20'10"
Puerto Malo	N	625	13°10'50"	28°20'30"
Roque de la Cruz	N	690	13°10'54"	28°20'43"
La Mulata	N	660	13°11'08"	28°20'46"
Montaña del Vallado	N	690	13°11'09"	28°20'12"
Vallado	N	600	13°11'22"	28°20'13"
Las Cuevas	N	625	13°11'48"	28°20'18"
Los Partidos	S	595	13°12'25"	28°20'10"
Matoso	S	620	13°11'48"	28°19'48"

La toma de muestras se realizó en cada una de las diez estaciones representativas elegidas, en los años 1992, 1993, 1994 y 1999. Se tomaron como superficies de muestreo dos cuadrados contiguos de 0,5 m de lado. Uno de ellos se dedicó al estudio de la producción y de la composición florística, y el otro al estudio de la composición química de los pastos. La recogida de material se hizo de una sola vez, entre marzo-abril de cada año, segando la masa vegetal a ras del suelo. Las muestras vegetales cortadas se introdujeron en bolsas de plástico, y se trasladaron al laboratorio donde se identificaron las diferentes especies.

Las técnicas de ordenación ayudan a explicar la variación de las comunidades (Gauch, 1982) y pueden ser usadas para evaluar tendencias en el tiempo al igual que en el espacio (ter Braak y Šmilauer, 1998). Se usó un análisis de correspondencia corregido (DCA; Hill y Gauch, 1980, usando CANOCO; ter Braak y Šmilauer, 1998) para reconocer de qué forma varía la composición específica a través del espacio y el tiempo. Los análisis se basan en la presencia de especies en las parcelas de 0,5m de lado levantadas en las diez zonas seleccionadas. Utilizamos un ANOVA (análisis de la varianza $P < 0,05$) para determinar la diferencia en el número de especies en los cuatro periodos temporales analizados. Para los análisis estadísticos seguimos a Zar (1984) y los análisis fueron implementados utilizando SPSS (SPSS 1986).

RESULTADOS

Las parcelas no muestran una alta variación en altitud (variando entre 595-800 m) ya que todas se encuentran localizadas en la Meseta de Teno (Tabla 1). Durante todo el periodo de muestreo llegamos a encontrar 68 especies. Los mayores valores de importancia (calculados como el porcentaje de aparición de la especie en las 40 parcelas) fueron para *Phalaris caerulea* (52,5%), *Trachynia distachya* (57,5%), *Bromus rigidus* (40%), *B. hordeaceus* (37,5%) y *Avena sterilis* (40%). El resto de las especies no tenía un valor superior al 30%. Más del 50% de las especies apareció tan sólo una o dos veces a lo largo de los cuatro años de muestreo.

El número de especies disminuyó de forma significativa durante los muestreos (resultado del análisis de la varianza, $n=40$, $F=4,52$; $P < 0,01$) desde casi 10 especies de media en 1994 a menos de 6 en el año 1999 (7,6; 9,9; 6,7 y 5,4 como número medio de especies para 1992, 1993, 1994, y 1999, respectivamente).

La discriminación de los distintos períodos de muestreo basándonos en la riqueza específica no es aparente cuando utilizamos el DCA. Podemos ver como el período de 1994 muestra una mayor variabilidad (el polígono que lo engloba es el mayor de los cuatro polígonos correspondientes a los períodos) (Figura 2). El espacio bidimensional que forman los dos ejes del DCA muestra que existe una alta riqueza específica y beta diver-

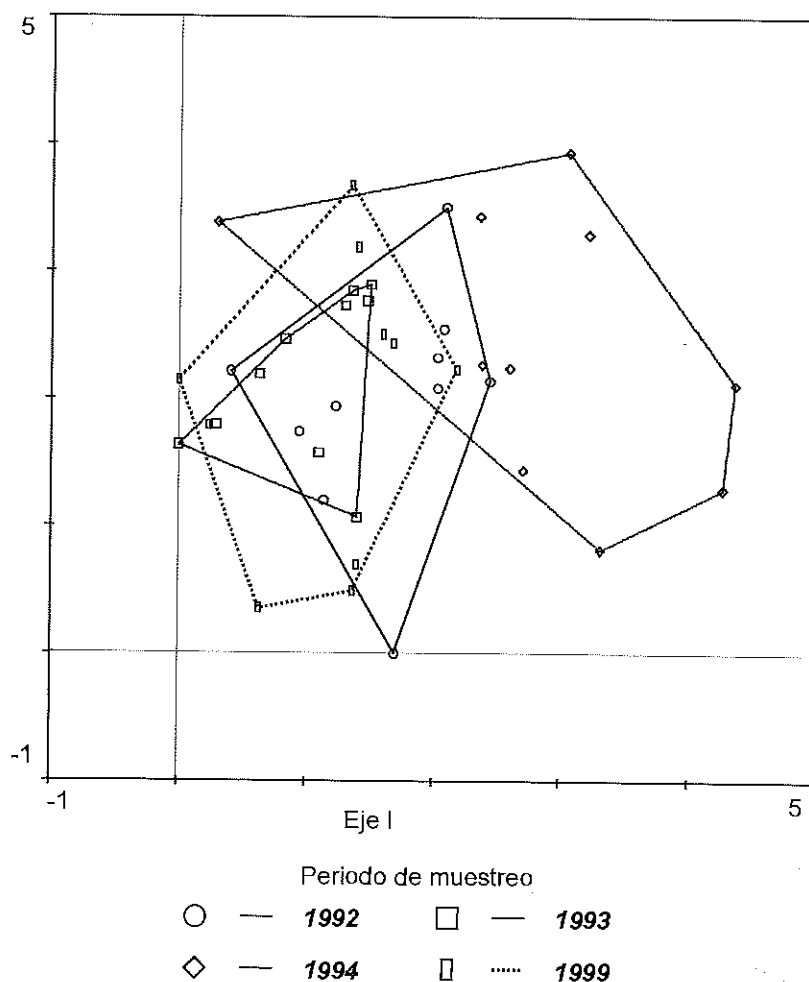


Figura 2.—Análisis de correspondencia corregido (DCA) en las parcelas en los diferentes años de muestreo. Las coordenadas de las parcelas del mismo año se encuentran englobada en el mismo polígono. Valor propio para eje I: 0,56, valor propio para eje II: 0,45, porcentaje acumulado de la varianza para los ejes I y II: 12,8 %. Los círculos englobados en línea negra son parcelas pertenecientes a 1992, cuadrados con línea punteada gruesa 1993, rombos con línea fragmentada 1994 y rectángulos con línea de puntos fina 1999.

sidad (algo que podemos relacionar con la longitud de los ejes). La longitud del eje DCA-I es de 5 (desviaciones estándar en unidades del DCA) y esta longitud indica que muchas parcelas no comparten ninguna especie en común. Podemos detectar un gradiente que va desde *Calendula arvensis*, *Erodium sp.* y *Hirschfeldia incana* hasta *Scorpiurus sp.*, *Bromus sp.* y *Trifolium tomentosum* a lo largo del eje I. Este último grupo de especies los relacionamos con especies con un mayor contenido proteínico (China *et al.*, 2001) (Figura 3).

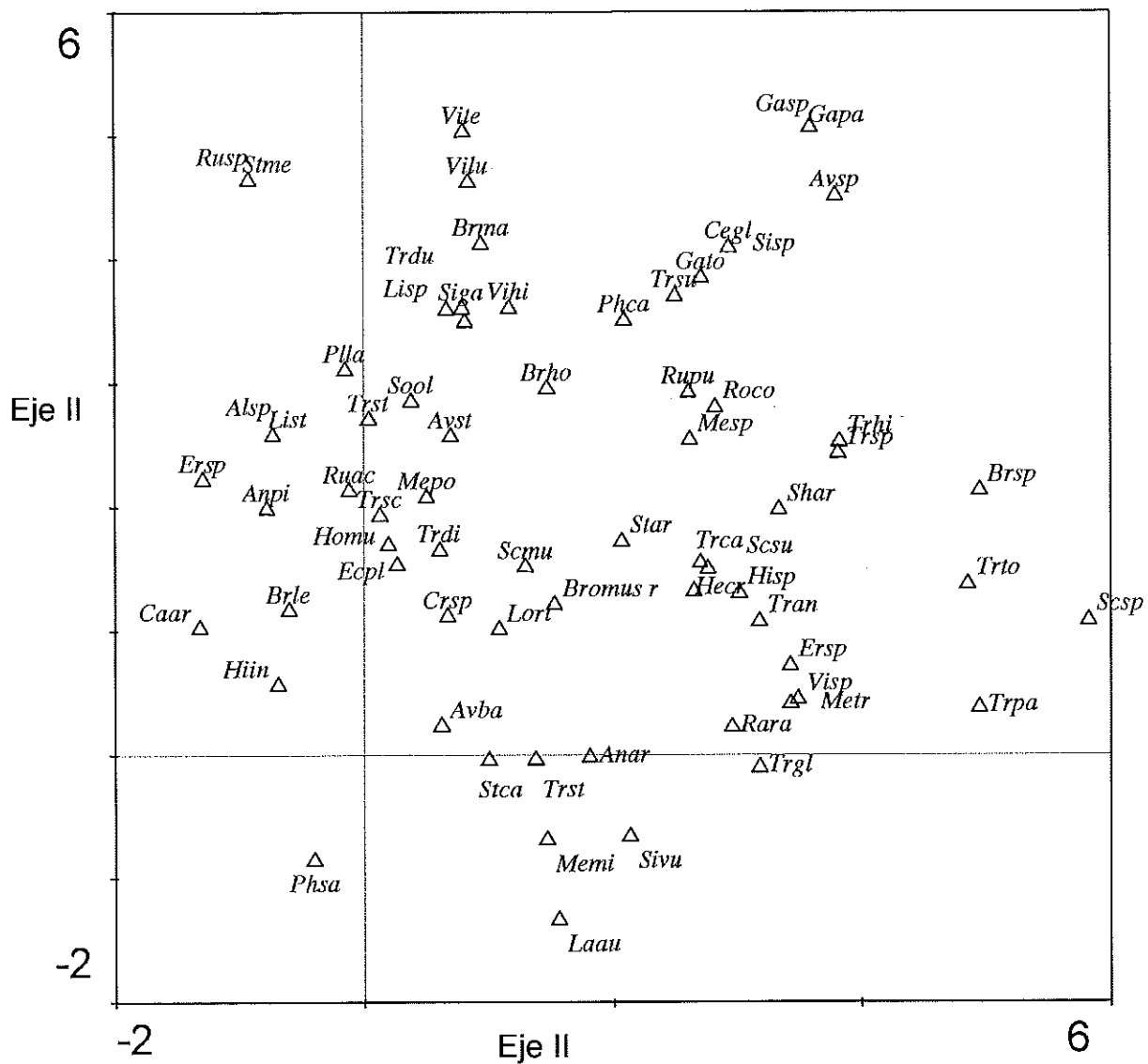


Figura 3.—Coordenadas DCA par alas especies. Las especies se encuentran etiquetadas usando las dos primeras palabras del género y las dos primeras del epíteto específico: *Trachymia distachya*, *Trifolium tomentosum*, *Phalaris caeruleascens*, *Trifolium lirtum*, *Avena sterilis*, *Trifolium angustifolium*, *Bromus hordeaceus*, *Scorpiurus sulcatus*, *Bromus rigidus*, *Medicago minima*, *Trifolium subterraneum*, *Medicago sp.*, *Hedypnois cretica*, *Vicia hirsuta*, *Galactites tomentosa*, *Vicia sp.*, *Trifolium spp.*, *Vicia lutea*, *Lolium rigidum*, *Rumex acetosella*, *Rumex pulcher*, *Linum sp.*, *Avena barbata*, *Andryala pinnatifida*, *Scorpiurus muricatus*, *Anagallis arvensis*, *Trifolium scabrum*, *Romulea columnae*, *Medicago polymorpha*, *Avena sp.*, *Echium plantagineum*, *Lamarckia aurea*, *Raphanus raphanistrum*, *Trifolium striatum*, *Silene vulgaris*, *Scorpiurus sp.*, *Plantago lagopus*, *Vicia tetrasperma*, *Bromus sp.*, *Rumex sp.*, *Hordeum leporinum*, *Allium sp.*, *Hordeum murinum*, *Linum strictum*, *Trifolium dubium*, *Stachys arvensis*, *Medicago truncatula*, *Silene sp.*, *Silene gallica*, *Briza maxima*, *Calendula arvensis*, *Trifolium campestre*, *Crepis sp.*, *Trifolium stellatum*, *Stellaria media*, *Erodium sp.*, *Sherardia arvensis*, *Sonchus oleraceus*, *Eruca vesicaria*, *Hirschfeldia incana*, *Galium sp.*, *Stipa capensis*, *Galium parisiense*, *Trisetum paniceum*, *Phagnalon saxatile*, *Trifolium glomeratum*, *Cerastium glomeratum*.

DISCUSIÓN

En estudios previos (Lepš *et al.*, 1995) ha quedado establecido el importante efecto que tiene el pastoreo de cabras en la composición específica y la productividad. Debido a ello, existen trabajos en que proponen este manejo como una técnica sobre el control de especies exóticas (Riggs *et al.*, 1990). Sin embargo, el número de estudios que existen en esta línea son reducidos y a veces ofrecen resultados contradictorios. Los pastizales pastoreados de Teno están dominados por cinco especies de gramíneas, formando prácticamente la estructura de este tipo de pasto. Hay 63 especies más que están presentes en las parcelas estudiadas. A pesar del pequeño espacio que ocupan los pastizales en Tenerife (menos de 1 %), éstas representan unas de las comunidades más ricas en especies y a la vez menos estudiadas.

Nuestro estudio sobre la variabilidad temporal ha mostrado una reducción en el número de especies que encontramos a esta pequeña escala desde 1992 a 1999. Podríamos relacionar esta caída en el número de especies con un aumento de la presión caprina sobre los pastos (que aumentó un 100% en los últimos 10 años). Sin embargo, cuando aumentamos el estudio al nivel de comunidad de plantas, los resultados muestran que los cambios que se producen en la composición están más relacionados con otros aspectos diferentes al del período temporal en el que se realizó el muestreo (Figura 2). Parece ser que la composición del pastizal viene afectada por multitud de factores, como muestra la escasa variabilidad específica que recoge el eje I del DCA (7,1%). Este aspecto hace difícil predecir la dirección de los cambios futuros de la composición específica. Aunque el pastoreo con cabras se ha considerado con una herramienta útil para el manejo (Verdú *et al.*, 2000), también es cierto que el sobrepastoreo puede producir efectos opuestos a los deseados (Zahedi y Ejtehadi, 1996).

CONCLUSIONES

Si el manejo actual al que se están sometiendo al pastizal de Teno persiste, nuestros resultados indican una reducción en el número de especies a pequeña escala, lo que puede ser que algunas especies se vuelvan más raras y dispersas. Sin embargo, no podemos concluir por estos resultados que ninguna especie pueda entrar en una situación de peligro. Por todo ello consideramos que el manejo que se le están dando al pastizal es sostenible a pequeña y larga escala temporal, pero una reducción del número de cabras (similar a las del comienzo del período de muestreo) debería ser considerada, o por otro lado, también se podría incidir en la recuperación de algunas zonas para el pastoreo manteniendo la misma cabaña caprina. Creemos, como muestran numerosos resultados en otros pastizales (Bai *et al.*, 2001) que el mantenimiento del un régimen de pastoreo ayuda al mantenimiento de la estructura y composición específica del sistema.

AGRADECIMIENTOS

Al Excmo. Cabildo Insular de Tenerife (Parque Rural de Teno) por la financiación del proyecto.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAI, Y.; ABOUGUENDIA, Z.; REDMANN, R.E., 2001. Relationship between plant species diversity and grassland condition. *J. Range. Manage.*, **54**, 177-183.
- BARQUÍN, E.; CHINEA, E., 1991. La meseta de Teno, Tenerife (Canarias), estudio de un ecosistema singular explotado mediante procedimientos tradicionales. En: *Actas de XXXI Reunión Científica de la SEEP*. Murcia, 384-388.
- CHINEA, E.; BARQUÍN, E.; AFONSO, C.; BELTRAN, R., 2001. Pastos de la Meseta de Teno, Tenerife. II. Calidad y Producción. En: *Actas de XLI Reunión Científica de la SEEP*. Alicante, 593-597.
- GAUCH, H.G. JR., 1982. *Multivariate analysis in community ecology*. Cambridge University Press, Cambridge. 298 pp.

- HILL, M.O.; GAUCH, H.J. JR., 1980. Detrended Correspondence Analysis: an improved ordination technique. *Vegetatio*, **42**, 47-58.
- IZQUIERDO, I.; MARTÍN, J.L.; ZURITA, N.; ARECHAVALETA, M., 2001. *Checklist of Canarian wild species (fungi, plants, and animals)*. Consejería de política territorial y medio ambiente de Canarias. S/C de Tenerife, 437 pp.
- KIEHL, K.; EISCHEID, I.; GETTNER, S.; WALTER, J., 1996. Impact of different sheep grazing intensities on salt marsh vegetation in northern Germany. *Journal of Vegetation Science*, **7**, 99-106.
- LEPŠ, J.; MICHÁLEK, J.; KULIŠEK, P.; UHLÍK, P., 1995. Use of paired plots and multivariate analysis for the determination of goat grazing preference. *Journal of Vegetation Science*, **6**, 37-42.
- RIGGS, R.A.; URNESS, P.J.; GONZÁLEZ, K.A., 1990. Effect of domestic goat on deer wintering in Utah oakbush. *J. Range Manage.*, **43**, 229-234.
- SPSS. 1986. SPSS/PC + V.6.0. *Base manual*. SPSS Inc., Chicago, IL. 276 pp.
- TER BRAAK, C.J.F.; ŠMILAUER, P., 1998. *CANOCO Reference manual and user's guide to Canoco for Windows: Software for canonical community ordination (version 4)*. Microcomputer Power. Ithaca, NY. 352 pp.
- VERDÚ, J.R.; CRESPO, M.B.; GALANTE, E., 2000. Conservation strategy of a nature reserve in Mediterranean ecosystems: The effects of protection from grazing on biodiversity. *Biodiversity and Conservation*, **9**, 1707-1721.
- ZAHEDI, P.H.; EJTEHADI, H., 1996. Grazing effects on diversity of rangeland vegetation: A case study in Mouteh Plain, Iran. *Acta Botanica Hungarica* **40**: 271-280
- ZAR, J.H., 1984. *Biostatistical analysis*. 2nd ed. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ. 718 pp.

Efecto de la biodiversidad en las comunidades vegetales durante la transformación y cambio de uso de tierras agrícolas

I. SANTA REGINA, J. ÁLVAREZ, A. PEIX, J.M. IGUAL y C. RODRÍGUEZ-BARRUECO.

Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología - C.S.I.C.; Cordel de Merinas 40-52. Apdo. 257. 37071 Salamanca.

RESUMEN: En esta comunicación se examina si la manipulación de la diversidad influye sobre la sucesión natural y por tanto resulta beneficiosa para el desarrollo de comunidades vegetales maduras en tierras de cultivo abandonadas. Se establecieron tratamientos de manipulación de la diversidad inicial: como la siembra de especies de estadios de sucesión tardía en mezclas de baja (LD) y alta (HD) diversidad en comparación con la colonización natural o tratamiento control (NC). Los resultados de cuatro años de estudio muestran que las especies vegetales de sucesión tardía sembradas en parcelas de alta diversidad fueron más efectivas en reducir el número de colonizadoras naturales (principalmente malas hierbas provenientes del banco de semillas) que las sembradas en baja diversidad. Sin embargo, los efectos de los tratamientos de baja diversidad dependieron principalmente de la composición de especies utilizadas.

Palabras clave: sucesión secundaria, grupos funcionales, colonización natural, parcelas permanentes, riqueza de especies.

Biodiversity effects on plant communities in abandoned arable fields regarding cultivated land transformation and land use change

SUMMARY: On this presentation we examine the species richness in early secondary succession in response to manipulated plant species diversity and also whether the manipulation of species diversity could influence the development of a species-rich vegetation on abandoned arable land. The effect of plant species diversity was studied in an experiment carried out on fields taken out of arable cultivation in Spain, where low diversity (LD) and high diversity (HD) mixtures of grassland species were sown, and natural colonization (NC) remained as a control. Results of the 4-year study show that high-diversity mixtures of later-successional plant species mixtures were more effective at reducing the number of natural colonisers (mainly weeds from the seed bank) than the average low-diversity species mixtures. However, the effect of the low-diversity treatment depended on the composition of the species mixture. Thus, the effect of enhanced species diversity strongly depended on the species composition of the low-diversity treatments used for comparison.

Key words: secondary succession, plant functional groups, natural colonization, permanent plots, species richness.

INTRODUCCIÓN

Las prácticas agrícolas instauradas durante largos períodos de tiempo restringen el desarrollo de la vegetación natural aún cuando las tierras agrícolas hayan sido abandonadas ya que provocan cambios en la fertilidad de los suelos, disminuyen el banco natural de semillas de plantas de la vegetación madura o limitan la dispersión de los propágulos (Bakker y Berendse, 1999; Bekker *et al.*, 1997; Burch, 1996) entre otros.

El desarrollo de la vegetación sobre terrenos cultivables permanentemente abandonados ha actuado como modelo para muchos estudios ecológicos de sucesión (Bazzaz, 1996; Leps *et al.*, 1982; Olf *et al.*, 1997; Tilman, 1982). Estos estudios a largo plazo muestran que el desarrollo de una vegetación rica en especies en terrenos cultivados abandonados, a menudo, se ve alterada aún cuando las condiciones abióticas naturales han sido reestablecidas (Bakker y Berendse, 1999), debido a la reducción de los bancos de semillas (Bekker *et al.*, 1997), la pobre dispersión de semillas o propágulos de especies de sucesión tardía y, más importante, la persistencia de malas hierbas muy competitivas, y, sobre todo ruderales de las primeras etapas de recolonización (caméfitos principalmente), que limitan la implantación de la vegetación durante muchos años (Burch, 1996; Hansson y Hagelfors, 1998; Leps y Rejmánek, 1991). Las malas hierbas son las pioneras en establecerse en

tierras de cultivo después de su abandono ya que están presentes en el banco de semillas (Bekker *et al.*, 1997). Durante las fases iniciales del abandono las primeras plantas colonizadoras son reemplazadas por especies perennes más persistentes (Kosola y Gross, 1999). Si algunos propágulos alcanzan estas tierras abandonadas por el tiempo en que la vegetación es dominada por especies perennes persistentes, las pobres condiciones de colonización pueden ser un límite crucial en la sucesión natural para alcanzar una vegetación rica en especies (van der Putten *et al.*, 2000).

Por medio de manipulaciones experimentales se intenta discernir entre el efecto de la identidad de especies y el efecto de la diversidad *per se* (Huston, 1997). Algunas especies son a menudo mejores al "hacer su trabajo" que otras. Por lo tanto, se necesita diseñar cuidadosamente los experimentos para evitar la posibilidad que los efectos de una especie en particular sean erróneamente interpretados como un efecto de la diversidad. La mejor solución está en un diseño experimental, en el cual los tratamientos de baja diversidad se arreglen en varias submuestras de especies presentes en los tratamientos de alta diversidad, planteados de tal forma que cada especie sea igualmente importante en todos los niveles de diversidad examinados (Leps *et al.*, 2001). Además, algunas especies son más similares entre sí que con el resto de especies, lo que conduce al concepto de grupos funcionales. Consecuentemente, el efecto de la diversidad (si existe alguno) tiene una naturaleza jerárquica (p.e. la diversidad de grupos funcionales, diversidad de especies entre grupos funcionales, etc.).

El principal objetivo fue examinar si la manipulación de la composición de la vegetación al comienzo del abandono de tierras agrícolas puede cambiar la tasa y la dirección de la sucesión secundaria y el desarrollo del ecosistema, tanto superficial como subterráneamente. Además, analizar el desarrollo de la comunidad, después de ser manipulada la riqueza de especies de plantas a través de la siembra de mezclas de semillas a diferentes niveles de diversidad.

MATERIAL Y METODOS

La zona de experimentación está localizada en la finca experimental Muñovela (C.S.I.C., 40°54'00"N, 5°45'30"W) a 15 km de la ciudad de Salamanca, cuya altitud es de 850 m.s.n.m. Está incluida en una ladera típica de zonas adhesionadas, edáficamente homogénea. El clima de la zona, caracterizado por inviernos lluviosos y veranos calurosos, se clasifica como Mediterráneo Semiárido (C₁B₁S₂b₄). La precipitación y temperatura media tienen valores de 500 mm y 12,3 °C respectivamente, siendo noviembre el mes más lluvioso (99 mm) y julio el más seco (17 mm), enero es normalmente el mes más frío (0,8 °C). Corológicamente se localiza en la región Mediterránea, provincia Carpetano-Iberico-Leonesa, sector Salmantino, serie *Genisto hystricis-Querceto rotundifoliae* sigmetum. Otras especies características que definen la serie son: *Dorycnium pentaphyllum* Scop., *Thymus zygis* L., *T. mastichina* L. y *Crataegus monogyna* Jacq. El suelo es un Luvisol crómico, desarrollado sobre arcillas rojas y conglomerados del Mioceno. La textura es limo-arcillosa y la pendiente es del dos por ciento.

La parcela (10 000 m²) representa un terreno agrícola cultivable con rotación de monocultivos y su posterior abandono al inicio del experimento. El experimento se organizó acorde a un diseño con cinco bloques como réplicas. Dentro de cada bloque, se marcaron tres subparcelas de 10 m x 10 m que fueron asignadas aleatoriamente a cada uno de los tres tratamientos (colonización natural (NC), baja diversidad (LD) y alta diversidad (HD)). Las subparcelas fueron separadas entre sí por senderos de dos metros.

Debido a que el desarrollo inicial de la vegetación en tierras abandonadas, es usualmente muy inestable e impredecible, fueron experimentalmente sembrados, en mezclas de baja y alta diversidad, grupos funcionales de plantas características de estados de sucesión tardía (Tabla 1). La mezcla de semillas se realizó con la misma densidad e idénticos grupos funcionales (gramíneas 2500 semillas/m², leguminosas y otras 500 semillas/m²). 15 especies de plantas (cinco por grupo funcional) fueron sembradas como tratamiento de alta diversidad y cuatro especies (dos gramíneas, una leguminosa y una del grupo otras) como tratamiento de baja diversidad. Las mezclas de semillas que constituyeron la siembra de baja diversidad se realizaron en diferentes combinaciones de especies del total de las especies utilizadas. Las parcelas no sembradas se establecieron como controles (colonización natural).

Tabla 1. Lista de especies de plantas utilizadas para las siembras en los tratamientos de alta diversidad (HD) y baja diversidad (LD).

Grupo Funcional	Especie
Gramíneas	<i>Festuca rubra</i> L.
	<i>Phleum pratense</i> L.
	<i>Poa pratensis</i> L.
	<i>Poa trivialis</i> L.
	<i>Bromus inermis</i> Leys.
Leguminosas	<i>Lotus corniculatus</i> L.
	<i>Trifolium pratense</i> L.
	<i>Medicago lupulina</i> L.
	<i>Trifolium subterraneum</i> L.
Otras	<i>Trifolium fragiferum</i> L.
	<i>Plantago lanceolata</i> L.
	<i>Galium verum</i> L.
	<i>Sanguisorba minor</i> Scop.
	<i>Achillea millefolium</i> L.
	<i>Matricaria chamomilla</i> L.

Se analizaron los efectos de los diferentes tratamientos de diversidad sobre la riqueza de especies usando análisis de varianza de una vía (ANOVA) para cada uno de los años muestreados, para luego mostrar las mismas diferencias pero esta vez usando los tratamientos y los años como factores en un ANOVA de múltiples vías.

RESULTADOS Y DISCUSION

El desarrollo de las parcelas con tratamientos de diversidad permanecen exitosos y estables a lo largo de los años de muestreo (Figura 1). El número de todas las especies fue constante durante el último período, más alto en las parcelas HD que en aquellas de NC y LD, estableciéndose diferencias significativas única-

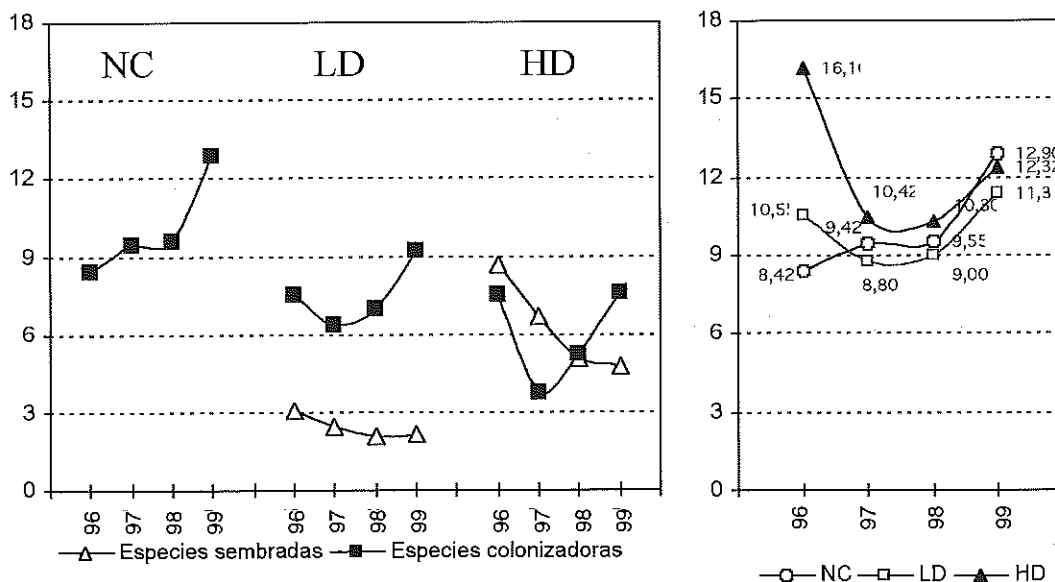


Figura 1.—Valores medios del número de especies sembradas y colonizadoras, y de la riqueza total (Nº. m⁻²) de especies en los tratamientos de colonización natural NC, baja diversidad LD y alta diversidad HD.

mente entre el año inicial (1996) y todos los demás años de muestreo ($F=6,14$; $p<0,001$) (Figura 1). Entre años, solo existen diferencias significativas para el tratamiento **HD** ($F=41,46$; $p<0,001$), siendo las medias de la riqueza total de especies de 1996 y 1999 diferentes entre sí y con los otros años, de acuerdo con la prueba de comparación múltiple de medias de Scheffe. Además, se detectó inicialmente que la siembra de especies de plantas en ambos tratamientos incrementa la diversidad en el primer año, tal como fue observado por Hedlund *et al.* (2003). Sin embargo, el número de especies sembradas disminuye hasta estabilizarse en el período 1998-1999, mientras el número de especies colonizadoras aumenta hasta equiparar el estado inicial en ambos tratamientos de diversidad, pero siendo este cambio sólo significativo para las parcelas de alta diversidad ($F=12,25$; $p<0,001$). Por lo tanto, no se observó un claro efecto de supresión sobre la colonización en 1999, aunque el número promedio de especies colonizadoras fue más bajo en las parcelas de alta diversidad comparado con los otros dos tratamientos y significativamente diferente con la colonización natural ($F=5,69$; $p<0,001$) (Figuras 1 y 2). Esto podría explicarse sobre el terreno por un desarrollo exitoso de alguna de las especies sembradas que son dominantes (*Bromus inermis* Leyss. y *Plantago lanceolata* L.). Durante el período experimental, la proporción de grupos funcionales de plantas varió de forma importante con el tiempo. La gramíneas que fueron el segundo grupo en dominancia, por ejemplo, incrementaron su número en todas las parcelas independientemente del tratamiento (Figura 2).

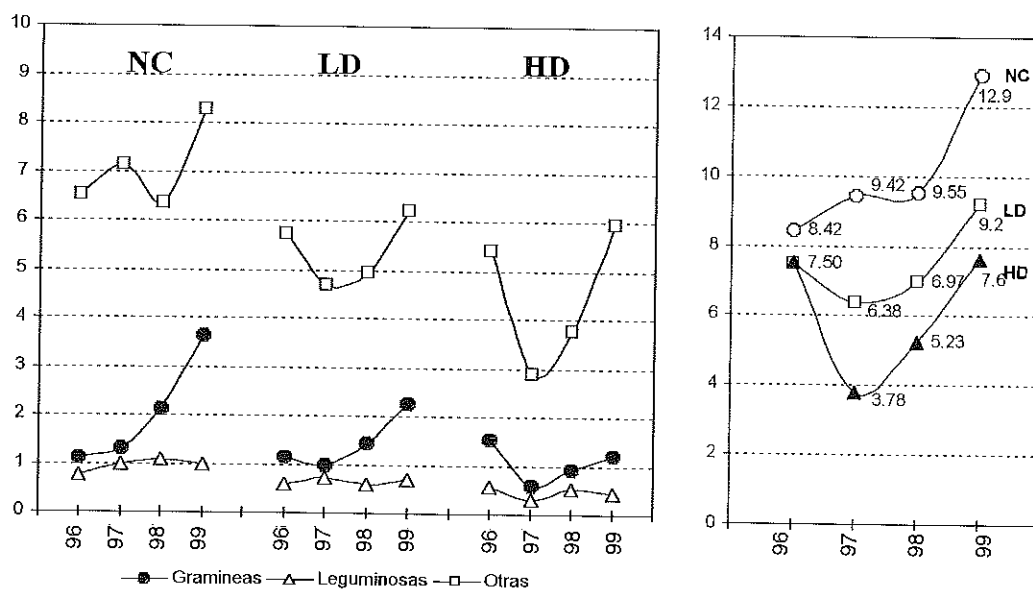


Figura 2.—Valores medios del número de especies por grupos funcionales y riqueza total (N° . m^{-2}) de especies colonizadoras naturales en los tratamientos de colonización natural **NC**, baja diversidad **LD** y alta diversidad **HD**.

Las especies de colonización natural fueron especialmente malas hierbas arraigadas en el banco de semillas del suelo durante el uso agrícola previo a la experimentación, aunque otras fuentes que expliquen el origen de colonización no pueden ser completamente excluidas. Nosotros consideramos la supresión de aquellas especies de un estado sucesional temprano (malas hierbas cultivables) por otras especies tardías en la sucesión, como una función de la diversidad de especies en las mezclas de especies sembradas (van der Putten *et al.*, 2000).

En promedio, los tratamientos de alta diversidad presentaron un mayor efecto de supresión sobre las especies colonizadoras que los tratamientos de baja diversidad, corroborando los valores encontrados por van der Putten *et al.* (2000) y Leps *et al.* (2001). Asimismo, el efecto de supresión del tratamiento de alta diversidad (HD) muestra una mayor homogeneidad dentro de las réplicas con respecto al tratamiento de baja diversidad (LD). Esto demuestra que las diferentes mezclas de baja diversidad tienen efectos variables sobre la supresión de malas hierbas (para ser considerado como un aspecto de la función del ecosistema), que soporta el punto de vista de Huston (1977), cuando afirma que los efectos especie-específicos (sobre todo en tratamientos de baja diversidad) pueden ser de importancia en experimentos de diversidad.

Las conclusiones sobre la supresión de malas hierbas han sido basadas sobre el número de especies colonizadoras registradas en los tratamientos de diversidad. Pudo haber una sobreestimación de los efectos de los tratamientos si las especies colonizadoras naturales fueron la misma especie que aquellas empleadas en las mezclas sembradas. De igual forma, nosotros consideramos que el número de especies colonizadoras es una medida robusta pero, unas pocas especies que persistan en los tratamientos de alta diversidad pudieron contribuir desproporcionadamente a la cobertura total registrada.

En el presente estudio, la mezcla de especies sembradas en alta diversidad se encuentran entre las de menor grado de supresión con respecto a otros resultados establecidos en Europa, lo que nos indica que el efecto de cierta combinación de especies de sucesión tardía sobre la colonización natural en una zona determinada no es un buen indicador de lo que puede obtenerse en otras zonas (van der Putten *et al.*, 2000).

CONCLUSIONES

Las especies utilizadas para la siembra, pertenecientes a un estado de sucesión tardía, esencialmente cambian el estado inicial del desarrollo de la vegetación en tierras agrícolas abandonadas. Debido a que la supresión de malas hierbas dependió del número de especies sembradas en los tratamientos, la diversidad de especies vegetales a un cierto estado puede afectar el curso de la sucesión al menos temporalmente.

A corto plazo, la sucesión sobre tierras agrícolas abandonadas puede ser acelerada por la introducción de especies de plantas tardías en la sucesión. Además, los resultados sugieren que en algún estado de la sucesión, la diversidad de especies de plantas presentes pueden determinar como la sucesión prospera.

Las mezclas de especies de plantas de sucesión tardía sembradas en alta diversidad inhiben mejor las especies tempranas en la sucesión (malas hierbas) que aquellas mezclas de especies sembradas en baja diversidad.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio se realizó con ayuda financiera de la Comisión Europea como parte del proyecto CLUE (contrato ENV4-CT95-0002) y Ministerio de Relaciones Exteriores-Agencia Española de Cooperación Internacional (MAE-AIECI) por la beca concedida.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAKKER, J.P.; BERENDSE, F., 1999. Constraints in the restoration of ecological diversity in grassland and heathland communities. *Trends in Ecology and Evolution*, **14**, 63-68.
- BAZZAZ, F.A., 1996. Plants in Changing Environments. *Cambridge University Press*, 330 pp. Cambridge (U.K.).
- BEKKER, R.M.; BAKKER, J.P.; THOMPSON, K., 1997. Dispersal of plant species in time and space: can nature development rely on soil seed banks and dispersal?. En: *Species dispersal and land use processes*, 247-255. Ed. A. COOPER, J. POWER. 6th IALE conference.
- BURCH, F.M., 1996. Establishing species-rich grassland on set-aside land: balancing weed control and species enhancement. *Aspects of Applied Biology*, **44**, 221-226.

- HANSSON, M.; HAGELFORS, H., 1998. Management of permanent set-aside on arable land in Sweden. *Journal of Applied Ecology*, **35**, 758-771.
- HEDLUND, K.; SANTA REGINA, I.; VAN DER PUTTEN, W.H.; LEPS, J.; DÍAZ, T.; GORTHALS, G.W.; LAVOREL, S.; BROWN, V.K.; GORMSEN, D.; MORTIMER, S.R.; RODRÍGUEZ BARRUECO, C.; ROY, J.; SMILAUER, P.; SMILAUEROVÁ, M.; VAN DIJK, C., 2003. Plant species diversity plant biomass and responses of the soil community on abandoned land across Europe: idiosyncrasy or above-belowground time lags. *Oikos*, **103**, 45-58.
- HUSTON, M.A., 1997. Hidden treatments in ecological experiments: re-evaluating the ecosystem function of biodiversity. *Oecologia*, **110**, 449-460.
- KOSOLA, K.R.; GROSS, K.L., 1999. Resource competition and suppression of plants colonizing early successional old fields. *Oecologia*, **118**, 69-75.
- LEPS, J.; BROWN, V.K.; DIAZ LEN, T.A.; GORMSEN, D.; HEDLUND, K.; KAILOVÁ, J.; KORTHALS, G.W.; MORTIMER, S.R.; RODRIGUEZ-BARRUECO, C.; ROY, J.; SANTA REGINA, I.; VAN DIJK, C.; VAN DER PUTTEN, W., 2001. Separating the chance effect from the other diversity effects in the functioning of plant communities. *Oikos*, **92**, 123-134.
- LEPS, J.; OSBORNOVÁ-KOSINOVÁ, J.; REJMÁNEK, M., 1982. Community stability, complexity and species life history strategies. *Vegetatio*, **50**, 53-63.
- OLFF, H.; DE LEEUW, J.; BAKKER, J.P.; PLATERINK, R.J.; VAN WIJNEN, H.J., DE MÜNCK, W., 1997. Vegetation succession and herbivory along a salt marsh: changes induced by sea level rise and silt deposition along an elevational gradient. *Journal of Ecology*, **85**, 799-814.
- TILMAN, D., 1982. *Resource Competition and Community Structure*. Princeton University Press, 296 pp. Princeton (U.S.A.).
- VAN DER PUTTEN, W.H.; MORTIMER, S.R.; HEDLUND, K.; VAN DIJK, C.; BROWN, V.K.; LEPS, J.; RODRIGUEZ-BARRUECO, C.; ROY, J.; DIAZ LEN, T.A.; GORMSEN, D.; KORTHALS, G.W.; LAVOREL, S.; SANTA REGINA, I.; SMILAUER, P., 2000. Plant species diversity as a driver of early succession in abandoned fields: a multi-site approach. *Oecologia*, **124**, 91-99.

Tasas de cambio y patrones multivariantes de diversidad en comunidades herbáceas de campos abandonados

J.A. GARCÍA-RODRÍGUEZ¹, B. MARTÍN¹, B. FERNÁNDEZ¹, A. PUERTO¹, C. MARTÍNEZ² y D. FERRER¹

¹Área de Ecología, Facultad de Biología, Universidad de Salamanca, Campus Unamuno, 37007 Salamanca. jantecol@usal.es. ²Área de Ecología, E.T.S.IIAA. de Palencia, Universidad de Valladolid

RESUMEN: Analizamos una cronosecuencia (entre uno y ventiseis años) de comunidades herbáceas en campos abandonados al SW de la Provincia de Salamanca. Comprobamos la hipótesis de una tasa sostenida de cambios temporales con una trayectoria divergente ordenada en la diversidad composicional de las comunidades. Los patrones multivariantes de diversidad detectados parecen apoyar la idea de un fuerte control biótico de la dinámica temporal frente al papel de los eventos estocásticos.

Palabras clave: Sucesión. Variabilidad temporal. Control biótico. Riqueza específica. Cambios estocásticos.

Rates of variability and multivariate diversity patterns in old-field plant communities

SUMMARY: A chronosequence between one and twenty-six years of herbaceous plant communities in old-fields (SW Salamanca, Spain) is analysed here. We test the hypotheses of a sustained rate of temporal changes with a directional divergent pathway in the compositional diversity. The multivariate patterns of diversity found seem to support the idea of a strong biotic control of the temporal variability as opposed to the stochastic events.

Key words: Succession. Temporal variability. Biotic control. Specific richness. Stochastic changes.

INTRODUCCIÓN

Los procesos de cambio de las comunidades de plantas en el espacio y en el tiempo son muy variados y responden a numerosos mecanismos subyacentes (Maarel, 1988). La dinámica temporal en concreto puede seguir patrones direccionales –en sentido convergente, divergente o estabilizador– cíclicos, estocásticos, caóticos, etc (Laska, 2001). Si su análisis se realiza sobre la base de los datos bióticos composicionales, por ejemplo las proporciones relativas de las distintas especies a lo largo del tiempo, los resultados no son independientes de los patrones de diversidad. A su vez la diversidad, especialmente la diversidad proporcional en términos de Stirling y Wilsey (2001), y su respuesta multivariante a los gradientes ambientales –incluido el temporal– puede ser un buen reflejo de los cambios en la funcionalidad del ecosistema (Osler, 2002). Aunque las investigaciones más abundantes al respecto se refieran a las implicaciones de la diversidad en la productividad, también son interesantes las relacionadas con el papel de las especies y de la diversidad como filtros y selectores de los cambios en la composición futura de la comunidad, especialmente si se discrimina el efecto de las dominantes respecto a las subordinadas y transicionales (Grime, 1998).

Los objetivos de este trabajo son detectar y contrastar el modelo a que pertenece la tasa y el patrón de cambio temporal de una cronosecuencia sucesional detallada en campos de cultivo abandonados colonizados por fitocenosis herbáceas, así como su relación con los gradientes directos e indirectos de diversidad analizados bajo una perspectiva multivariante. A pesar de las limitaciones admitidas en la aproximación sincrónica al análisis de las cronosecuencias, sigue siendo un procedimiento fundamental para detectar tendencias sucesionales a diversas escalas (Foster and Tilman, 2000). Además, en este caso los inconvenientes asociados a la posible variabilidad en las condiciones físico-químicas y climáticas de las diversas parcelas, queda minimizada porque se trata de una cronosecuencia ordenada entre enclaves con historia de intervención similar y muy próximas entre sí, por lo que las condiciones de suelo y clima son equivalentes en todas ellas. Por otra parte, hemos duplicado el muestreo de las mismas parcelas en un año consecutivo para contrastar el mantenimiento de las pautas sucesionales.

MATERIAL Y MÉTODOS

Área de estudio

Todas las parcelas muestreadas están localizadas muy próximas en el término municipal de Serradilla del Arroyo (40°31' latitud N, 2°40' longitud W), al SW de la Provincia de Salamanca, en el piedemonte del Sistema Central, concretamente entre las estribaciones occidentales de la Sierra de Francia y el extremo nororiental de la Sierra de Gata. Se encuentran en una franja altitudinal pequeña entre los 870 y los 895 msnm. El clima es de tipo Supramediterráneo Subhúmedo, con una temperatura media de 12.3°C y unas precipitaciones anuales en los alrededores de los 700mm, con casi tres meses de sequía estival. Los sedimentos son paleozoicos, de pizarras, cuarcitas y grauwacas, y los suelos que han sido cultivados y se encuentran en proceso de abandono, de tipo leptosol, mayoritariamente leptosoles dísticos con escasa capacidad de retención de agua. La vegetación potencial está en la zona de transición entre los encinares supramediterráneos con aulagas (*Genisto hystricis-Querceto rotundifoliae sigmetum*) y los rebollares subhúmedos (*Genisto falcatae-Querceto pyrenaicae sigmetum*) (Rivas-Martínez, 1987), aunque el impacto humano dejó para tierras de cultivo con predominio del cereal de secano el núcleo del término municipal, quedando la periferia para monte con dominancia de comunidades subseriales de matorral ajustadas durante siglos al sobrepastoreo y los incendios recurrentes. En las últimas décadas se impone el abandono de estas tierras marginales y la disminución del pastoreo con caprino y el uso del fuego, por lo que se está produciendo una notable recuperación espontánea de comunidades vegetales más maduras.

Diseño del muestreo

Se seleccionaron 16 parcelas de características muy similares dentro de un área de unos 7 Km² y con una datación muy precisa de edad de abandono del cultivo de cereal de secano, en una crono secuencia como sigue: una parcela de un año, dos de dos, dos de tres, una de cinco, una de seis, una de ocho, dos de nueve, dos de diez, una de once, una de doce, una de veintiún y otra de veinticinco años. En cada parcela se colocaron al azar diez cuadrados de 0.5 x 0.5 m y se estimó la cobertura de tantos por ciento de todas las especies presentes. El muestreo, realizado durante la primavera de 1997, se volvió a repetir en 1998 pero con la salvedad de una parcela de tres años y otra de once que se habían cultivado de nuevo. Se añadió una nueva de un año de abandono para completar las posibilidades de comparación. En los resultados gráficos, la serie de 1997 va consignada con la letra A y la de 1998 con la B; entre paréntesis, los años de abandono.

Análisis de los datos

Se realizó un análisis indirecto del gradiente mediante un modelo DCA (Detrended Correspondence Analysis) del programa CANOCO 4.0 (Canonical Correspondence Analysis, Ter Braak y Smilauer, 1998) para detectar la Cnoclina principal que, efectivamente, está fuertemente relacionada con el tiempo de abandono. Se hizo un análisis de autocorrelación temporal, midiendo en distancias euclídeas la similaridad composicional de las comunidades a medida que aumentamos el lapso temporal, absoluto y normalizado, que las separa (Collins et al, 2000). Posteriormente se hace un análisis indirecto del gradiente (mediante un DCCA) utilizando como variables ambientales las tres que han resultado más significativas después de un procedimiento de selección sucesiva con implementación de un test de Montecarlo con 999 permutaciones al azar. Son la edad de abandono, el grado de aislamiento (mayor cuanto más esté rodeada la parcela por otras cultivadas) y la distancia al "monte", zona no cultivada de matorrales y bosques, reservorio de posibles especies colonizadoras. Se obtiene el patrón multivariante global de diversidad mediante un GLM del índice de Shannon respecto a los ejes del análisis indirecto del gradiente. Asimismo se ajustan los modelos multivariantes parciales de diversidad y amplitud de nicho mediante el programa SPSS.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Del análisis indirecto del gradiente se deduce, en primer lugar, que la respuesta de las 138 especies inventariadas, dada la amplitud del mismo, es claramente unimodal y no lineal respecto a él. Sin prejuizar un esquema previo, la principal tendencia parece recoger sobre todo la respuesta al tiempo de abandono, como

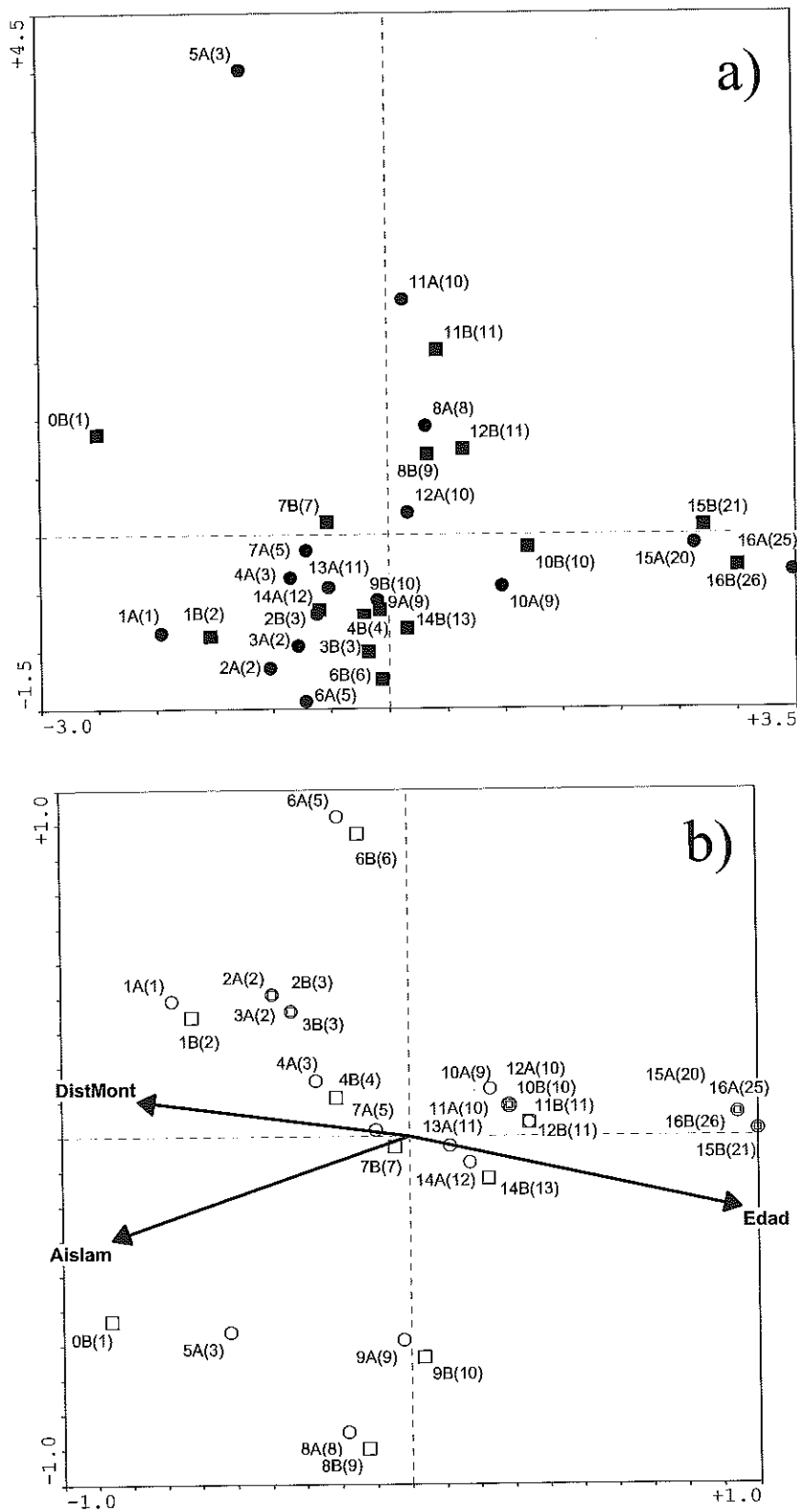


Figura 1.—Posición de las parcelas muestreadas en el espacio ecológico. A) Análisis indirecto del gradiente (DCA); la letra A corresponde a la serie inventariada en 1997 y la B a la misma en 1998. Entre paréntesis los años de abandono. B) Análisis directo del gradiente (DCCA); los vectores representan a las variables ambientales más significativas.

se ve por la proyección de las parcelas siguiendo a grandes rasgos la primera dimensión del gradiente (Figura 1a). Resulta coherente la ordenación de los dos años consecutivos, con un ligero desplazamiento general de la misma parcela muestreada un año después (letra B) hacia la zona del gradiente que indica más edad. Las excepciones que destacan son, precisamente, la parcela 5ª que se perdió para el segundo año de muestreo y la 0B, añadida en este año para tener en la segunda serie un ejemplo de un año de abandono. Se confirma, pues, la hipótesis del factor tiempo de abandono como el principal -superpuesto a todos los demás- en la explicación de la respuesta multivariante de las comunidades colonizadoras en las antiguas parcelas de cultivo.

En el análisis directo del gradiente (Figura 1b) se evalúa la respuesta de las especies y comunidades a los diversos factores ambientales y la determinación de estos en el patrón de organización multivariante de las mismas. Se vuelve a corroborar la importancia del tiempo de abandono pues, tras los pertinentes tests para filtrar las variables más significativas, es la edad la que explica las mayores variaciones, manteniendo la coherencia de la serie medida en dos años consecutivos. Secundariamente quedan dos variables explicativas importantes: en primer lugar el grado de aislamiento o insularidad ("Aislam" en la Figura), mayor cuanto más rodeadas estén las parcelas de campos que todavía se cultivan. Su relación con la edad es inversa, lo que indica una zona con abandonos más recientes y comunidades más jóvenes. En segundo lugar, la distancia al monte ("DistMont" en la Figura) que es la lejanía a la parte del término municipal cubierta por matorrales y bosques, una zona posible reservorio de especies colonizadoras. Como es lógico, la menor distancia al monte (y mayor al casco urbano de la población) se asocia con los cultivos abandonados en primer lugar y ocupados hoy por comunidades más maduras.

Una vez establecida la existencia de una clara serie temporal, intentamos deducir su patrón mediante un análisis de autocorrelación por composición específica entre muestras a intervalos o lapsos crecientes de edad (Figura 2) El modelo resultante es el de un cambio direccional en todos los casos; un aumento de la distancia o disimilaridad a medida que se incrementa la separación temporal normalizada entre comunidades (Collins *et al.*, 2000). Es el patrón sucesional más clásico, el divergente o direccional en el que el proceso de maduración sucesional conduce a una sustitución ordenada de comunidades. No es, sin embargo, el modelo mayoritario para comunidades herbáceas de pequeño porte como las aquí implicadas (Maarel, 1988). Sin embargo la pendiente elevada y el valor de R^2 (Figura 2a) corroboran una trayectoria divergente y relativamente rápida de sustituciones. La mayor dispersión y, por lo tanto, las posibilidades más elevadas de cambios estocásticos se centran en las etapas intermedias. Aplicado el mismo modelo de autocorrelación pero teniendo en cuenta sólo las especies dominantes, las llamadas especies "corazón" (Hanski, 1982), se mantiene la tendencia divergente pero con una menor explicatividad y un incremento de las posibilidades de cambios aleatorios (Figura 2b). A pesar del control espacial y energético que pueden realizar las dominantes, es el incremento en riqueza que supone la aparición de especies satélites, el que acaba de conducir el sistema a la divergencia. Un aumento del número de datos y de parcelas parece confirmar la estabilización de la divergencia ordenada de la comunidad, como lo pone de manifiesto, en la Figura 2c, la mayor pendiente de la recta cuando se hace una autocorrelación global en tiempos absolutos, sin normalizar, de todas las posibles edades teniendo en cuenta que las del 98 están desdobladas -con un año más- respecto a las del 97. La otra recta representa un promedio de edades similares.

¿Cómo se relaciona la diversidad (medida como diversidad proporcional con el índice de Shanon) con la trayectoria y la tasa de cambio establecidos? En la Figura 3a se refleja su patrón multivariante obtenido por la extrapolación de un modelo lineal generalizado frente al plano canónico principal. Los valores relativamente altos de las etapas iniciales (no hay auténtica saturación y el pool de especies colonizadoras es muy alto a pesar de la distancia al monte y del grado de aislamiento de las parcelas) se ven superados en las edades intermedias donde se alcanza el máximo y hay mayores probabilidades de cambios estocásticos. El descenso hacia las edades avanzadas, confirmado en el modelo cuadrático de la Figura 3b, apoya la idea de saturación en el ensamblaje de los últimos estadios de la comunidad herbácea antes de ser sustituida por un ecosistema con dominancia de leñosas, y de un efecto de exclusión competitiva (Mouquet *et al.*, 2003). La mayor variabilidad -y, en consecuencia, la mayor inseguridad respecto a las posibles trayectorias temporales de las series- en los estadios intermedios, puede que no sea debida a causas puramente estocásticas, sino mecánicas de raíz biológica (Cottingham *et al.*, 2001), como se refleja en el modelo de la Figura 3c, donde las especies dominantes amplían la tolerancia en las dimensiones principales de sus nichos.

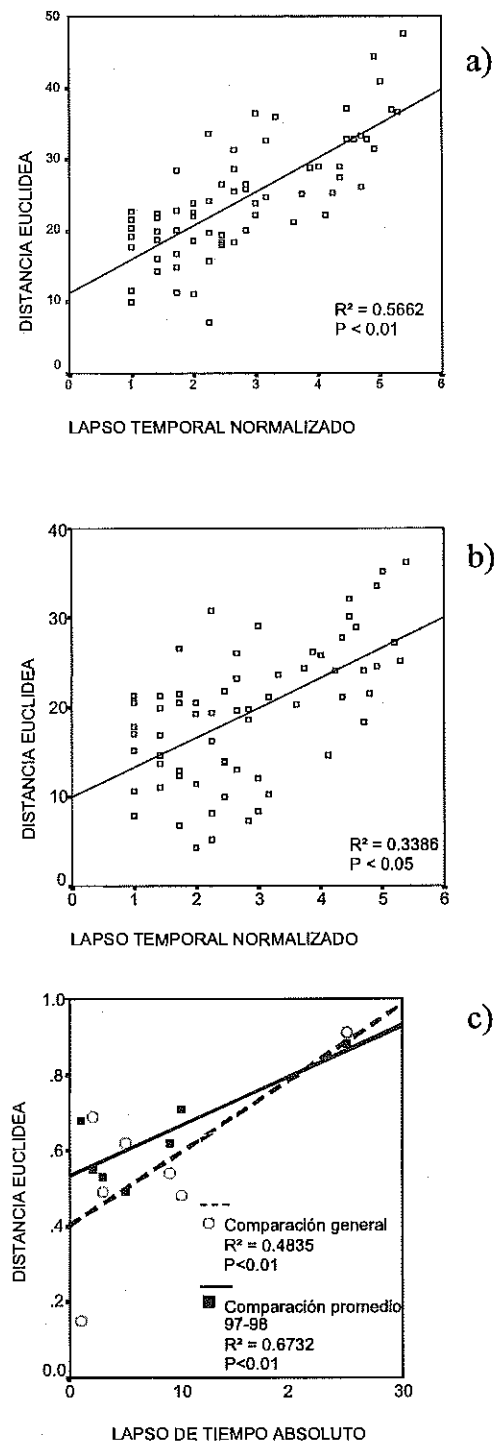


Figura 2.—Autocorrelación de las series temporales. El aumento de la distancia euclídea en la composición de las comunidades a medida que se incrementa el lapso temporal, indica un cambio direccional mantenido. A) Con todas las especies y el tiempo normalizado. B) Con las trece especies dominantes (“corazón”). C) Con tiempos absolutos, respuesta global de todas las parcelas con la máxima discriminación de edades (línea a trazos) y contraste de la misma serie en dos años sucesivos (línea continua).directo del gradiente (DCCA); los vectores representan a las variables ambientales más significativas.

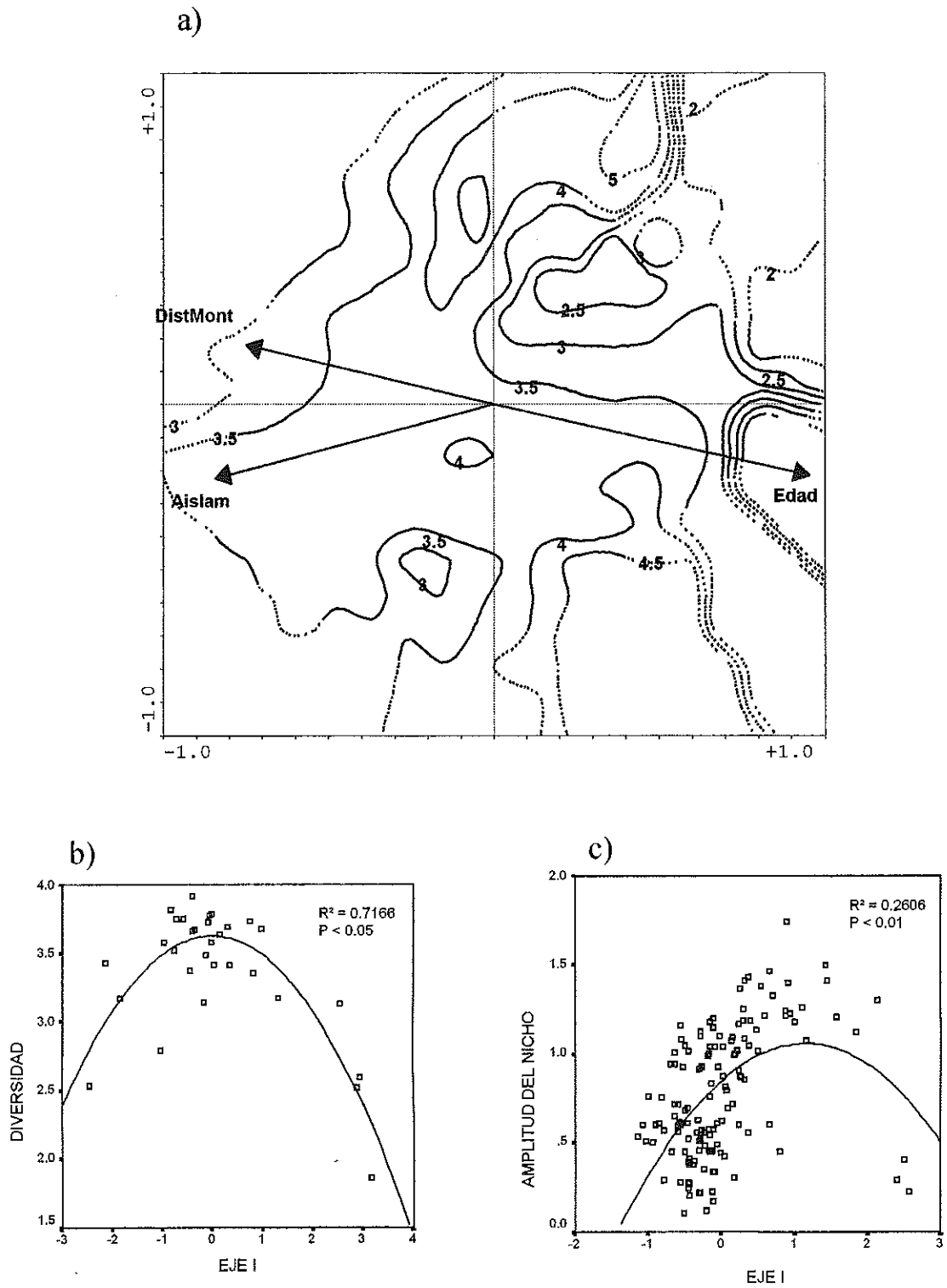


Figura 3.—Respuesta multivariante de la diversidad (índice de Shannon). A) Mapa de diversidad extrapolado mediante un GLM en el plano de ordenación canónica. B) Modelo cuadrático de la diversidad respecto al gradiente principal. C) Respuesta de las especies (amplitud de nicho) en relación al gradiente principal.

CONCLUSIONES

La cronosecuencia analizada en campos abandonados responde a un verdadero proceso sucesional alejado del azar, con un modelo divergente de sustitución progresiva y relativamente ordenada de comunidades en contraste con algunos de los modelos publicados para otras comunidades herbáceas donde parece primar más la estocasticidad. La lentitud del proceso con una dominancia de herbáceas durante 25 años puede ser una de las razones. Otra causa puede estar relacionada con el control biológico de los cambios que sólo se relajan en parte en los estadios intermedios de las series. Los patrones multivariantes de diversidad son coherentes con estas asunciones, aunque se precisa un seguimiento de las edades sucesivas para ver si se mantienen junto a la trayectoria de divergencia establecida, una vez que las dominantes herbáceas empiezan a ser claramente sustituidas por las leñosas y se comience a establecer un nuevo ecosistema de tipo preforestal.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- COLLINS, S.L.; MICHELI, F.; HARTT, L., 2000. A method to determine rates and patterns of variability in ecological communities. *Oikos*, 91(2): 285-293
- COTTINGAN, K.L.; BROWN, B.L.; LENNON, J.T., 2001. Biodiversity may regulate the temporal variability of ecological systems. *Ecology Letters*, 4(1): 72-85
- FOSTER, V.L.; TILMAN, D., 2000. Dynamic and static view of succession: Testing the descriptive power of chronosequence approach. *Plant Ecology*, 146(1): 1-10.
- GRIME, J.P., 1998. Benefits of plant diversity to ecosystems: immediate filter and founder effects. *Journal of Ecology*, 86(6): 902-910
- HANSKI, I., 1982. Dynamics of regional distribution: the core and satellite species hypothesis. *Oikos*, 38(2): 210-221.
- LASKA, G., 2001. The disturbance and vegetation dynamics: a review and alternative framework. *Plant Ecology*, 157(1): 77-99
- MAAREL, E van der., 1988. Vegetation dynamics: patterns in space and time. *Vegetatio*, 77(1): 7-19
- MOUQUET, N.; MUNGUÍA, P.; KNEITTEL, J.M.; MILLER, T.E., 2003. Community assembly time and the relationship between local and regional species richness. *Oikos*, 103(3): 618-626
- OSLER, G.H.R., 2002. The need for an use of power analysis in tests of the role of species richness in ecosystem processes. *Oikos*, 96(2): 383-385
- RIVAS MARTÍNEZ, S., 1987. *Mapa de series de vegetación de España*, Hoja nº 12. I.C.O.N.A. Madrid.
- STIRLING, G.; WILSEY, B., 2001. Empirical relationships between species richness, evenness and proportional diversity. *The American Naturalist*, 158(3): 286-299

Cambios estructurales en los sistemas de pastos de la montaña leonesa como consecuencia de perturbaciones

L. CALVO, A. FERNÁNDEZ, E. MARCOS, L. VALBUENA, R. TÁRREGA y E. LUIS.

Área de Ecología. Facultad de Ciencias Biológicas y Ambientales. Universidad de León, 24071 León, España.
E-mail: degleg@unileon.es

RESUMEN: El estudio se ha llevado a cabo en tres puertos de la montaña leonesa, que tradicionalmente durante el periodo estival son ocupados por cabaña trashumante. En las últimas décadas se ha producido en estas áreas un descenso en la cabaña ganadera y un aumento en la deposición atmosférica de nitrógeno. El objetivo del presente trabajo es determinar los efectos de los cambios de uso y la contaminación en la estructura y funcionamiento de los brezales. Para ello se ha simulado esta situación mediante corta del matorral y fertilización con nitrógeno en parcelas experimentales. Los resultados obtenidos muestran que la fertilización favorece el aumento de la cobertura y riqueza específica de las herbáceas perennes, pero no afecta significativamente al número de especies. Sin embargo, después de corta y fertilización hay un aumento en el número y cobertura de leñosas y herbáceas.

Palabras clave: *Calluna vulgaris*, pastos de montaña, trashumancia, fertilización, corta.

Structural changes on pasture systems in the león mountain range after disturbances

SUMMARY: The study has been carried out in three passes of León mountain range, where transhumance system has been dominant. During last decades transhumance cattle have had an important decrease in these areas, and besides, the mentioned changes there has been an increase in the atmospheric deposition of nitrogen. The aim of this study was to analyze the structure and function changes in heathlands after land uses changes and nitrogen fertilization. Treatments (cutting and fertilizing) were performed in experimental plots situated in an extensive area of heathland. Fertilization induces an increase in richness and cover of perennial herbaceous species, mainly graminoids. However, this treatment does not have a significant influence on species number. After cutting plus fertilization there was a significant increase in the number and cover of woody and perennial herbaceous species.

Key words: *Calluna vulgaris*, mountain pastures, transhumance, fertilization.

INTRODUCCIÓN

Una de las comunidades que aparecen representadas en la Cordillera Cantábrica es la de brezales dominados por *Calluna vulgaris*. Estas comunidades han sido tradicionalmente usadas como zonas de pasto extensivo para el ganado, principalmente el trashumante procedente de la zona centro-oeste de la Península (Extremadura). Asociado con este sistema de pasto, la quema y la corta han sido dos mecanismos de manejo que han permitido obtener pasto de mayor calidad. Este tipo de manejo tradicional permitió una expansión considerable de los brezales de *Calluna vulgaris* (Webb, 1998). Sin embargo, durante las últimas décadas ese manejo ha desaparecido, debido fundamentalmente a cambios en políticas agrarias y a razones socioeconómicas. Esto ha provocado una disminución muy acentuada la extensión de estas comunidades, (Calvo *et al.*, 2002a) Además las pequeñas manchas de brezales se encuentran en un estadio maduro según la clasificación Watt (1955), lo que dificulta la capacidad de recuperación después de perturbaciones.

Otro de los factores responsables de los cambios en estas comunidades es el incremento en las deposiciones atmosféricas de nitrógeno (Rivero Fernández *et al.*, 1996). El hecho de que estas comunidades estén situadas y adaptadas a suelos pobres en nutrientes, hace que un aumento en la concentración de alguno de los mismos, como el nitrógeno, conlleve cambios importantes en la composición y estructura de la comunidad, con un aumento, en la mayoría de los casos, de especies invasoras palatables como *Molinia caerulea*, *Nardus stricta* y *Pteridium aquilinum* (Pitcairn *et al.*, 1995).

El objetivo del presente trabajo es estudiar los efectos de los cambios en el uso y la contaminación por nitrógeno en la composición y estructura de las comunidades dominadas por *Calluna vulgaris* de la vertiente leonesa de la Cordillera Cantabrica mediante simulación experimental.

MATERIAL Y MÉTODOS

El área de estudio se localiza en el norte de la provincia de León (NW de España), donde se han seleccionado tres puertos de montaña: San Isidro (1600 m; 43°03'N; 1°40' W), Tarna (1625 m; 43°04' 40''N; 1°33'W) y Vegarada (1585 m; 43°02'20''N; 1°48'20''W).

El clima de las tres zonas se caracteriza por presentar una estación cálida sin periodo de aridez (o menor de dos meses). La temperatura media es de 5,5 °C y la precipitación media anual de 1320 mm. Las zonas de estudio presentan un rango de diferentes características edáficas, principalmente en términos de humedad (Vegarada es la zona más húmeda y San Isidro la más seca).

En abril de 1998 en cada zona de estudio se seleccionó un área de aproximadamente 2 ha, que contenía manchas de matorral dominadas por *Calluna vulgaris*.

En cada puerto se establecieron 20 parcelas fijas de 1 m² cada una. Los tratamientos experimentales realizados son: 5 parcelas control sin fertilizar (CS), 5 parcelas control y fertilizadas con nitrato amónico (CN), 5 parcelas donde se cortó toda la biomasa aérea de las especies *Calluna vulgaris* y *Erica tetralix* sin fertilizar (CES) y 5 parcelas donde se cortó toda la biomasa aérea de *Calluna* y *Erica* y se fertilizaron con nitrato amónico (CEN). La fertilización con nitrato amónico se realizó anualmente desde 1998 hasta el 2002 en el mes de mayo. El nivel de fertilizante empleado es equivalente a 2 veces los niveles de polución máxima actuales en éste área (5,6 g . m⁻². año⁻¹).

En cada parcela y con el fin de definir las características iniciales, antes de realizar los tratamientos experimentales, se evaluaron los porcentajes de cobertura de cada especie presente. Una vez realizados los tratamientos, anualmente, desde 1998 hasta 2002, se ha estimado el porcentaje de cobertura de todas las especies presentes.

A partir de los datos de cobertura se han calculado los valores medios por biotipos: Leñosas, herbáceas perennes y herbáceas anuales, así como el parámetro estructural riqueza de especies. Los datos de los biotipos y de la riqueza se analizan a través de un análisis factorial de la varianza de medidas repetidas (con el tiempo como medida repetida). Cuando se detectaban diferencias estadísticamente significativas en el conjunto, se aplicaba el test de Tukey (Tukey, 1949) para ver entre qué tratamientos existen diferencias significativas.

Se ha realizado un análisis de clasificación cuantitativo o "cluster", utilizando distancias euclideas para determinar la similitud o disimilitud entre tratamientos en cada una de las zonas de estudio. La variable que ha permitido realizar la clasificación es la cobertura de cada una de las especies presentes. Todos los análisis estadísticos se llevaron a cabo utilizando el paquete estadístico STASTISTICA '98.

RESULTADOS

En la Figura 1 sólo se representan los resultados obtenidos de la zona de Vegarada, ya que no se han detectado diferencias significativas entre las tres zonas de estudio ($P > 0,05$) ya que los resultados de la zona de San Isidro son similares a las anteriores. La fertilización con nitrógeno (Figura 1) favorece principalmente el aumento en cobertura de las especies herbáceas perennes, lo que se pone de manifiesto de forma significativa ($P < 0,05$) a los dos años de iniciar la fertilización. Las especies que más contribuyen a este aumento son *Potentilla erecta*, *Deschapsia flexuosa*, *Nardus stricta* y *Juncus scuarrosus*. Sin embargo, la fertilización no afecta de forma significativa ni a los valores de cobertura de las especies leñosas ni a las herbáceas anuales.

En la Figura 2 sólo se representan los resultados obtenidos de las zonas de San Isidro y Vegarada, ya que los resultados de la zona de Tarna son similares a los de la zona de Vegarada, no existiendo diferencias significativas entre ambas zonas. La corta de todas las especies leñosas representa un cambio importante en la composición y estructura de la comunidad, iniciándose un proceso de recuperación después de la perturbación. Al año, en las tres zonas de estudio, se aprecia una buena recuperación tanto de las especies leñosas,

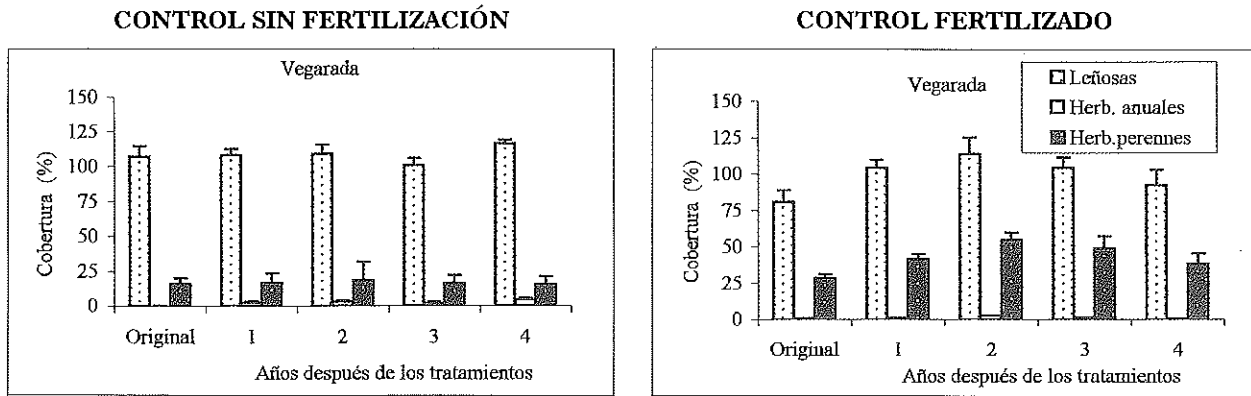


Figura 1. Cambios temporales en los porcentajes de cobertura por biotipos (Leñosas, herbáceas perennes y herbáceas anuales) en una de las zonas de estudio (Vegarada) en las parcelas control y en las parcelas control más fertilización.

como de las herbáceas perennes (Figura 2). El efecto aditivo de la fertilización después de corta provoca un incremento significativo ($P < 0,05$) de las herbáceas perennes, tanto al relacionarlo con la situación original como al comparar los porcentajes de cobertura de los diferentes biotipos. En el Puerto de San Isidro este incremento no es significativo. Las especies que aparecen, bien de forma exclusiva o con valores significativamente más elevados son: *Jasione montana*, *Cytisus purgans*, *Festuca rubra*, *Galium saxatile*, *Juncus squarrosus*, *Nardus stricta*, *Potentilla sp.* Al igual que ocurría en las parcelas sólo fertilizadas, las herbáceas anuales tienen valores de cobertura muy bajos. En las tres zonas de estudio las especies leñosas comienzan a regenerarse a partir del año. Comparando la situación pre-tratamientos con la situación a los cuatro años tanto de corta como de corta más fertilización, las especies leñosas que mejor se recuperan son *Erica tetralix* y *Vaccinium myrtillus*.

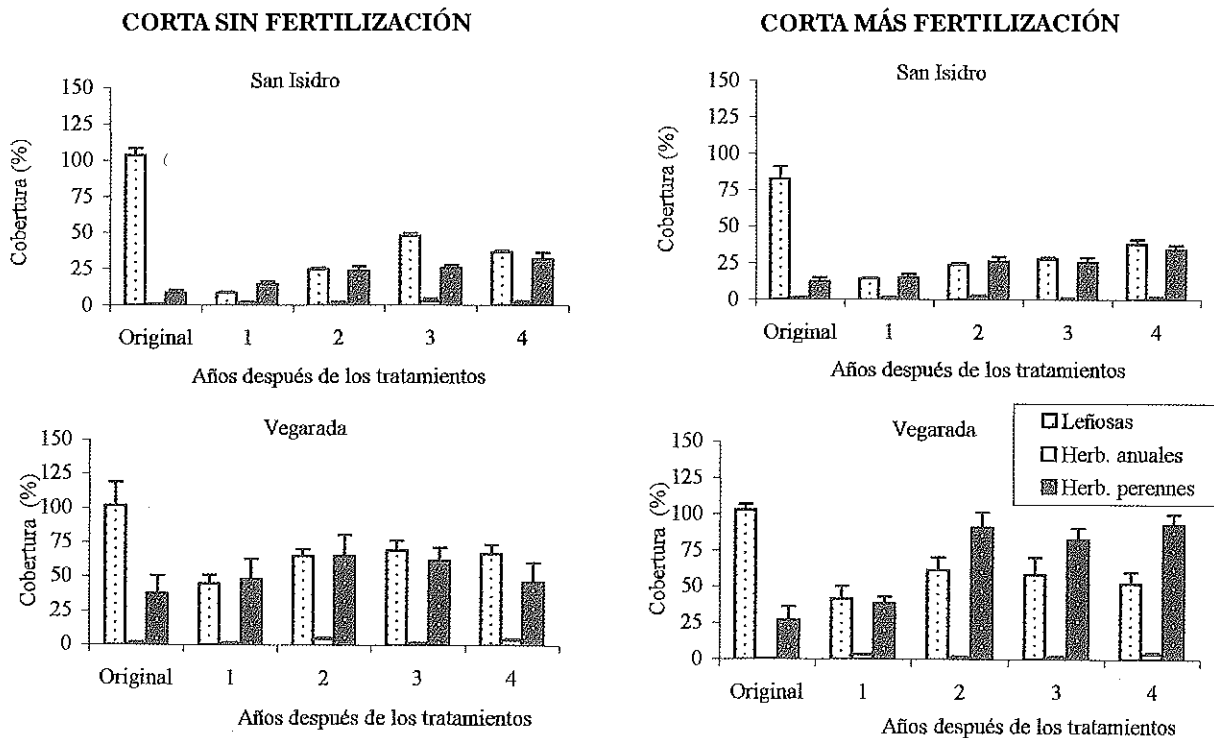


Figura 2. Cambios temporales en los porcentajes de cobertura por biotipos (Leñosas, herbáceas perennes y herbáceas anuales) en dos de las zonas de estudio (San Isidro y Vegarada) después de la corta y en las parcelas cortadas y fertilizadas.

Los valores de riqueza específica más elevados aparecen después del tratamiento de corta y fertilización (Figura 3), que son significativamente mayores ($P < 0,05$) que los de la situación original en las tres zonas de estudio. Por el contrario, los valores más bajos suelen aparecer en las parcelas control no fertilizadas, que no manifiestan diferencias significativas en el tiempo. Esto no ocurre en el puerto de Tarna, en el que la parcela cortada y no fertilizada es la que presenta los menores valores de riqueza, que además no manifiestan cambios significativos en el tiempo. En el puerto de Vegarada se aprecian los valores de riqueza más altos tanto en la situación original como después de los tratamientos, con valores que oscilan entre 16 y 29. Por el contrario, en San Isidro los valores de riqueza son bajos y oscilan entre 5 y 16 especies.

A través de un análisis de similitud (Figura 4) se observa una clara diferencia entre las parcelas que son sometidas a tratamiento de corta con y sin fertilización frente a las parcelas control y las parcelas fertilizadas, lo cual se explica fundamentalmente por la mayor cobertura y riqueza de las parcelas en las que se ha eliminado la especie dominante y por lo tanto permite la entrada de nuevas especies y la mayor cobertura de las herbáceas perennes.

DISCUSIÓN

El manejo tradicional mediante pastoreo en las comunidades dominadas por *Calluna vulgaris*, permitía el mantenimiento de las mismas como mosaicos de diferentes tipos de vegetación y diversidad estructural. Sin embargo, tanto el abandono de estas prácticas tradicionales como los efectos de la contaminación están produciendo cambios drásticos en la estructura y composición de estas comunidades (Aerts y Heil, 1993). En este trabajo se ha demostrado que la corta es uno de los mecanismos apropiados para mantener un elevado grado de diversidad vegetal en áreas donde ha disminuido el pastoreo. La apertura de claros en comunidades

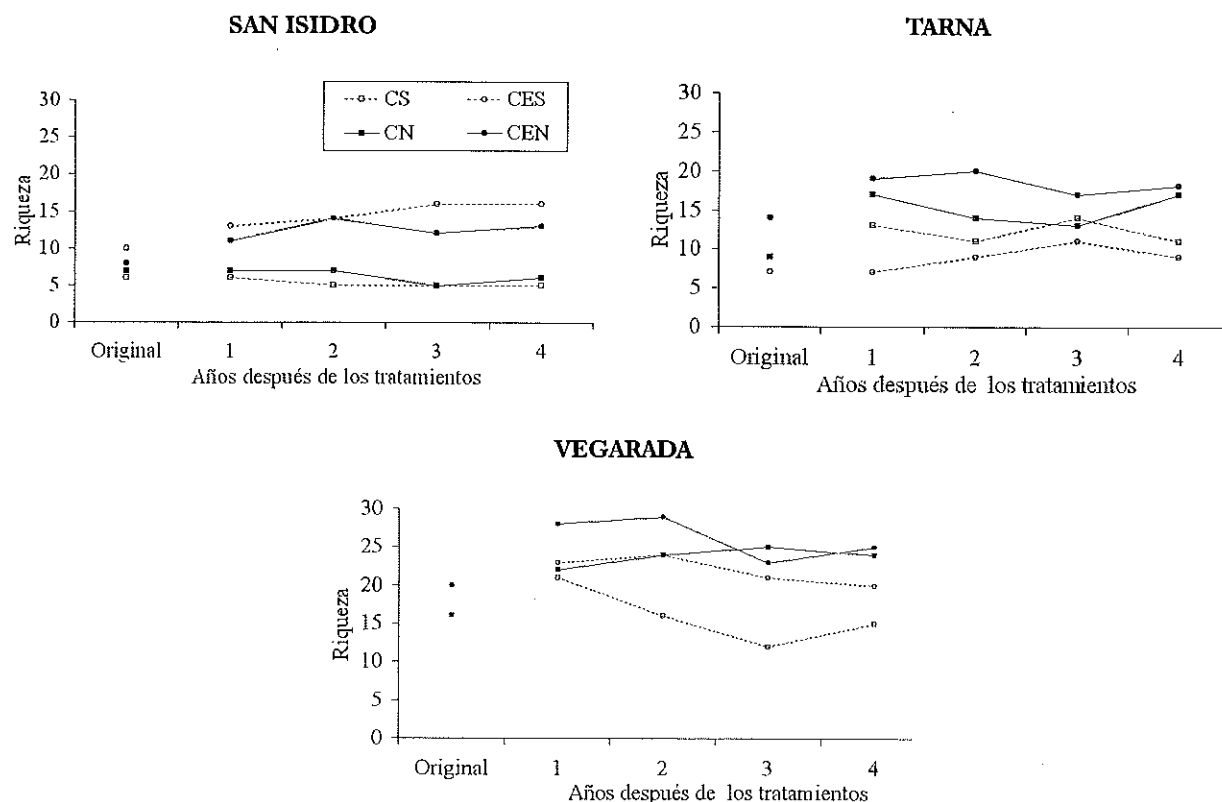


Figura 3. Cambios temporales de los valores de riqueza en las tres zonas de estudio en la situación control (CS), después de fertilizar (CN), después de corta (CES) y después de corta más fertilización (CEN)

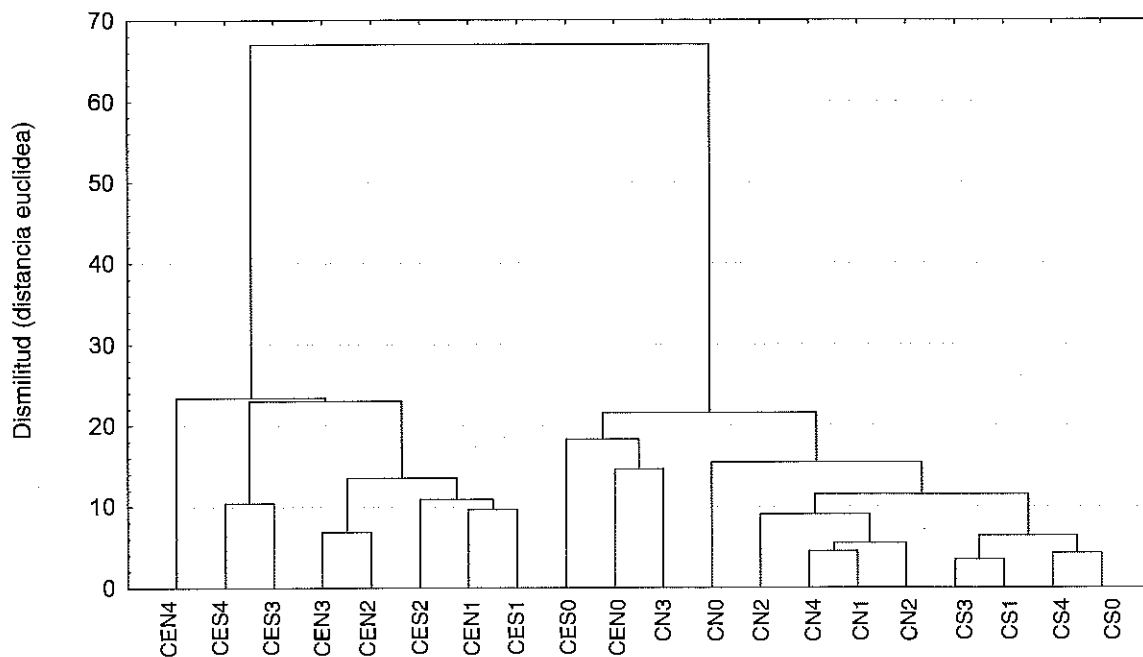


Figura 4. Dendrograma resultado del análisis de similitud entre tratamientos en el Puerto de San Isidro. Control sin fertilizar (CS), Control más fertilización (CN), Corta sin fertilizar (CES), Corta más fertilización (CEN). 0= situación original; 1,2,3,4: años desde los tratamientos.

maduras de brezal favorece la entrada de numerosas herbáceas, principalmente perennes durante bastante tiempo, ya que la competencia con las leñosas no se ha manifestado, al menos, durante los 4 años de estudio. Esto se basa fundamentalmente en que la recuperación de la especie dominante en estas comunidades (*Calluna vulgaris*) es muy lenta (Calvo *et al.*, 2002a) si se compara con el comportamiento de otras especies de brezales mediterráneos (Calvo *et al.*, 2002b). Esto es probablemente debido en parte a los factores abióticos que determinan un corto periodo vegetativo, pero además *Calluna vulgaris* se encuentra, en la zona, en una etapa madura de desarrollo (más de 20 años), lo que influye negativamente en la capacidad de rebrote vegetativo (Mohamed y Gimingham, 1970), y utilizan como principal mecanismo de recuperación la germinación. El otro de los procesos que en los brezales europeos está provocando cambios drásticos en su estructura y composición es la deposición de nitrógeno atmosférico (Carroll *et al.*, 1999). En el presente estudio se ha encontrado que la cantidad de fertilizante que se deposita en la zona de estudio no provocaría a corto plazo cambios drásticos en la comunidad. El principal efecto, de la adición de fertilizante, que se ha encontrado es el aumento de la riqueza y cobertura de las herbáceas perennes, algunas de las cuales podrían considerarse como de alta palatabilidad para los herbívoros. Así mismo, destacar que durante los cuatro años de seguimiento no se ha encontrado ninguna de las especies herbáceas que en otras zonas de brezal se consideran de efectos totalmente perjudiciales para el pastoreo, como *Molinia caerulea* (Pitcairn *et al.*, 1995).

Por tanto, se puede concluir que la corta se confirma como uno de los mecanismos alternativos al manejo tradicional de estas comunidades para mantener una mayor diversidad vegetal, y la corta más la fertilización, además de favorecer la diversidad, provoca un aumento de la calidad pascícola de estos callunares.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AERTS, R.; HEIL, G. W., 1993. *Heathlands. Patterns and Processes in a changing environment*. Kluwer Academic Publishers, 223 pp. Dordrecht.
- CALVO, L.; TÁRREGA, R.; LUIS, E., 2002a. Regeneration patterns in a *Calluna vulgaris* heathland in the Cantabrian mountains (NW Spain): effects of burning, cutting and ploughing. *Acta Oecologica*, **23**, 81-90.
- CALVO, L.; TÁRREGA, R.; LUIS, E., 2002b. The dynamics of Mediterranean shrubs species over 12 years following perturbations. *Plant Ecology*, **160**, 25-42.
- CARROLL, J.A.; CAPORN, J.M.; CAWLEY, L.; READ, D.J.; LEE, J.A., 1999. The effect of increased deposition of atmospheric nitrogen on *Calluna vulgaris* in upland Britain. *New Phytologist*, **141**, 423-431.
- MOHAMED, B.F.; GIMINGHAM, C.H., 1970. The morphology of vegetative regeneration in *Calluna vulgaris*. *New Phytologist*, **69**, 743-750.
- PITCAIRN, C.E.R.; FOWLER, D.; GRACE, J., 1995. Deposition of fixed atmospheric nitrogen and foliar nitrogen content of bryophytes and *Calluna vulgaris* (L.) Hull. *Environmental Pollution*, **88**, 193-205.
- RIVERO FERNÁNDEZ, C.; RABAGO JUAN-ARACIL, I.; SOUSA CARRERA, M.; LORENTE IBÁÑEZ, M.; SCHMID, T., 1996. *Cálculo y cartografía de cargas críticas para España. Aplicación del modelo SMB*. CIEMAT, Madrid.
- TUKEY, J.W., 1949. Comparing individual means in the analysis of variance. *Biometrics*, **5**, 99-114.
- WATT, A.S., 1955. Bracken versus heather, a study in plant sociology. *Journal of Ecology*, **43**, 490-506.
- WEBB, N., 1998. The traditional management of European heathlands. *Journal of Applied Ecology*, **35**, 987-990.

Consecuencias de la disminución en el aprovechamiento ganadero en la estructura de la comunidad vegetal

R. TÁRREGA, L. CALVO, C. DIEZ, E. LUIS, L. VALBUENA y E. MARCOS

Area de Ecología, Facultad de Ciencias Biológicas y Ambientales, Universidad de León, 24071 León (España)

RESUMEN: Se pretenden determinar los cambios que se producen en la comunidad vegetal en función del nivel de aprovechamiento ganadero. Para ello se compararon siete zonas: tres sistemas adhesados de *Quercus pyrenaica*, dos con buen aprovechamiento ganadero y otro en el que la carga había disminuido, dos robledales, uno con pasto extensivo de ovejas y aprovechamiento de leña y otro en el que se han abandonado estos usos, y dos brezales, consecuencia del abandono de pastos. Las cuatro zonas con algún uso ganadero se caracterizan por una mayor cobertura de herbáceas, unida a una mayor riqueza de especies y menor efecto de dominancia. La cobertura total por gramíneas es mayor en las zonas pastadas; sin embargo, si se expresa como proporción respecto a la cobertura de herbáceas es igual o superior en las zonas no pastadas. La comparación mediante un análisis de similitud cualitativo pone de manifiesto una gran semejanza en la composición específica de las tres dehesas, mientras que los robledales y brezales se parecen menos entre sí, aportando especies diferentes al conjunto.

Palabras clave: *Quercus pyrenaica*, brezal, dehesas, cambio de uso.

Consequences of decrease in grazing pressure in plant community structure

SUMMARY: The aim is to determine changes in plant community in relation to grazing pressure. Seven areas were compared: three *Quercus pyrenaica* "dehesa" systems (two of them with traditional pasture use and the third with less cattle raising), two oak forests (one of them with extensive grazing by sheep and the other with abandoned grazing use) and two shrublands, result of pasture abandonment. The four areas with low grazing pressure have higher herb cover and diversity (both by highest species richness and less dominance). Total cover by grass is the highest in areas with pasture; however, grass rate in relation to herb cover is even higher in abandoned areas. When all the areas are compared by a qualitative similarity analysis, it can be observed that dehesa systems have a very similar plant species composition, while shrublands and forests present more variability and they contribute with different species to increase global biodiversity.

Key words: *Quercus pyrenaica*, heathland, dehesas, management change.

INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas ha tenido lugar en la Península un progresivo abandono de muchos de los sistemas tradicionales de explotación extensiva de pastos, lo que ha dado lugar a la expansión de formaciones arbustivas, que se han asociado con una pérdida de biodiversidad. Sin embargo, este último aspecto puede ser cuestionable. Es cierto que numerosos trabajos han puesto de manifiesto una mayor diversidad de especies herbáceas, asociadas a la presencia de ganado (Zamora *et al.*, 2001), lo que es particularmente notable en las dehesas y pastizales mediterráneos (Montalvo *et al.*, 1993). Pero hay que tener en cuenta que el concepto de biodiversidad implica mucho más que contabilizar el número de especies; suponer que cuantas más especies tiene un ecosistema mejor funciona es una simplificación conceptualmente errónea (Magurran, 1989).

El objetivo de este trabajo es determinar el efecto del pastoreo sobre las características estructurales de la comunidad vegetal, y señalar qué influencia tiene la disminución o eliminación de la carga ganadera. Para ello, se comparan ecosistemas con diferente nivel de aprovechamiento: desde dehesas que mantienen el pasto tradicional hasta pastos abandonados que han dado lugar a formaciones de brezal. Se estudian también las situaciones intermedias, así como una zona de bosque, sin ningún aprovechamiento ganadero, y que probablemente representa el ecosistema con mayor grado de madurez.

MATERIAL Y METODOS

Para el estudio se seleccionaron siete zonas con diferente nivel de aprovechamiento ganadero, localizadas en la provincia de León, muy próximas entre sí y con similares condiciones ambientales. Se encuentran a una altitud comprendida entre 950 y 1100 m, con pendiente inferior al 15%. El clima es mediterráneo subhúmedo, y los suelos son tipo cambisoles (Junta de Castilla y León, 1987). Las zonas seleccionadas fueron:

- Tres formaciones adhesionadas, usadas como pastos comunales para ganado ovino y bovino de sus respectivos municipios. Dos de ellas, las pertenecientes a Almanza (denominada Dehesa de Almanza = DA) y Palacios de Rueda (Dehesa de Rueda = DR), mantenían el aprovechamiento pascícola tradicional en el momento de ser muestreadas. Sin embargo, en la tercera, perteneciente al pueblo de Corcos (Dehesa de Corcos = DC), la carga ganadera, fundamentalmente ovino, había disminuido considerablemente, por lo que empezaba a proliferar en ella el matorral. En todas ellas, el arbolado estaba constituido por ejemplares dispersos de *Quercus pyrenaica* Willd., con tronco grueso y gran cobertura de copa, consecuencia del manejo.
- Dos robledales, también de *Quercus pyrenaica*, con elevada densidad de árboles de mayor altura (unos 10 m), pero menor grosor de tronco y menor cobertura de copa que en las dehesas, consecuencia de su crecimiento natural. Uno de ellos, próximo a Vegaquemada (Robledal de Vegaquemada = RV), es zona de pasto extensivo de ganado ovino, que se explota además para obtención de leña. El otro, próximo al pueblo de Corcos (Robledal de Corcos = RC), tuvo probablemente los mismos usos, pero en el momento del muestreo estos estaban prácticamente abandonados, considerándose como el ecosistema más maduro y natural de los estudiados.
- Dos brezales, dominados por *Erica australis* L., situados en antiguas zonas de pasto abandonadas por lo menos 20 años antes. Uno de ellos está contiguo a la Dehesa de Rueda (Brezal de Rueda = BR) y el otro a la Dehesa de Corcos (Brezal de Corcos = BC).

Por tanto, hay dos zonas con mayor aprovechamiento ganadero (DA y DR), dos con una menor carga ganadera (DC y RV) y tres actualmente no pastadas, los dos brezales (BR y BC) y el robledal de Corcos (RC). En todas estas zonas se estudió la vegetación del sotobosque, mediante una unidad de muestreo de 1 m², cuando en el sotobosque aparecían especies arbustivas (robledal de Corcos y los dos brezales), y de 0,25 m², cuando dominaban las herbáceas (las tres dehesas y el robledal de Vegaquemada). En cada una de estas unidades se estimaba visualmente el porcentaje de cobertura (en proyección vertical sobre el suelo) de cada especie presente; los valores de cobertura total superiores al 100% se explican por la superposición de estratos. El número de muestreos realizados en cada zona fue diferente, en función de su extensión, pero siempre igual o superior al mínimo requerido para caracterizar adecuadamente la comunidad vegetal. Todos los cálculos posteriores se realizaron a nivel de comunidad, considerando el conjunto de muestreos de cada zona.

Como índice de diversidad se utilizó la riqueza (número de especies), ya que otros índices que consideran también la uniformidad, como el índice de Shannon, pueden inducir a confusión si se utilizan para comparar inventarios que presenten sólo especies herbáceas e inventarios que presenten a la vez especies herbáceas y leñosas. La noción de uniformidad, o más concretamente su inverso, se analiza mediante el índice de Berger-Parker, que mide la dominancia por comparación de la abundancia (cobertura, en este caso) de la especie más abundante en cada zona respecto a la abundancia total de esa zona (sumatorio de cobertura de todas las especies encontradas) (Magurran, 1989).

Se realizó un análisis en componentes principales para comparar globalmente las siete zonas estudiadas utilizando las siguientes variables: riqueza de especies, índice de dominancia, cobertura de leñosas, cobertura de herbáceas, porcentaje de gramíneas y porcentaje de leguminosas (calculadas respecto a la cobertura de herbáceas). También se comparó su composición específica mediante un análisis de similitud cualitativo, que sólo tiene en cuenta la presencia de especies pero no su abundancia, utilizándose para ello el índice de Sorensen (Magurran, 1989) y agrupando los resultados por el método U.P.G.M.A.

RESULTADOS

La mayor diversidad se encuentra en las dos zonas con presión baja de pastoreo, la dehesa de Corcos (DC) y el robledal de Vegaquemada (RV) (Tabla 1); en ambas aparece la máxima riqueza de especies y el índice de

dominancia es bajo, lo que indica gran uniformidad. Las dos dehesas con buen uso ganadero (DA y DR) presentan valores de dominancia similares, pero la riqueza de especies es algo menor. En estas cuatro zonas la especie más abundante es alguna gramínea (*Vulpia bromoides* y *Agrostis capillaris* en DR, *Festuca rubra* en DA y DC, y *Brachypodium pinnatum* en RV) y las leñosas son escasas en el sotobosque (su cobertura media es menor del 24% en las zonas de baja presión de pasto y no se encontró ninguna en las dos dehesas pastadas). Sin embargo, en las comunidades no pastadas (los dos brezales y el robledal de Corcos), el índice de Berger-Parker es mayor, siendo dominante alguna especie leñosa (*Arctostaphylos uva-ursi* en el robledal y brezal de Corcos, y *Erica australis* en el brezal de Rueda). En el brezal de Rueda hay tramos con suelo descubierto (la cobertura total es inferior al 80%); lo contrario ocurre en el brezal de Corcos, en el que la cobertura de leñosas es casi del 150%, debido a la presencia de *Arctostaphylos uva-ursi* (especie de porte rastrero que alcanza coberturas medias del 55%), así como de especies de mayor porte como *Erica australis* y *Calluna vulgaris*. Cabe destacar que la comunidad en principio más madura, el robledal de Corcos (RC), es la que presenta la menor diversidad.

Tabla 1. Valores de cobertura media de las especies más abundantes o frecuentes en cada una de las zonas de estudio. Riqueza de especies (número total de especies encontradas en cada comunidad), índice de dominancia y sumatorio de cobertura de especies herbáceas y leñosas.

	DR	DA	DC	RV	RC	BR	BC
<i>Agrostis capillaris</i>	17,1	6,9	9,3	2,3	0,3	0,3	1,9
<i>Avenula marginata</i>	-	-	-	4,7	1,0	9,1	1,2
<i>Brachypodium pinnatum</i>	-	-	-	18,9	-	-	0,1
<i>Carex praecox</i>	-	-	-	9,2	-	-	-
<i>Festuca rubra</i>	15,6	19,9	21,1	11,5	3,5	-	1,3
<i>Lolium perenne</i>	0,2	7,6	0,4	-	-	0,3	-
<i>Vulpia bromoides</i>	17,7	7,2	8,5	-	-	-	-
<i>Lotus corniculatus</i>	1,1	2,9	0,7	0,1	0,2	0,7	0,1
<i>Trifolium repens</i>	4,4	4,2	2,1	0,5	-	-	-
<i>Bellis perennis</i>	1,5	4,5	1,1	0,5	-	-	-
<i>Galium verum</i>	4,0	2,4	1,7	-	-	-	-
<i>Hieracium pilosella</i>	1,3	4,6	1,9	2,7	-	0,5	0,1
<i>Hypochoeris radicata</i>	4,3	2,5	2,9	0,1	-	2,7	0,2
<i>Plantago lanceolata</i>	6,2	3,6	2,1	0,2	-	-	-
<i>Tuberaria guttata</i>	8,6	7,0	3,5	-	0,1	0,3	-
<i>Gemistella tridentata</i>	-	-	0,3	5,9	-	0,8	4,2
<i>Arctostaphylos uva-ursi</i>	-	-	0,8	-	46,5	-	55,0
<i>Calluna vulgaris</i>	-	-	10,0	-	5,5	0,3	31,5
<i>Erica australis</i>	-	-	1,5	-	0,2	50,7	48,7
<i>Quercus pyrenaica</i>	-	-	0,2	11,7	27,6	0,4	-
Cobertura Herbáceas	98,2	97,6	83,2	89,2	15,5	20,3	11,5
Cobertura Leñosas	0,0	0,0	15,5	23,8	83,0	58,2	148,5
Riqueza de Especies	36	36	49	47	26	30	36
Índice de Dominancia	0,18	0,20	0,21	0,17	0,47	0,65	0,34

DR = Dehesa Rueda, DA = Dehesa Ahnanza, DC = Dehesa Corcos, RV = Robledal Vegaquemada, RC = Robledal Corcos, BR = Brezal Rueda, BC = Brezal Corcos

Al determinar el porcentaje de cobertura por gramíneas, leguminosas y otras familias (Figura 1) se observa que la proporción de gramíneas es mucho menor en las zonas con menor cobertura herbácea, y lo mismo puede decirse de la proporción de leguminosas. Sin embargo, si se prescinde de las leñosas y este porcentaje se calcula respecto a la cobertura herbácea, se pone de manifiesto que las gramíneas siguen siendo proporcionalmente igual o más abundantes, representando más del 65% del total de la cobertura herbácea en el brezal de Corcos. Las leguminosas son escasas en todas las zonas.

En el análisis en componentes principales realizado considerando como variables algunas de las características estructurales (Figura 2), las cuatro zonas con algún nivel de pastoreo (DA, DR, DC y RV) aparecen muy próximas en el extremo positivo del primer eje, asociadas a la mayor riqueza de especies (y menor efecto

pastadas, si bien a un nivel superior. En este grupo, sólo un 37% de especies son comunes a las cuatro zonas (robledales y brezales); además, las dos comunidades más parecidas, RC y BC, comparten sólo un 50% de sus especies. Teniendo en cuenta esto, la supuesta pérdida de diversidad asociada al abandono del pastoreo debe ser matizada. Las dos dehesas pastadas tienen una gran diversidad intra-hábitat, pero las dos en conjunto sólo presentan 46 especies diferentes, frente a los dos brezales que tienen 51 especies distintas. Si se considera la diversidad a una mayor escala espacial, como número de especies diferentes encontradas en formaciones próximas, la dehesa y el brezal de Rueda presentan en conjunto 55 especies. Por su parte, las formaciones de Corcos (dehesa, robledal y brezal), contiguas en el espacio y cuyas diferencias son sólo consecuencia del diferente uso, suman entre las tres 77 especies distintas. Cabe destacar que, si además se incluye la dehesa de Almanza, muy próxima a las anteriores, no se añade ninguna especie nueva.

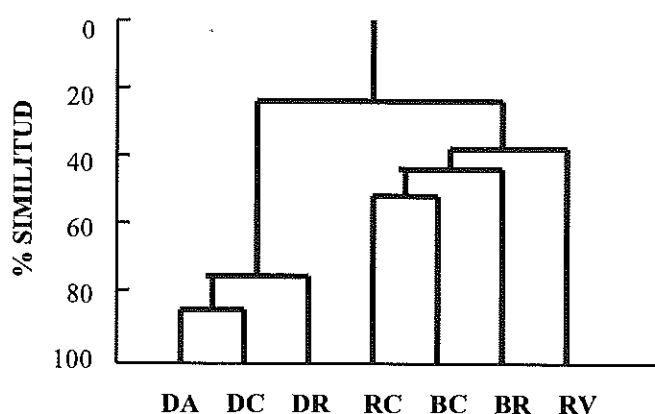


Figura 3. Dendrograma resultado del análisis de similitud cualitativo de las zonas de estudio.

DISCUSION

La disminución de la cobertura de herbáceas como consecuencia de la proliferación del matorral es un fenómeno constatado por numerosos autores. Fernández-Santos *et al.* (1996) encuentran además que estos efectos son más patentes para las leguminosas que para las gramíneas. Esto coincide en parte con los resultados obtenidos en las zonas estudiadas, ya que en el análisis en componentes principales se observa una asociación de las leguminosas (más adaptadas a condiciones de luminosidad) con la presencia de herbáceas, y de las gramíneas con las leñosas (cuando las proporciones se referencian a la cobertura de herbáceas y no a la cobertura total).

La mayor diversidad intra-hábitat de las zonas pastadas coincide con lo observado en otros trabajos (Zamora *et al.*, 2001). Sin embargo, en el presente estudio podrían considerarse como zonas más diversas las dos con disminución de carga ganadera, la dehesa de Corcos y el robledal de Vegaquemada. Ambas presentan pequeños rodales con pastoreo, que favorecen a las herbáceas y mantienen una diversidad relativamente alta, y otros con dominio de matorral, que determinan microhábitats distintos y por tanto diferentes especies. Además, cabe destacar que a un nivel de escala regional, la mayor diversidad se conseguiría manteniendo un mosaico de ecosistemas que combinaran diferentes presiones de pastoreo, ya que las especies que aparecen en cada uno no son exactamente las mismas, como tampoco lo es su diversidad estructural, dinámica y funcionamiento.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- FERNÁNDEZ-SANTOS, B.; GÓMEZ-GUTIÉRREZ, J.M.; GRANDE, G.; TÁRREGA, R., 1996. Efectos del matorral sobre las herbáceas en la comarca de Sanabria. En: *Actas XXXVI Reunión Científica de la SEEP*, 107-111.
- JUNTA DE CASTILLA Y LEÓN, 1987. *Mapa de suelos de Castilla y León*. Junta de Castilla y León. España.
- MAGURRAN, A.E., 1989. *Diversidad ecológica y su medición*. Ed. Vedral. Barcelona.
- MONTALVO, J.; CASADO, M.A.; LEVASOR, C.; PINEDA, F.D. 1993. Species diversity in Mediterranean grasslands. *Journal of Vegetation Science*, 4, 213-222.
- ZAMORA, R.; GÓMEZ, J.M.; HÓDAR, J.A. 2001. Las interacciones entre plantas y animales en el Mediterráneo: importancia del contexto ecológico y el nivel de organización. En *Ecosistemas Mediterráneos. Análisis funcional*, 237-268. Eds. R. ZAMORA y F.I. PUGNAIRE. CSIC y AEET.

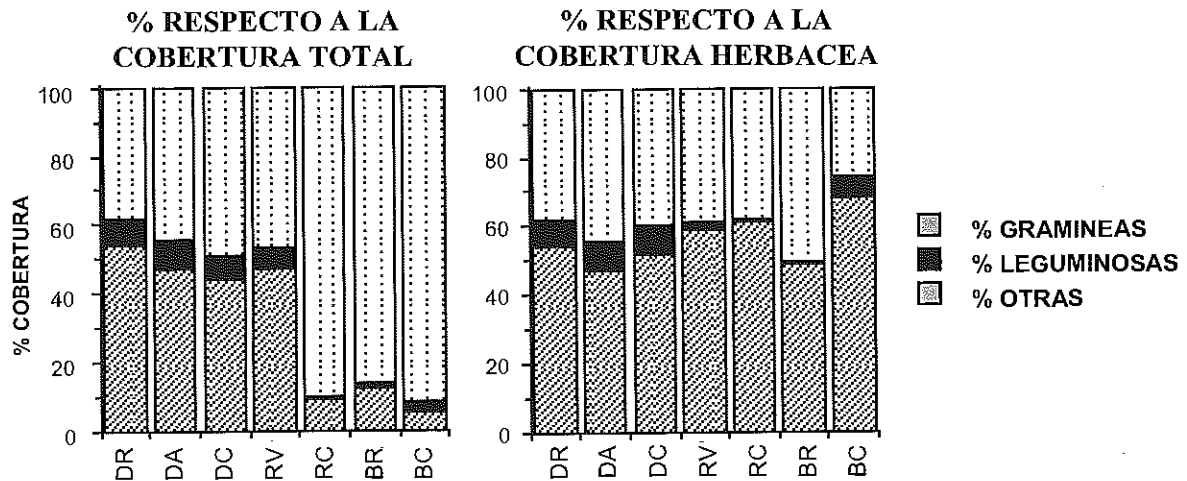


Figura 1. Porcentaje de cobertura de gramíneas, leguminosas y otras familias respecto al total de cobertura vegetal y respecto a la cobertura de especies herbáceas.

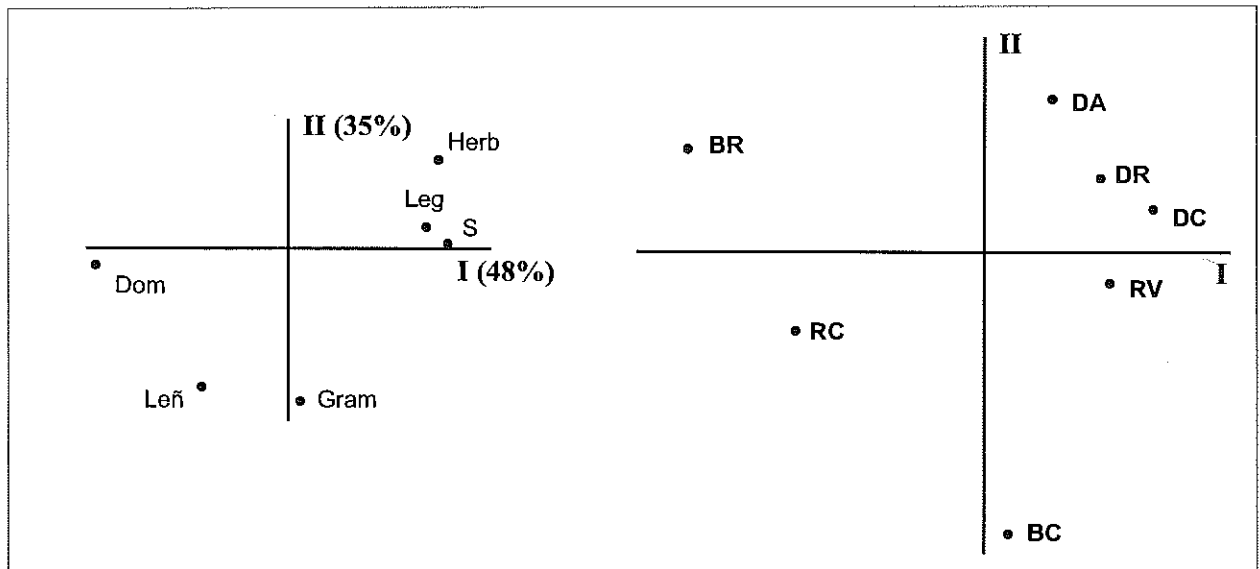


Figura 2. Localización en el plano definido por los dos primeros ejes del análisis en componentes principales de las variables y las zonas estudiadas. (S = Riqueza de especies, Dom = Índice de Dominancia, Herb = Cobertura de herbáceas, Leñ = Cobertura de leñosas, Gram = % de cobertura por gramíneas respecto a la cobertura de herbáceas, Leg = % de cobertura por leguminosas respecto a la cobertura de herbáceas).

de dominancia), así como mayor cobertura de herbáceas (con la mayor proporción de leguminosas). Las zonas no pastadas no son tan similares. El brezal de Corcos, con mayor cobertura leñosa, se encuentra asociado a la mayor proporción de gramíneas (respecto a las herbáceas); el otro brezal destaca sobre todo por su mayor índice de dominancia, mientras que el robledal de Corcos se sitúa en una posición intermedia entre ambos.

Cuando se analizan estas zonas respecto a su composición específica, en el conjunto de muestreos realizados se registró un total de 107 especies, de las cuales 41 apreciaban solamente en alguna zona y sólo 2 eran comunes a todas ellas. En el dendrograma de similitud se sigue apreciando un gran parecido entre las tres dehesas, con casi un 75% de especies comunes (Figura 3). Sin embargo, en este caso, la asociación no está tan condicionada por la carga ganadera, ya que el robledal de Vegaquemada se une al grupo de las zonas no

Determinación de unidades de vegetación mediante el programa TWINSpan en áreas cinegéticas de Extremadura

D. PATON¹, T. BUYOLO¹, L. FERNÁNDEZ² y J. CABEZAS¹

¹Área de Ecología y ²Área de Edafología. Universidad de Extremadura. Avda. de Elvas s/n 06071 Badajoz (España).

RESUMEN: En el presente trabajo analizamos el comportamiento de un conocido programa usado ampliamente en Ecología para clasificar las Unidades de Vegetación denominado TWINSpan. A pesar de la antigüedad de dicho programa, es reconocido ampliamente que las salidas que genera son bastante realistas y menos artificiosas que los métodos basados en clasificaciones (UPGMA, etc...) sobre matrices de distancias (Jaccard, etc...). No obstante, hemos decidido probar intensamente el programa con 313 transectos de vegetación leñosa en dos áreas cinegéticas extremeñas: el Parque Natural de Monfragüe (n=186) y la Sierra de San Pedro (n=127). Se han realizado pruebas fijando 3 o 10 especies bio-indicadoras, tras comprobar que la salida por defecto del programa, con 6 especies indicadoras, no se correspondía al 100% con lo observado. Los resultados obtenidos confirman que la elección de menos de 10 bio-indicadores atomiza los resultados en múltiples unidades no coherentes con la experiencia subjetiva en el campo. Muy posiblemente esto es debido a ligeros gradientes ambientales de transición entre unidades muy claramente definidas. Tomar una decisión sobre el número y la composición botánica de las Unidades de Vegetación tiene una gran importancia a la hora de abordar un posterior estudio sobre la Capacidad de Carga de los venados.

Palabras clave: Capacidad de carga, especies indicadoras, ciervo, Monfragüe, Sierra de San Pedro.

Determination of plant communities using TWINSpan programme in two areas of Extremadura region under deer management

SUMMARY: In the present work we analyze TWINSpan results of 313 transects in two areas of Extremadura region (186 in Monfragüe Natural Park and 127 in Sierra de San Pedro). We tests this programme with 3 and 10 bioindicators. Results indicate that with less than 10 bioindicators behavior of programme is not satisfactory due to an excess of fragmentation in very local units.

Key words: Carrying capacity, bioindicators, deer, Monfragüe, Sierra de San Pedro.

INTRODUCCIÓN

Para determinar la capacidad de carga de un área es necesario previamente estimar de modo fiable las diferentes Unidades de Vegetación en las que nos vamos a basar para luego calcular la oferta forrajera y el valor nutritivo de esta (Álvarez, 1998). Después y solo después, podemos estudiar si existe o no similitud entre Unidades de Vegetación en base al manejo. El concepto de Unidad de Vegetación no puede ser enfrentado al de Unidad de Gestión, ya que son conceptos complementarios y nunca excluyentes. Mientras el concepto de Unidad de Gestión es muy claro, conviene precisar que Unidad de Vegetación se define como un tipo particular de formación vegetal, de especies leñosas y herbáceas, que se asocia a determinadas características climáticas, edáficas, etc... (Buyolo, 1999; Escudero, 1977). Como diferentes Unidades de Vegetación pueden tener especies coincidentes, surge el término bio-indicador como la especie o especies que se asocian preferentemente en una Unidad de Vegetación y que tienen porque ser la especie más abundante. En el presente trabajo, abordamos un estudio de clasificación de Unidades de Vegetación basándonos en el comportamiento del programa TWINSpan en dos áreas cinegéticas: Sierra de San Pedro y Parque Natural de Monfragüe. Los resultados obtenidos nos dan una herramienta básica para gestionar grandes áreas de territorio subdividiéndolas en Unidades de Vegetación en base a sus especies indicadoras, que al ser más operativas permitirían calcular la oferta forrajera, el valor nutritivo de esta y las demandas reales de los ciervos en cada una de ellas. Gracias a ello, es posible determinar la capacidad de carga de grandes áreas cinegéticas en Extremadura.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se realizaron 313 transectos de 50x2 m² en dos áreas cinegéticas de Extremadura (186 en el Parque Natural de Monfragüe y 127 en la Sierra de San Pedro), en los que se determinaron los individuos de cada especie arbustiva y su situación en el transecto. Los datos se transformaron al formato de la Universidad de Cornell mediante las utilidades asociadas al programa TWINSpan. Este programa, pese a su antigüedad se sigue utilizando en Ecología (Aiko *et al.*, 2000; Leps y Smilauer, 1999) habiéndose aplicado en diferentes ecosistemas áridos (Abd el Ghani, 2000), forestales (Brosofske *et al.*, 1999; Chou *et al.*, 2000; McNab, 1999; Simon y Lucíañez, 2000), de alta montaña (Sperduto y Cogbill, 1999) y subtropicales (West *et al.*, 2000). El programa TWINSpan fue aplicado a Monfragüe y San Pedro por separado, debido a sus diferencias edafológicas, climáticas, geográficas, botánicas y de manejo. TWINSpan usa por defecto 6 especies indicadoras. Para analizar si la salida generada era coherente con nuestras apreciaciones subjetivas en el campo, se examinaron los resultados generados con 3 y 10 especies indicadoras. Las diferencias observadas en las salidas se compararon utilizando cuatro criterios: número de unidades determinadas, precisión / ubicuidad de los indicadores utilizados, concordancia entre resultados objetivos contra apreciación subjetiva y finalmente relación entre las unidades determinadas y factores ecológicos diversos (suelo, clima, etc.).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Aparecieron un total de 55 especies de leñosas en los 313 transectos realizados en las áreas cinegéticas (Tabla 1). Los resultados del TWINSpan indican claramente que existe una enorme influencia del número de especies bioindicadoras seleccionadas sobre los resultados obtenidos. Las seis especies bioindicadoras que usa por defecto el programa son a nuestro juicio pocas por la escasez de especies arbustivas que tenemos y por la gran complejidad de las situaciones de transición entre unidades. Con tres especies bioindicadoras se generan unidades muy locales y poco relevantes de cara a la gestión de grandes áreas cinegéticas. Por lo tanto, a mayor necesidad de detalle, debemos usar menos bioindicadores.

Tabla 1. Listado de especies detectadas en los transectos realizados en las áreas cinegéticas de Monfragüe y Sierra de San Pedro

Anacardiaceae	Liliaceae
<i>Pistacea lentiscus</i> L.	<i>Asparagus albus</i> L.
<i>Pistacea terebinthus</i> L.	<i>Ruscus aculeatus</i> L.
Caprifoliaceae	Fabaceae
<i>Lonicera implexa</i> Aiton	<i>Cytisus scoparius</i> (L.) Link
<i>Viburnum tinus</i> L.	<i>Cytisus multiflorus</i> L'Her.
Caryophyllaceae	<i>Genista hirsuta</i> Vahl.
<i>Santolina rosmarinifolia</i>	<i>Genista tridentata</i> L.
Cistaceae	<i>Retama sphaerocarpa</i> (L.) Boiss.
<i>Cistus albidus</i> L.	<i>Stauracanthus genistoides</i> (Brot.)
<i>Cistus crispus</i> L.	<i>Ulex eriocladius</i> C.Vicioso
<i>Cistus ladanifer</i> L.	Myrtaceae
<i>Cistus monpelienis</i>	<i>Eucalyptus</i> spp.
<i>Cistus populifolius</i> L.	<i>Myrtus communis</i> L.
<i>Cistus salvifolius</i> L.	Oleaceae
<i>Halimium halimifolium</i> L.	<i>Fraxinus angustifolia</i> Vahl
<i>Halimium umbellatum</i> L.	<i>Jasminum fruticosum</i> L.
Cupressaceae	<i>Olea europaea sylvestris</i> L.
<i>Juniperus oxycedrus</i> L.	<i>Phyllirea angustifolia</i> L.
Ericaceae	<i>Phyllirea latifolia</i> L.
<i>Arbutus unedo</i> L.	Pinaceae
<i>Calluna vulgaris</i> (L.) Hull	<i>Pinus pinaster</i> L.
<i>Erica australis</i> L.	Rhamnaceae
<i>Erica lusitanica</i> Rudolphi	<i>Rhamnus alaternus</i> L.
Fagaceae	<i>Rhamnus oleoides</i> L.
<i>Quercus coccifera</i> L.	Rosaceae

<i>Quercus faginea</i> Lam.	<i>Crataegus monogyna</i> Jacq.
<i>Quercus rotundifolia</i> Lam.	<i>Pyrus bourgaeana</i> Decne
<i>Quercus suber</i> L.	<i>Rosa canina</i> L.
Clusiaceae	<i>Rubus ulmifolius</i> Schott
<i>Hypericum perforatum</i> L.	<i>Santalaceae</i>
Lamiaceae	<i>Osyris alba</i> L.
<i>Lavandula stoechas</i> L.	<i>Thymelaeaceae</i>
<i>Origanum virens</i> Hoffmanns.	<i>Daphne gnidium</i> L.
<i>Phlomis purpurea</i> L.	<i>Ulmaceae</i>
<i>Rosmarinus officinalis</i> L.	<i>Celtis australis</i> L.
<i>Sideritis arborescens</i> Salzm. Ex Bentham	
<i>Thymus mastichina</i> L.	

En Sierra de San Pedro por ejemplo, con tres especies indicadoras se separan como unidades las formaciones con torvisco (*Daphne gnidium* L.). Obviamente, esta especie que aparece muy dispersa en jarales, genistares, romerales y encinares y no pueda caracterizar por si sola ninguna Unidad de Vegetación. Un buen criterio sería partir de pocos bioindicadores e ir aumentando su número hasta comprobar que los resultados obtenidos (objetivos) tienen concordancia con la opinión y experiencia subjetiva de diferentes expertos en el campo.

TWINSPAN muestra grandes diferencias entre Monfragüe y Sierra de San Pedro, ya que en esta última hay comunidades de matorrales más térmicos, que se separan como unidades de vegetación independientes.

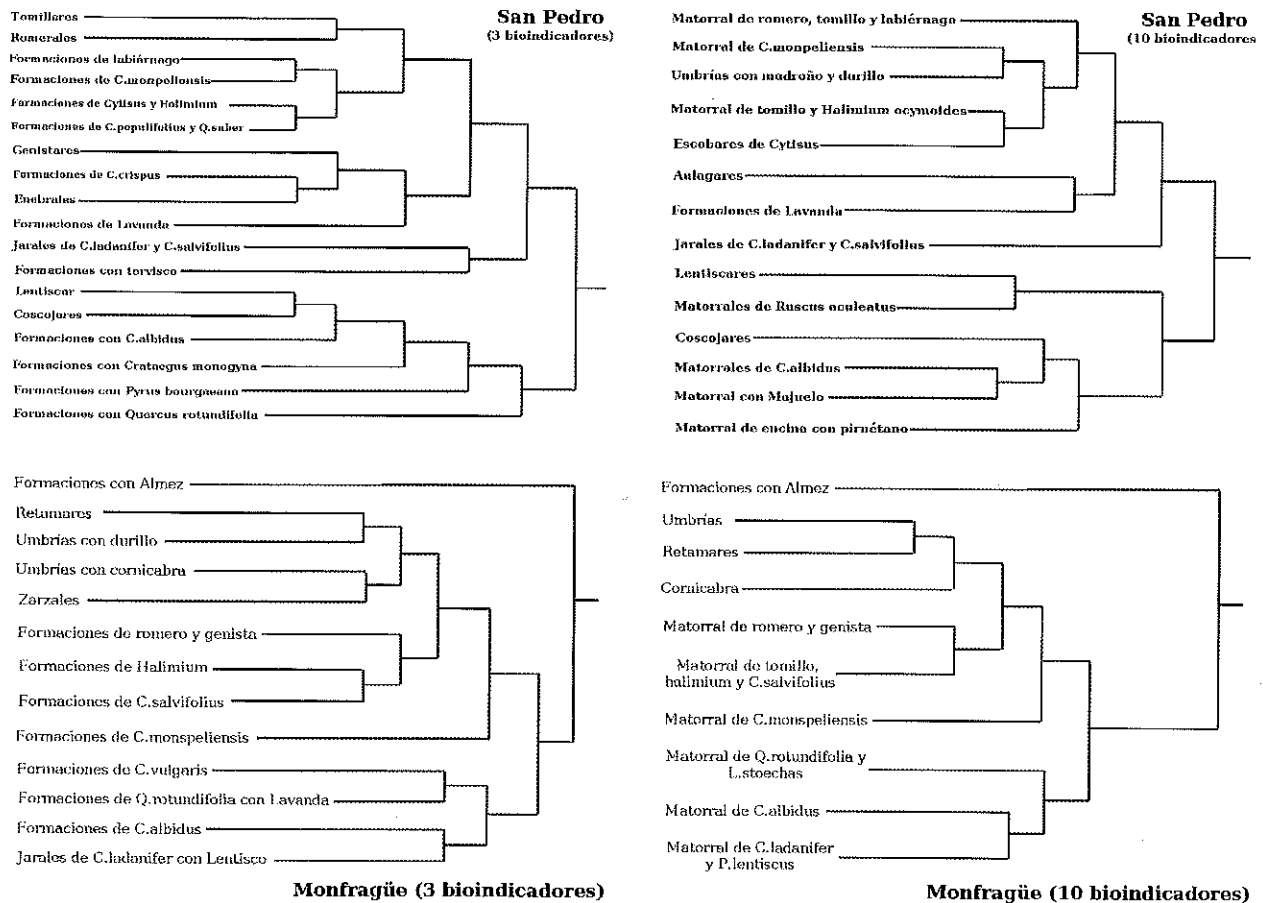


Figura 1.—Resultados de los análisis TWINSpan en áreas cinegéticas de Monfragüe y Sierra de San Pedro con 3 y 6 especies bioindicadoras.

Es el caso de las formaciones con dominancia de tomillo, romero o *Halimium*, que no se encuentran separadas como tales en Monfragüe, aunque estén presentes las mismas especies. Además, en Monfragüe aparecen especies del mediterráneo subhúmedo que no se encuentran en la Sierra de San Pedro, como el Arce de Montpellier (*Arce monspessulanum*). Las formaciones térmicas de la Sierra de San Pedro causan un aumento de Unidades de Vegetación (18 con 3 bioindicadores y 14 con 10 bioindicadores) respecto a Monfragüe (13 con 3 bioindicadores y 10 con 10 bioindicadores).

Existe una marcada relación entre el número de especies indicadoras utilizadas y los resultados del TWINSPAN. Esta excesiva fragmentación no tiene sentido en la gestión de especies de caza mayor cuyas áreas de campeo pueden ser de cientos o miles de hectáreas. Una excesiva integración de unidades tampoco es recomendable, ya que puede generar errores importantes en el cálculo de parámetros como la productividad forrajera. Es preciso llegar a una interrelación entre la experiencia subjetiva del gestor y los resultados objetivos de programas estadísticos. Una vez definida una metodología podemos aplicarla extensamente y validarla.

CONCLUSIONES

La importancia de definir Unidades de Vegetación realistas y en número apropiado es muy importante en la Gestión Cinegética, ya que un exceso de atomización puede darnos unidades poco relevantes, muy locales y de escasa extensión. En la gestión de pastos podría caerse en dos extremos poco recomendables. El primero, sería desechar los métodos matemáticos por considerar que introducen artefactos no realistas, pudiendo caer en el extremismo de desechar la estadística como ciencia y todas las aplicaciones que de esta se deriven. Obviamente siempre es mejor tener una aproximación a la realidad, por imperfecta que sea, que nada. El segundo extremo, es el de desechar la experiencia subjetiva basada en la opinión de expertos. En muchos casos, nos planteamos procedimientos estadísticos para comprobar si ciertas apreciaciones subjetivas son realmente ciertas y lo cierto en ciencia es lo que es medible y repetible. La opinión de expertos es sin duda un mecanismo generador de posteriores estudios incluso metodológicos. Ahora bien: ¿Quién decide quién es o quién no es experto? Etimológicamente hablando, experto es el que tiene mayor experiencia en un área dada y esta viene marcada tanto por la antigüedad como por el rendimiento en un área concreta de estudio. Este estudio demuestra que es posible ajustar el número de bioindicadores para hacer coincidir la necesidad de gestión por un lado, con la opinión subjetiva de expertos por otro, y por tanto el nivel de fragmentación asumible por la sostenibilidad del sistema.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Don Ángel Rodríguez, Director del Parque Natural de Monfragüe y a la guardería del mismo, las facilidades prestadas para la realización de este trabajo. El presente estudio ha sido financiado por el proyecto CICYT REN2003-05062/GLO del Ministerio de Ciencia y Tecnología.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABD EL GHANI, M.M., 2000. Vegetation composition of Egyptian inland saltmarshes. *Botanical Bulletin of Academy Sinica*, **41**, 305-314.
- AIKIO, S.; VÄRE, H.; STRÖMMER, R., 2000. Soil microbial activity and biomass in the primary succession of a dry heath forest. *Soil Biology and Biochemistry*, **32**, 1091-1100.
- ÁLVAREZ, J., 1998. *Dinámica sucesional tras el abandono y recuperación del matorral mediante pastoreo controlado. Experiencia en un sector de la montaña de León*. Ed. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Lleida, 136 pp. Lleida (España).
- BROSOFKSKE, K.D.; CHEN, J.; CROW, T.R.; SAUNDERS, S.C., 1999. Vegetation responses to landscape structure at multiple scales across a Northern Wisconsin, USA, pine barren landscape. *Plant Ecology*, **143**, 203-218.

- BUYOLO, T., 1999. *Procesos evolutivos del paisaje y complejos ambientales del actual Parque Natural de Monfragüe*. Tesis Doctoral. Universidad de Extremadura, 148 pp. Badajoz (España).
- CHOU, C.H.; CHEN, T.Y.; LIAO, C.C.; PENG, C.I., 2000. Long-term ecological research in the Yuangyang Lake forest ecosystems I. Vegetation composition and analysis. *Botanical Bulletin of Academy Sinica*, **41**, 61-72.
- ESCUADERO, J.C., 1977. *Comparación de las estructuras de Biocenosis animales y vegetales en relación con el medio físico en el área del embalse Conde de Guadalhorce (Málaga)*. Tesis Doctoral. Universidad de Sevilla, 231 pp. Sevilla (España).
- HILL, M.O., 1979. *TWINSPAN: A FORTRAN program for arranging multivariate data in an ordered two way table by classification of the individual attributes*. Ed. Cornell University, New York (USA).
- LEPS, J.; SMILAUER, P., 1999. *Multivariate analysis of ecological data*. Faculty of Biological Sciences, 110 pp. Ed. University of South Bohemia (República Checa).
- MENAB, H.; BROWNING, S.A.; SIMON, S.A.; FOUTS, P.E., 1999. An unconventional approach to ecosystem unit classification in western North Carolina, USA. *Forest Ecology and Management*, **114**, 405-420.
- SIMON, J.C.; LUCIANEZ, M.J., 2000. Ecology of soil springtails (Collembola, Insecta) from pine woods and Rhododendron shrublands in the Central and Eastern Pyrenees (North Spain). *Pedobiologia*, **44**, 430-441.
- SPERDUTO, D.D.; COGBILL, C.V., 1999. *Alpine and subalpine vegetation of the White Mountains, New Hampshire*. Ed. NH Natural Heritage Inventory, 29 pp. New Hampshire, (USA).
- WEST, A.G.; MIDGLEY, J.J.; BOND, W.J., 2000. Regeneration failure and the potential importance of human disturbance in a subtropical forest. *Applied Vegetation Science*, **3**, 223-232.

Variación de las estrategias funcionales en diferentes tipos de prados del Pirineo Central

M. SANTA-MARÍA¹, C. CHOCARRO², J. AGUIRRE¹ y F. FILLAT¹

¹Instituto Pirenaico de Ecología. (CSIC). Av. Rto. Galicia s/n; E-22700 Jaca. Huesca. ²ETSEA (Universitat de Lleida). Av. Rovira Roure 177; E-25198 Lleida

RESUMEN: Tras la clasificación de 255 prados del Pirineo Aragonés en seis tipos, se describe la distribución de los atributos funcionales como modo de clarificar las estrategias adoptadas por las especies en respuesta a perturbaciones. Son prados con características generales típicas (hemicriptófitos, perennes y de floración estival), pero cuyas diferencias se observan al estudiar las variables menos generalizadas (las especies no gramíneas, de floración no estival, en roseta). El estudio de estas variables nos da además información sobre los factores que determinan la composición de los prados.

Palabras clave: Tipos funcionales, prados de montaña, clasificación.

Plant traits variations in several types of grassland in Central Pyrenees

SUMMARY: To determinate the differences between the six groups of meadows classified we analyze the distribution of six Plant Traits in response to disturbance summer flowering period, perennial and hemicriptophytes are the general characteristics, but analyzing the particular characteristics in each groups will determine the differences between the groups and will clarified witch variables are determining the distribution of Plant Traits.

Key words: functional traits, mountain grassland, classification.

INTRODUCCIÓN

El estudio de las respuestas de las comunidades pratenses ante factores ecológicos o de gestión en términos de diversidad y composición botánica ha sido extensamente estudiado. Sin embargo, recientemente ha surgido un enorme interés por identificar características funcionales comunes en las especies y así predecir las respuestas de las comunidades a cambios ecológicos o factores antrópicos (Grime *et al.*, 1988; Lavorel *et al.*, 1997). Estudios basados en las características funcionales han determinado las respuestas de las plantas pratenses frente al pastoreo (Bullock *et al.*, 2001), al cambio climático (Diaz *et al.*, 1997), en procesos de conservación de pastos (Hodgson *et al.*, 1999), o frente a otros tipos de alteraciones (Lavorel *et al.*, 1997; McIntyre *et al.*, 1999; Thompson *et al.*, 2001).

Continuando con este enfoque, el objetivo del presente trabajo es caracterizar grupos de prados, de diferente composición botánica, identificados en la pradería del Valle de Broto (Huesca), mediante el análisis de estrategias funcionales, vegetativas y reproductivas.

MATERIAL Y METODOS

En junio y julio de 2001 se realizó un muestreo de 255 prados del Valle de Broto (Huesca). Sus altitudes están comprendidas entre 905 y 1500 msnm y se desarrollan sobre sustrato tipo *flysh* con suelos profundos de textura franca (Badia *et al.*, 1999). La pluviometría media anual y temperatura son de 1253 mm y 9,5°C (Pardo *et al.*, 1992). Se trata de prados con una explotación mixta de siega y pastoreo, donde el primer corte de verano constituye la reserva forrajera para la estabulación invernal del ganado vacuno. Desde el punto de vista fitosociológico, pertenecen a las clases *Festuco-Brometea* Br. Bl. *et Tx.*, 1943 y *Molino-Arrhenetheretea* Tx., 1937, y dentro de ésta a la alianza *Arrhenatherion elatioris* Koch, 1926.

En cada prado se cortaron dos muestras de 0,25 m². La primera fue utilizada para la determinación de las especies (según Flora Europea y Flora Ibérica) y el cálculo de la biomasa aportada por especies. La segunda se separó en tres grupos funcionales: gramíneas, leguminosas y otras especies, obteniéndose también su materia seca.

La clasificación de los prados se realizó mediante el método TWINSPAN (Hill, 1994), usando los datos de abundancia relativa de las especies (Santa-María *et al.*, 2003). Una vez identificados los grupos, se midieron analizaron seis estrategias funcionales de las especies con el fin de cuantificar sus diferencias o semejanzas: altura media (H1 < 10 cm, H2= 10-30 cm, H3= 31-60 cm, H4 = 61-100 cm y H5= 101-150 cm.), ciclo de vida (perenne o anual-bianual), período de floración (primaveral, estival, otoñal), distribución de las hojas a lo largo del tallo (roseta, semi-roseta y erectas), forma de vida (terófitos, geófitos, hemicriptófitos y caméfitos) y tipo de reproducción (sexual o vegetativa). Para cada parcela se emplearon los datos de abundancia de especies en cada muestra ponderados según los grupos funcionales: gramíneas, leguminosas y otras especies. La comparación de estas variables entre los grupos de prados se realizó mediante la prueba de U de Mann-Whitney utilizando el paquete estadístico SPSS.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El conjunto de los prados estudiados está dominado por especies hemicriptófitas (Tabla 1), típicas de prados de siega (Kahmen *et al.*, 2002), perennes (91%), de floración estival (82%) y con reproducción vegetativa fundamentalmente. Resulta destacable la poca abundancia, en el muestreo, de especies caméfitas y geófitas, tipos biológicos altamente sensibles a las modificaciones del medio (McIntyre *et al.*, 1995). La disposición predominante de las hojas en el tallo es el porte erecto (65%). La talla media de los prados (H=2,89) corresponde a una altura aproximada de 60 cm., encontrando prados que no superan los 10 cm (H=1) y otros que sobrepasan el metro de altura (H=4).

Tabla 1. Variables funcionales estudiadas en el conjunto del muestreo

%	N	Mínimo	Máximo	Media (SD)	Bibliografía
H	250	0,56	4,27	2,89 (0,55)	Grime et al (1988); Kleyer, M. Biological traits of vascular plants. A database; www.uni-oldenburg.de/landeco
Terófitos	250	0,00	73,47	6,48 (12,06)	
Neófitos	250	0,00	28,89	0,99 (3,12)	Grime et al (1988); McIntyre et al (1995); Kleyer, M. Biological traits of vascular plants. A database www.uni-oldenburg.de/landeco.
Hemicriptófitos	250	26,53	100,00	90,82 (13,60)	
Caméfitos	250	0,00	1,39	0,01 (0,11)	
Roseta	250	0,00	61,63	9,37 (10,50)	
Semi-roseta	250	0,04	80,67	22,97 (17,15)	Kleyer, M. Biological traits of vascular plants. A database www.uni-oldenburg.de/landeco
Erectas	250	4,39	98,84	65,31 (20,17)	
Floración primaveral	250	0,00	59,20	10,63 (10,96)	Kleyer, M. Biological traits of vascular plants. A database www.uni-oldenburg.de/landeco
Floración estival	250	17,54	100,00	82,35 (15,43)	
Floración otoñal	250	0,00	50,63	2,51 (6,27)	Kleyer, M. Biological traits of vascular plants. A database. www.uni-oldenburg.de/landeco
Perenne	250	20,81	100,00	91,36 (12,54)	
Anual o Bianual	250	0,00	41,55	4,13 (6,92)	Kleyer, M. Biological traits of vascular plants. A database. www.uni-oldenburg.de/landeco
Reproducción vegetativa	250	12,62	100,00	79,32 (18,23)	

Distribución de los diferentes atributos funcionales en los seis grupos de prados

Los resultados de clasificación de los prados dieron lugar a seis grupos (Santa-María *et al.*, 2003), cuyas características principales aparecen en la Tabla 2.

Tabla 2. Resumen de la clasificación obtenida a partir del análisis TWINSPLAN de los seis grupos de prados del Valle de Broto (Huesca)

Grupo	Especies características	Principales características
G1	<i>Plantago media</i> , <i>Centaurea nigra</i> y <i>Daucus carota</i>	Prados secos asociados a la presencia de herbivorismo Bajo contenido en gramíneas y elevado número de especies
G2	<i>Lolium perenne</i> y <i>Holcus lanatus</i>	Prados húmedos con abundante número de especies. No asociados a elevada intensificación. Naturalización de <i>L. perenne</i>
G3	<i>Arrhenatherum elatius</i>	Prados dominados por gramíneas autóctonas. Elevado contenido en gramíneas.
G4	<i>Trifolium repens</i> , <i>Dactylis glomerata</i> y <i>Poa trivialis</i>	Prados húmedos y ricos en materia orgánica. Sometidos a una fuerte intensificación
G5	<i>Centaurea nigra</i> , <i>Lotus corniculatus</i> , <i>Festuca pratense</i>	Prados con características propias de comunidad de orla de bosque y presencia de ganado
G6	<i>Lolium multiflorum</i>	Prados dominados por especies recomendadas para la siembra

La Tabla 3 muestra los porcentajes medios de cada variable funcional y su desviación estándar en los seis grupos de prados estudiados. Se observan claras diferencias estadísticas entre los grupos en todos los atributos funcionales analizados.

El grupo G1 muestra un valor de altura media significativamente inferior del resto de los grupos, mientras que G3 y G6 presentan la media superior, debido a la presencia dominante de *Arrhenatherum elatius* y *Lolium multiflorum*, con alturas superiores a los 60 cm.

En cuanto a las formas de vida, destacan los prados pertenecientes al grupo G4, por su elevada abundancia de especies hemicriptófitas (97%) y los que forman parte del G6, donde las especies hemicriptófitas quedan sustituidas por terófitos como *Lolium multiflorum*.

Las especies en roseta predominan en el grupo G1. Esto nos podría estar indicando una clara diferenciación en la gestión de este grupo de prados ya que esta arquitectura se ha relacionado con la existencia de herbivorismo (McIntyre *et al.*, 1995). Este grupo, al igual que G2, presenta el mayor porcentaje de semi-rosetas y además, ambos grupos muestran la menor abundancia de formas erectas.

Tabla 3. Proporción de los atributos funcionales (forma de vida, disposición de las hojas a lo largo del tallo, periodo de floración, ciclo de vida y modo de reproducción) en los seis grupos de prados. Medias y desviación estándar.

VARIABLES FUNCIONALES	G1	G2	G3	G4	G5	G6
Valor H	2,23 (0,62)a	2,76 (0,33)b	3,19 (0,61)c	2,94 (0,38)d	2,79 (0,64)bd	3,19 (0,41)c
Terófitos	2,03 (0,24)ac	8,12 (9,99)b	3,95 (5,09)ab	1,89 (4,40)c	1,38 (2,75)c	30,21 (20,73)d
Geófitos	2,10 (4,28)ac	2,07 (4,89)a	0,17 (0,51)b	0,68 (2,22)b	0,65 (2,41)bc	0,22 (0,75)b
Hemicriptófitos	94,39 (5,95)a	89,73 (10,73)a	91,93 (12,10)a	97,14 (5,22)b	91,15 (13,57)a	68,50 (20,7)c
Caméfitos	0,06 (0,28)a	0,02 (0,12)ab	0,00 (0,00)b	0,01 (0,05)ab	0,02 (0,10)ab	0,00 (0,00)ab
Roseta	20,33 (17,72)a	7,61 (8,93)bc	5,37 (4,64)b	10,21 (9,94)c	4,88 (5,67)b	11,51 (9,29)ac
Semi-roseta	38,12 (21,58)a	36,81 (15,01)a	24,44 (12,86)b	12,19 (8,93)bc	17,73 (13,79)c	10,54 (10,12)c
Erectas	37,01 (21,18)a	54,88 (16,15)b	65,83 (17,19)c	77,23 (13,63)d	69,71 (14,20)ce	76,84 (13,06)de
Floración primavera	14,23 (6,23) abc	8,53 (9,48)ac	6,58 (5,02)a	12,62 (11,45)b	10,99 (12,49)ab	13,35 (10,77)bc
Floración estival	64,22 (21,31)a	86,30 (12,02)bc	85,15 (13,02)b	85,21 (11,46)c	73,78 (20,05)a	85,33 (10,33)bc
Floración otoñal	7,14 (12,10)a	3,31 (6,62)a	3,03 (6,10)a	1,43 (3,99)b	0,29 (0,75)b	0,21 (0,70)b
Annual/ bianual	1,05 (4,35)a	9,40 (12,76)b	2,57 (4,74)c	1,63 (5,11)a	0,15 (0,32)a	38,41 (25,23)d
Perenne	93,05 (11,06)a	90,13 (12,86)a	93,09 (13,72)a	98,10 (5,27)b	89,76 (20,96)a	60,52 (25,08)c
Reproducción vegetativa	66,32 (23,83)a	85,36 (11,55)b	86,17 (13,08)b	85,32 (12,13)b	59,94 (20,26)a	64,91 (20,17)a

Letras diferentes para cada fila indican diferencias significativas $p < 0,05$. Test U de Man-Whitney

El periodo de floración estival es el más habitual en estas comunidades pratenses, que se ve potenciado por la fertilización y siega. Presenta valores porcentualmente superiores en los tipos G2, G3, G4 y G6. Los grupos G1, G2 y G3 muestran, por otro lado, un mayor contenido en especies de floración otoñal.

Los resultados del estudio del tipo de reproducción indican la existencia de un grupo de prados (G2, G3 y G4) donde más del 85% de las especies que componen la comunidad presentan reproducción vegetativa, asociado a perturbaciones frecuentes (Kleyer, 2002), frente a G1, G5 y G6 donde no llegan al 70%.

No existen diferencias remarcables en cuanto a los ciclos de vida de las especies componentes, siendo en su gran mayoría taxones perennes. Únicamente cabe destacar la abundancia de especies anuales/bianuales de G6, debido a la elevada abundancia de *Lolium multiflorum*, así como el 98% de especies perennes del G4.

Estrategias de los tres grupos funcionales en los diferentes tipos de prados

En la Tabla 4 se muestran los porcentajes medios de las variables estudiadas y su distribución según los tres grupos funcionales analizados (gramíneas, leguminosas y otras especies) en los seis tipos de prados.

Tabla 4. Proporción de los atributos funcionales (forma de vida, disposición de las hojas a lo largo del tallo, periodo de floración, ciclo de vida y modo de reproducción) según los grupos funcionales (gramíneas, leguminosas y otras) en los seis grupos de prados. Medias y desviación estándar.

Variables funcionales	Grupo	G1	G2	G3	G4	G5	G6
Forma de Vida	GrT	1,05 (4,35)a	9,40 (12,76)b	2,57 (4,74)c	1,67 (5,11)a	0,15 (0,32)a	38,41 (25,23)d
	GrG	5,23 (14,37)a	0,01 (0,04)b	0,00 (0,00)b	0,00 (0,00)b	0,00 (0,00)b	0,0000 (0,00)b
	GrI	92,42 (14,93)abc	90,60 (12,76)a	93,09 (13,72)a	98,10 (5,27)b	89,76 (20,96)a	60,54 (25,07)c
	LgT	0,10 (0,48)a	5,37 (16,74)b	2,25 (5,44)b	1,16 (4,12)b	4,92 (19,68)ab	3,45 (16,85)ab
	LgH	99,90 (4,8)a	94,63 (16,74)b	95,66 (15,11)b	98,84 (4,12)b	95,08 (19,68)ab	96,55 (16,85)ab
	O'I	3,75 (12,95)a	2,61 (6,04)a	4,11 (9,37)a	2,87 (8,51)a	1,92 (4,09)a	3,23 (10,08)a
	OG	2,20 (6,03)a	9,01 (18,60)b	2,42 (7,29)c	4,95 (17,43)ac	4,05 (14,62)ac	0,95 (4,66)c
	OH	93,33 (13,69)ab	88,17 (18,68)a	93,42 (12,26)b	91,67 (20,07)b	93,70 (15,35)b	94,43 (12,36)b
	OC	0,009 (0,043)a	0,068 (0,451)a	0,000 (0,000)a	0,026 (0,226)a	0,131 (0,615)a	0,000 (0,000)a
Disposición de las Hojas en el Tallo	GrS	89,00 (13,47)a	74,58 (19,76)b	57,45 (18,90)c	80,95 (15,06)b	68,70 (26,95)b	50,60 (24,62)c
	GrE	11,00 (13,47)a	25,43 (19,76)b	42,55 (18,90)c	19,06 (15,06)b	31,30 (26,95)b	49,41 (24,62)c
	LgS	20,67 (22,97)a	54,38 (31,67)b	40,83 (36,17)a	53,76 (33,43)b	29,74 (26,46)ac	46,67 (34,69)bc
	LgE	79,33 (22,97)a	45,62 (31,67)b	57,09 (36,65)b	46,24 (33,43)b	70,26 (26,46)ac	53,33 (34,69)bc
	OR	39,88 (29,06)a	47,09 (30,45)a	47,05 (33,99)a	52,17 (32,94)a	40,32 (37,41)a	77,79 (25,34)b
	OS	53,31 (27,60)a	37,95 (30,82)b	35,89 (32,85)b	17,36 (25,48)c	38,78 (34,93)ab	12,66 (20,51)c
	OE	6,33 (13,38)a	14,88 (21,04)b	17,06 (22,35)ab	29,87 (31,78)c	20,45 (30,72)abc	8,11 (16,35)a
Periodo de Floración	GrP	0,12 (0,41)a	0,26 (1,86)ab	0,01 (0,09)ab	0,00 (0,00)b	2,05 (5,66)c	0,00 (0,00)ab
	GrV	93,98 (10,90)a	99,27 (3,83)bc	95,65 (13,26)b	99,77 (1,55)c	87,86 (20,77)a	98,93 (4,34)bc
	LgV	97,58 (12,12)a	100,0 (0,00)a	97,08 (15,44)a	100,00 (0,00)a	100,00 (0,00)a	100,00 (0,00)a
	OP	24,95 (23,34)a	51,17 (32,61)b	55,64 (33,19)b	70,58 (33,36)c	57,85 (35,44)bc	87,82 (22,86)d
	OV	41,33 (23,84)a	29,06 (28,38)b	22,34 (26,39)bc	19,38 (27,95)c	6,95 (9,94)cd	9,37 (19,21)d
	Oot	12,99 (20,14)a	13,81 (22,77)a	15,59 (23,78)a	6,96 (19,26)b	1,94 (5,24)b	1,35 (6,03)b
Ciclo de Vida	GrAyB	0,00 (0,00)a	9,38 (12,72)b	2,27 (4,41)c	1,62 (5,11)d	0,12 (0,28)d	3,79 (5,65)bc
	GrPe	94,10 (10,78)ac	90,15 (12,81)b	93,39 (13,71)ab	98,14 (5,27)c	89,80 (20,98)ab	95,14 (6,83)ab
	LgAyB	0,10 (0,48)a	5,37 (16,74)b	2,25 (5,44)b	1,16 (4,12)b	4,92 (19,68)ab	3,45 (16,85)ab
	LgPe	97,48 (12,60)a	94,63 (16,74)bc	94,83 (15,96)b	98,84 (4,12)bc	95,08 (19,68)ab	96,55 (16,85)ab
	OAyB	10,24 (12,09)a	5,10 (12,50)b	5,05 (12,96)b	6,53 (14,54)b	1,99 (3,94)b	4,74 (10,72)b
	OPe	69,03 (27,77)a	88,94 (19,71)b	88,51 (18,90)b	90,38 (17,33)bc	64,74 (36,98)ac	93,80 (12,18)b
R. Vegetativa	GrVeg	65,59 (33,86)ad	86,78 (14,15)bc	89,58 (15,11)b	82,51 (16,12)cd	57,93 (25,08)a	57,63 (25,45)a
	LgVeg	87,19 (24,43)ad	91,81 (17,89)ac	82,94 (26,48)a	97,72 (6,02)bc	91,40 (20,71)ac	94,98 (17,09)dc
	OVeg	75,41 (26,51)a	87,13 (18,20)b	85,43 (22,97)b	90,12 (17,89)b	63,63 (36,65)a	92,33 (14,23)b

Letras diferentes para cada fila indican diferencias significativas $p < 0.05$. Test U de Man-Whitney

Gr= gramíneas, Lg= leguminosas, O= otras especies, T= terófito, I= hemiscriptófito, G= geófito, C= caméfito, R= rosseta, S= semi-rosseta, E= erecta, P= prinavra, V= verano, Ot= otoño, AyB= anual y bianual, Pe=perenne, Veg= reproducción vegetativa.

Grupo G1: Grupo asociado al herbivorismo que se caracteriza por su bajo contenido en gramíneas terófitas, así como por ser el único grupo con una presencia destacable de gramíneas geófitas, gracias a la presencia de *Brachypodium pinnatum* en estos prados. La mayoría de las especies de este tipo funcional son semi-rosetas perennes de floración estival. Se trata de prados abiertos de baja altura que permite la entrada de luz y, por tanto, el crecimiento de un elevado porcentaje de especies de floración estival, estrategia altamente representada en este grupo (Hobbs *et al.*, 1997). La práctica totalidad de especies no perennes de este grupo son del grupo "otras" especies.

Grupo G2: Tiene un porcentaje de "otras" especies de tipo geófito superior al resto debido a la abundancia de *Convulvulus arvensis*, disminuyendo así la proporción de especies hemicriptófitos. Presentan un alto contenido de gramíneas no perennes (como *Bromus hordeaceus* o *Bromus sterilis*) al igual que el grupo G6 (gracias a *Lolium multiflorum*). Contiene también una elevada abundancia de "otras" especies de floración otoñal, semejante a los grupos G1 y G3.

Grupo G3: Son de altura elevada, con alto porcentaje de gramíneas erectas, al igual que el grupo G6, que podrían estar reflejando una respuesta a suelos fértiles y alteraciones moderadas (Kahmen *et al.*, 2002). De hecho *Arrhenatherum elatius*, especie que caracteriza este grupo, está asociado a alta fertilidad (Thompson *et al.*, 2001). Destaca también en este grupo la alta proporción de "otras" especies erectas semejantes a G5 y los elevados porcentajes de "otras" especies de floración otoñal, si bien no se detectan diferencias estadísticas con los grupos G1 y G2.

Grupo G4: Se trata de los prados con mayor abundancia de hemicriptófitos perenne, Kahmen *et al.* (2002) asocia estas características a prados segados y sometidos a alteraciones moderadas. Presenta un bajo porcentaje de gramíneas terófitas, al igual que G1 y G5.

Grupo G5: La abundancia de *Anthoxanthum odoratum* en estos prados da como resultado elevadas proporciones de gramíneas primaverales, disminuyendo las estivales. Esto unido a la escasa presencia de especies de floración estival, característica que se ha relacionado con la capacidad invasora de las especies y bosques recientes, (Verheyen *et al.*, 2003) podría estar reflejando un tipo de prados establecidos, no sometidos a un excesivo manejo.

Grupo G6: Prados dominados por gramíneas terófitas (abundancia de *Lolium multiflorum*) y de "otras" especies en roseta con floración primaveral. Disminuye, por tanto, el contenido de gramíneas hemicriptófitas, siendo semejantes a los prados G2 por la abundancia de gramíneas anuales o bianuales. Pertenecen al grupo con escasa presencia de otras tanto de floración otoñal como primaveral.

Tanto G3 y G6 destacan por una elevada proporción de "otras" especies de floración no estival. En el primer caso se trata de especies otoñales mientras en el segundo son primaverales. Esto puede estar mostrando una diferente estrategia fenológica, una floración en la época donde el desarrollo de las gramíneas es aun escaso, permitiendo una mayor captación de la radiación incidente. La diferente estrategia mostrada por estas especies podría estar indicando dos estados diferentes de sucesión: el grupo G6 dominado por especies procedentes de la siembra y sus especies invasoras, de floración temprana como *Taraxacum officinale* y *Plantago lanceolata* (Bullock *et al.*, 2001) y un conjunto de prados estables, G3, caracterizados por especies propias de la comunidad (Santa-María *et al.*, 2003).

CONCLUSIONES

A pesar de la aparente homogeneidad de grupos funcionales de los prados existen una serie de variables cuya distribución en los grupos resulta particular y son las que nos van a dar información sobre aquellas características exclusivas del tipo de comunidad.

Los resultados obtenidos validan la interpretación obtenida anteriormente (Santa-María *et al.*, 2003) y ayudan a elucidar los factores que determinan su distribución. Se corrobora la presencia de dos amplios grupos de prados (Santa-María *et al.*, 2003), uno (G2, G3 y G4) de prados típicos, cuyas diferencias funcionales muestran la existencia de dos prados establecidos (G2 y G3) y un grupo adaptado a mayores perturbaciones (G4). Un segundo grupo, formado por G1, G5 y G6, de características especiales, debido a la

dominancia de una perturbación sobre el resto: G1 parece influenciado decisivamente por la presencia de herbívoros, G5 como prados sometidos a una deficiente gestión y en un proceso de establecimiento de la comunidad estable y G6 claramente influenciado por la siembra.

Sin embargo, es necesario un estudio más profundo de las estrategias funcionales como respuesta a las diferentes variables de gestión, que permita comprender mejor estos procesos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BADIA, D.; MARTIN, C., 1999. *Suelos del Pirineo Central: Fragen*. Ed. INIA, UZ, CPNA, IEA, 190 pp. Huesca (España).
- BULLOCK, J. M. FRANKLIN J.; STEVENSON, M. J.; SILVERTOWN, J.; COULSON, S. J.; GREGORY, S. J.; TOFTS, R., 2001. A plant trait analysis of responses to grazing in a long-term experiment. *Journal of Applied Ecology* **38**, 253-267.
- DIAZ, S.; MARCELO, C., 1997. Plant functional types and ecosystem function in relation to global change. *Journal of Vegetation Science* **8**, 463-474.
- GRIME, J. P.; HODGSON, J. G.; HUNT, R., 1988. *Comparative Plant Ecology. A functional approach to common British species*. Ed. Academ Division Unwin Hyman Ltd. London (UK).
- HILL, M. O., 1994. DECORANA and TWINSpan for ordination and classification of multivariate species data: a new edition, together with supporting programs, in Fortran 77. Institute of Terrestrial Ecology. Huntingdon (UK).
- HOBBS, R. J., 1997. Can we use plant functional types to describe and predict responses to environmental changes? En: *Plant Functional Types. Their Relevance to Ecosystem Properties and Global Change*. 66-90. Ed. T.A. SMITH, H.H. SHUGARD, F.I. WOODWARD. Cambridge University Press (UK).
- HODGSON, J.G.; WILSON, P.J.; HUNT, R.; GRIME, J.P.; THOMPSON, K., 1999. Allocating C-S-R plant functional types: a soft approach to a hard problem. *Oikos*, **85**, 282-294.
- KAHMEN, S.; POSCHOD, P.; SCHREIBER, K-F., 2002. Conservation management of calcareous grassland. Changes in plant species composition and response of functional traits during 25 years. *Biological Conservation*, **104**, 319-328.
- KLEYER, M., 2002. Validation of plant functional types across two contrasting landscapes. *Journal of Vegetation Science* **13**, 167-178.
- LAVOREL, S.; MCINTYRE, S.; LANDSBERG, J.; FORBES, T.D.A., 1997. Plant Functional Classifications: from General Groups to Specifics groups based on Response to Disturbance. *Trends in ecology and Evolution*, **12**, 474-478.
- MCINTYRE, S. D.; LAVOREL, S.; CRAMER, W., 1999. Plant functional types and disturbance dynamics - Introduction. *Journal of Vegetation Science*, **10**, 604-608.
- MCINTYRE, S.; LAVOREL, S.; TREMONT, R.M., 1995. Plant life-history attributes: their relationship to disturbance response in herbaceous vegetation. *Journal of Ecology*, **83**, 31-44.
- PARDO, F.; FILLAT, F., 1992. Influencia de las condiciones climáticas en el crecimiento de prados altoaragoneses: Valle de Broto y parcelas de Fragen. En: *Actas XXXII Reunión Científica SEEP*. 88-92
- PYWELL, R. F.; BULLOCK, J.M.; ROY, D.B.; WARMAN, L. WALKER, K.J.; ROTHERY, P., 2003. Plant traits as predictors of performance in ecological restoration. *Journal of Applied Ecology*, **40**, 65-77.
- SANTA-MARÍA, M.; CHOCARRO, C.; AGUIRRE, J.; FILLAT, F., 2003. Clasificación de los prados semixtensivos del Pirineo central a partir de su composición botánica. En: *Actas XLIII Reunión Científica de la SEEP*. 593-599.
- THOMPSON, K.; HODGSON, J.G.; GRIME, J.P.; BURKE, M.J.W., 2001. Plant traits and temporal scale: evidence from a 5-year invasion experiment using native species. *Journal of Ecology*, **89**, 1054-1060.
- VERHEYEN, K.; HONNAY, O.; MOTZKIN, G.; HERMY, M.; FOSTER, D. R., 2003. Response of forest plant species to land-use change: a life-history trait-based approach. *Journal of Ecology*, **91**, 563-577.

Estimación de la biomasa de pastos mediterráneos mediante modelos de algoritmos genéticos sobre medidas de "point-quadrat"

T. BUYOLO¹, D. PATÓN¹, L. FERNÁNDEZ², y J. CABEZAS¹

¹Área de Ecología y ²Área de Edafología. Universidad de Extremadura. Avda. de Elvas s/n. 06071 Badajoz (España).

RESUMEN: En el presente trabajo mostramos una calibración por Algoritmos Genéticos (AG) de relaciones biomasa-contactos de pastos mediterráneos que van desde el árido al subhúmedo. Con este modelo de AG ahorramos el costo en cosechado y desecado del pasto, agilizando la toma de muestras en estudios sobre grandes superficies de territorio (SIG). Además, una vez calibrado el método permitiría estimaciones no destructivas de la biomasa, lo que abre interesantes aplicaciones en estudios de sucesión ecológica. El modelo de AG mostró un ajuste muy alto ($r=0,998$, $p < 0,001$), lo que permite usarlo con confiabilidad en estudios donde se necesite gran número de estimaciones, rápidas y fiables, de la biomasa de un pasto.

Palabras clave: Inteligencia Artificial, predicción, productividad, muestreo.

Prediction of biomass in point quadrats by genetic algorithms

SUMMARY: In the present work a calibration of point quadrat data – biomass using a Genetic Algorithm (GA) model is shown. We cover since arid to subhumid Mediterranean grasslands. GA model show a high fit ($r=0,998$, $p < 0,001$). This methodology avoid the high cost in time of biomass sampling, specially in regional scale studies or when a non-destructive determination of biomass can be necessary.

Key words: Artificial Intelligence, prediction, productivity, sampling.

INTRODUCCIÓN

Los métodos basados en Inteligencia Artificial (IA), han crecido en desarrollo en los últimos años (Hilera y Martínez, 1995). Un factor importante de este auge es el reciente desarrollo de potentes sistemas tipo UNIX (Linux y FreeBSD) para ordenadores personales, que al ser sistemas de Software Libre (SL) permiten ejecutar estas aplicaciones a costo cero. Los modelos de IA consumen tal potencia de cálculo que su ejecución solo es posible realizarla de manera eficaz en sistemas tipo UNIX. Por ello, los programas de IA proceden en gran medida de centros de investigación (MIT, CalTech, etc...) en los que siempre se usó UNIX. Un factor adicional, es que el actual presidente de la Free Software Foundation, Richard Stallman (<http://www.stallman.org>), trabajaba en el Laboratorio de IA del MIT antes de desarrollar el proyecto GNU (<http://www.gnu.org>) que ha puesto la IA y la supercomputación al alcance de todos.

La IA se viene aplicando recientemente a los campos de la Ecología y Agronomía, aventajando a soluciones basadas en modelos estadísticos clásicos (Hans, 2002; King, 1996; 1997). La IA se ha usado en Teledetección (Hunsaker *et al.*, 1998), Climatología (Joyce *et al.*, 2001), Nutrición animal (Davies *et al.*, 2000; Patón y Nuñez, 2002), Ecología de Poblaciones (Drossel, 2001; Fabricius y Coetzee, 1992; Gimblett *et al.*, 2000; Yue *et al.*, 1998), Forestería (King, 1996; 1997), Taxonomía (Yang *et al.*, 2000) y en la determinación de la oferta forrajera (Olson y Cochran, 1998).

Los Algoritmos Genéticos (AG) son una parte de la IA que se basa en ideas procedentes de la genética y selección natural (Mitchell, 1996). Se determina una ecuación primaria en la que cambian secuencialmente el número de términos, sus coeficientes y sus exponentes. Los cambios pueden ser aleatorios ("mutación") o por selección ("retrocruzamiento"). En este último caso, se opta por la mejor solución entre varias simultáneas ("pool genético"). Los sucesivos cálculos ("generaciones") se van ajustando cada vez mejor ("adaptación") hasta una solución final. Los AG imitan la evolución de manera matemática y dan ajustes a los datos notablemente mas altos que los tradicionales métodos de regresión (Patón y Nuñez, 2002). En el presente

trabajo, proponemos un modelo de AG para estimar biomasa en base a contactos aplicable a grandes superficies de territorio bajo modelos SIG.

MATERIAL Y METODOS

Muestreos basados en point-quadrat

Se realizaron 396 point-quadrat de 5 m (Egan *et al.*, 2000; Scurlock *et al.*, 2001) en pastos mediterráneos de Extremadura (comarcas de Llanos de Cáceres, Monfragüe y Sierra de San Pedro). La separación entre puntos de medición fue de 5 cm, lo que totalizó 100 puntos de medición por transecto. Se contabilizó el fitovolumen, número total de contactos, de cada especie. En cada transecto se cosechó la biomasa de un sector promedio (por estimación ocular) de 50x50 cm, se picó y se desecó en estufa de aire forzado durante 48 h a 65° C. La Materia Seca (MS) de las 396 muestras de los 396 transectos se relacionó con las 396 medidas de fitovolumen total (suma de los fitovolumenes de cada especie) mediante Algoritmos Genéticos.

Análisis Matemático por Algoritmos Genéticos

Se realizó un modelo basado en 2000 iteraciones con una tasa de mutación de 1/500, una tasa de perturbación de 1/200 y 200 soluciones simultáneas de las cuales se seleccionaron 5. Una vez obtenida una primera estimación, se desechó menos del 10% de datos anómalos ("outliers") y se realizó una segunda estimación con los mismos parámetros. Estos resultados se consideraron definitivos. Posteriormente se testó la variable dependiente (kg/ha) con la salida del modelo mediante el índice de correlación de Spearman. Además, se estableció la relación biomasa observada y predicha por el modelo para observar la dispersión de los datos. En todos los cálculos se usaron los programas R (González y González, 2000; R Development Core Team, 2003) y XLDSLAS (Sigvaldason, 1997) bajo un sistema Debian GNU Linux.

RESULTADOS Y DISCUSION

La función finalmente obtenida fue:

$$\text{Kg/ha} = -150,672 + 7,082 * \text{contactos}^{0,933}$$

Esta función, mostró un $r=0.998$ ($p < 0,001$) después de la extracción de un 9,65% de datos anómalos ("outliers"). Los resultados del test de igualdad de medias muestran que no hay diferencias entre la biomasa determinada por el modelo y la real ($t=0,001$; $p > 0,05$). El test ANOVA indica que casi toda la variabilidad en las estimaciones es debida al modelo y en escaso grado al error ($F=1,6E06$; $p < 0,001$), por lo que la función obtenida es confiable. En la Figura 1 se observa una relación "casi" lineal ($y=a+bx$) entre contactos y productividad, ya que el exponente del único término independiente es $0,933 \sim 1$. Según el modelo 26,52 contactos darían una productividad de cero, lo que indudablemente no es cierto y solo expresa que por debajo de este valor no se puede aplicar el modelo. Solo en un medio desértico alcanzaríamos un nivel de contactos tan bajo y encontrar modelos para estos medios queda fuera de nuestro planteamiento. La función tampoco sería utilizable por encima de un valor aproximado de 800 contactos que corresponde a algo más de 3 Tm / ha, ya que pese a que se tiene información sobre productividades muy superiores, no son suficientes y además estos datos fueron eliminados en el proceso de extracción de observaciones anómalas ("outliers"). Cabe esperar que incluyendo muchas más observaciones por encima de 3 Tm / ha se podría llegar a un modelo más generalizable, si bien creemos que en este caso estaríamos ante una función con mayor curvatura que la obtenida.

Del análisis de la función obtenida y de su derivada (Figura 2) podemos concluir que existe un crecimiento de la productividad más bajo en función de los contactos a medida que el pasto es más productivo, si bien la convexidad de la función no es muy acusada. Creemos que esto es debido a la composición botánica y a la situación y disposición de las hojas de las diferentes familias botánicas. En pastos muy productivos en

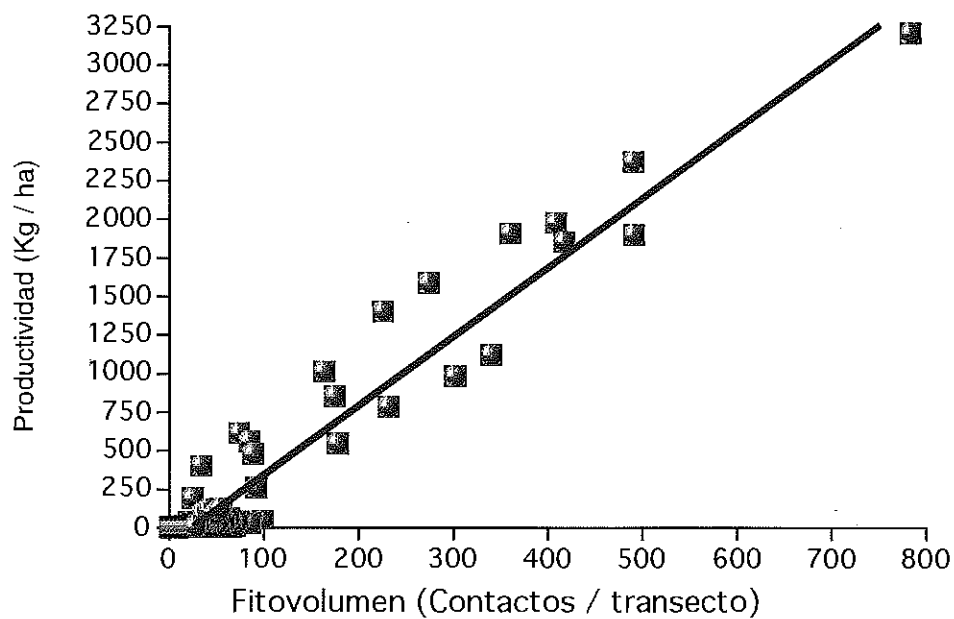


Figura 1.-Relación productividad-fitovolumen en transectos point-quadrat sobre pastos mediterráneos.

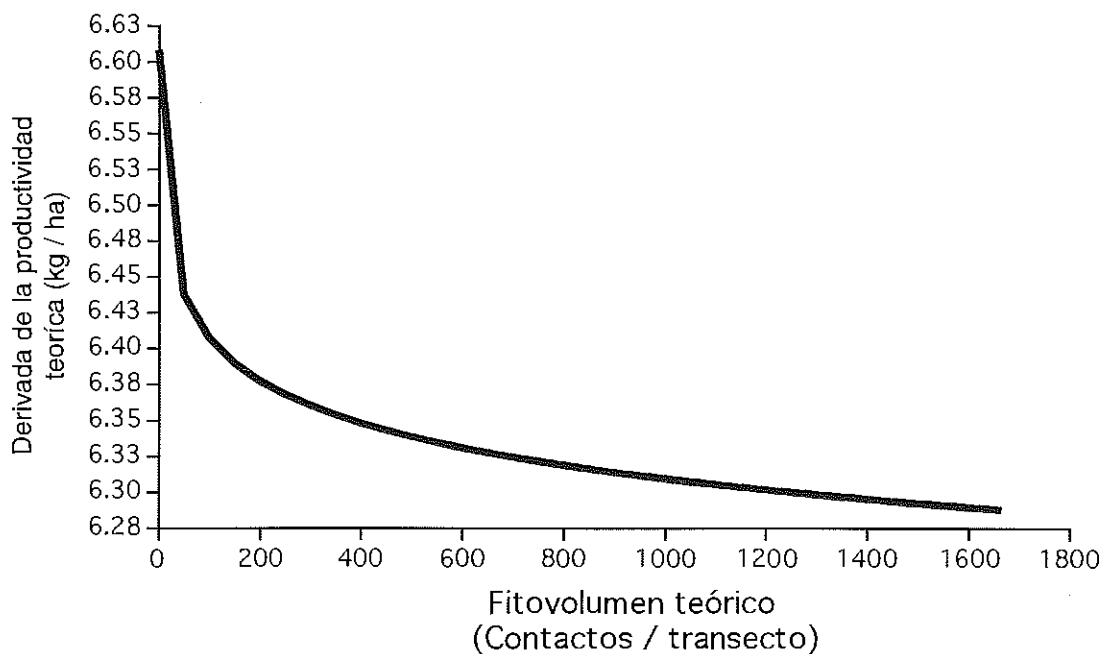


Figura 2.-Tasa de cambio en la productividad respecto a los cambios en fitovolumen para pastos mediterráneos.

biomasa, la mayor presencia de gramíneas de crecimiento vertical y hojas alargadas y estrechas, bajaría el número de contactos que cabría esperar. Por el contrario, en pastos menos productivos en biomasa y con mayor presencia de leguminosas de hojas anchas hay mas contactos de los esperables. Una manera de comprobar si estas diferencias en composición botánica, que de hecho se dan, podría alterar el comportamiento de la función es analizar la heteroscedasticidad. Si la función presenta similar variabilidad en todo su rango, su heteroscedasticidad no es significativa y no cometemos error debido a posibles cambios morfológicos. El test de Breusch-Pagan arrojó un valor no significativo ($BP=25,77$, $p\text{-value} = ns$), lo cual indica que la función es igualmente exacta a lo largo de su intervalo y que por ello no hay error en la estimación de biomasa debido a factores de composición botánica.

CONCLUSIONES

A la vista de los resultados obtenidos creemos que es perfectamente posible determinar la biomasa de pastizales mediterráneos en Extremadura mediante modelos de Algoritmos Genéticos en base a estimas de point-quadrat. Esto nos abre la posibilidad de abordar todo tipo de estudios en los que se requiera el ahorro en tiempo que el modelo permite, como por ejemplo en estimaciones en grandes superficies de territorio, para calibrar datos de SIG o estudios donde se requieran métodos no destructivos de seguimiento de la biomasa de un pasto, como pueda ser en estudios de sucesión ecológica.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Don Ángel Rodríguez, Director del Parque Natural de Monfragüe y a la guardería del mismo, las facilidades prestadas para la realización de este trabajo. El presente estudio ha sido financiado por el proyecto CICYT REN2003-05062/GLO del Ministerio de Ciencia y Tecnología.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- DAVIES, Z.S.; GILBERT, R.J.; MERRY, R.J.; KELL, D.B.; THEODOROU, M.K.; GRIFFITH, G.W., 2000. Efficient improvement of silage additives by using genetics algorithms. *Applied and Environmental Microbiology*, **66** (4), 1435-1443.
- DROSSEL, B., 2001. *Biological evolution and statistical physics*. Department of Condensed Matter Physic, v1, 106 pp. USA.
- EGAN, S.; SMITH, A.; ROBERTSON, D.; WATERHOUSE, A., 2000. Estimation of Heather Biomass Using Ground Based Methods for the Calibration of Remotely Sensed Data. *Aspects of Applied Biology*, **58**, 1-9.
- FABRICIUS, C.; COETZEE, K., 1992. Geographic information systems and artificial intelligence for predicting the presence of absence of mountain reedbush. *South Africa Tydskrif Natuurnav*, **22**, 80-86.
- GIMBLETT, R.; ROBERTS, C.A.; DANIEL, T.C.; RATLIFF, M.; MEITNER, M.J.; CHERRY, S.; STALLMAN, D.; BOGLE, R.; ALLRED, R.; KILBOURNE, D.; BIERI, J., 2000. *An intelligent agent based model for simulating and evaluating river trip scenarios along the Colorado River in Grand Canyon National Park*. In: *Integrating GIS and agent based modelling techniques for understanding social and ecological processes*. Oxford University Press (Ed. Gimblett, H.R.), 245-275 pp. (USA).
- GONZÁLEZ, A.; GONZÁLEZ, S., 2000. *Introducción a R: Un entorno de programación para Análisis de datos y gráficos*. Version 1.0.1. R Development Core Team, 100 pp. Madrid (España).
- HANS, J., 2002. *Looking across the fence: Comparing findings from SD modelling efforts with those of other modelling techniques*. Centre for Technology in Government, 16 pp. Albany (USA).
- HILERA, J.R.; MARTÍNEZ, V.J., 1995. *Redes Neuronales Artificiales: Fundamentos, Modelos y Aplicaciones*. Editorial Ra-Ma, 186 pp. Madrid (España).
- HUNSAKER, C.T.; RICH, A.C.; FITES-KAUFMAN, J., 1998. *Integrated strategy for measuring vegetation, structure using remote sensing technologies*. *Proceedings of remote sensing workshop*. California University Press, 56 pp. (USA).

- JOYCE, L.; ABER, J.; MCNULTY, S.; DALE, V.; HANSEN, A.; IRLAND, L.; NEILSON, R.; SKOG, K., 2001. *Potential consequences of climate variability and change for the forests of the United States*. USDA Forest Service. Oak Ridge National Laboratory, 34 pp. Oregon (USA).
- KING, S.L., 1996. Neural networks vs. traditional statistical techniques for forestry data. En: *Sustaining forest, sustaining people*, 449-451. Ed. Proceedings of the 1995 Society of American Foresters Convention. SAF Publ. 96-01. Bethesda (USA).
- KING, S.L., 1997. Logistic regression vs. Neural networks for predicting individual tree mortality. En: *Diverse forest, abundant opportunities and evolving realities*, 448-450. Ed. Proceeding of the 1996 Society of American Foresters Convention. SAF Publ. 97-03. Bethesda (USA).
- MITCHELL, M., 1996. An Introduction to Genetic Algorithms. En: *Genetic Algorithms an Overview*, 1-33. Ed. MIT Press, Cambridge. Massachusetts (USA).
- OLSON, K.C.; COCHRAN, R.C., 1998. Radiometry for predicting tallgrass prairie biomass using regression and neural models. *Journal of Range Management*, **51**: 186-192.
- PATÓN, D.; NÚÑEZ, J., 2002. Aplicación de técnicas de Inteligencia Artificial en el análisis de la relaciones tamaño-fitomasa ramoneable de leñosas mediterráneas. En: *Producción de pastos, forrajes y céspedes*, 579-583. Ed. C.CHOCARRO, F.SANTIVERI, FANLO, R., BOVET, I., LLOVERAS, J. XLII Reunión Científica de la SEEP. Lleida (España).
- R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2003. *R Installation and administration*. GNU Free Software Foundation. 25 pp. USA.
- SCURLOCK, J.M.O.; ASNER, G.P.; GOWER, S.T., 2001. *Worldwide Historical Estimates of Leaf Area Index, 1932-2000*. 1-34. Oak Ridge National Laboratory.
- SIGVALDASON, T., 1997. *XLDLAS v0.80. A program for statistics*. Ed. Humboldt Open Computing. Free Software Foundation. Cambridge (USA).
- YANG, C.C.; PRASHER, S.O.; LANDRY, J.A.; DITOMMASO, L., 2000. Application of artificial neural networks in image recognition and classification of crop and weeds. *Canadian Agricultural and Engineering*, **42**: 147-152.
- YUE, T.X.; HABER, W.; GROSSMANN, W.D.; KASPERIDUS, H.D., 1998. Discussion on Models for Species Diversity and Suggestions for a Comprehensive Model. *ECOMOD Newsletter of the International Society for Ecological Modelling* September 1998: 1-15.

Comparación de las tasas de fructificación de *Bituminaria bituminosa* (Leguminosae) bajo condiciones de cultivo en Canarias y la Península Ibérica

A. JUAN¹, I. MOÑINO², E. CORREAL², P. MÉNDEZ³ y M.B. CRESPO¹

¹Centro Iberoamericano de la Biodiversidad (CIBIO). Universidad de Alicante. Apdo. 99. E-03080 Alicante. España. e-mail: ana.juan@ua.es. ²Instituto Murciano de Investigación y Desarrollo Agroalimentario (IMIDA). Finca Sericícola. E-30150 La Alberca. Murcia. España. ³Instituto Canario de Investigaciones Agrarias (ICIA). Apdo. 60. E-38200 La Laguna. Tenerife. España.

RESUMEN: Se presenta un estudio comparativo de la producción de frutos y tasas de fructificación de ejemplares de *Bituminaria bituminosa* de las variedades *bituminosa*, *albomarginata* y *crassiuscula*, en el IMIDA (Murcia) y el ICIA (Tenerife). Para ello, se marcaron inflorescencias en flor –antes de su apertura–, y se dejaron al descubierto, de tal forma, que podían ser visitadas libremente por insectos polinizadores. Al comparar los resultados, se han encontrado diferencias significativas tanto en la producción de frutos por inflorescencia como en las tasas de fructificación, fundamentalmente en las variedades de origen canario (var. *albomarginata* y *crassiuscula*). En la var. *albomarginata*, las tasas de fructificación fueron del 28% en el IMIDA frente a un 64% en el ICIA. En el caso de la var. *crassiuscula*, los valores fueron mayores en el IMIDA (71%) que en el ICIA (53%). Estos datos podrían estar relacionados con la especificidad de la fauna polinizadora y las condiciones climáticas existentes en cada lugar de cultivo. En síntesis, los resultados apuntan a que no todas las poblaciones se comportan de modo similar en cualquier tipo de ambiente; y que esta variable ha de tenerse en consideración para mantener poblaciones de *B. bituminosa* fuera de su hábitat natural.

Palabras clave: Biología reproductiva, tasas de fructificación, Península Ibérica, Canarias, relación planta-insecto.

Comparative study of fruit production of *Bituminaria bituminosa* (Leguminosae) in cultivated areas in the Canary Islands and the Iberian Peninsula

SUMMARY: A comparative study is presented on fruit production and fruit set in *Bituminaria bituminosa* (var. *bituminosa*, *albomarginata* and *crassiuscula*) cultivated in the IMIDA (Murcia) and the ICIA (Tenerife). Several flowering inflorescences (before the anthesis) were marked, and left air-open so the flowers could be visited freely by pollinators. Significant differences were found mainly in the Canarian varieties (var. *albomarginata* and *crassiuscula*) on fruit production per inflorescence and on fruit set. In var. *albomarginata*, fruit set was lower in the IMIDA (28%) against the 64% in the ICIA. In var. *crassiuscula*, values were higher in the IMIDA (71%) than in the ICIA (53%). These results could be related to the specificity of pollinator fauna and climate conditions of each cultivated area. In summary, results indicate that not all populations show the same behaviour under different environments; and these pollination fact should have to be considered to maintain *B. bituminosa* populations out of its normal habitat.

Key words: Reproductive biology, fruit set, Iberian Peninsula, Canary Islands, plant-insect relationships.

INTRODUCCIÓN

Bituminaria bituminosa (L.) Stirt. (Leguminosae) es una planta herbácea perenne hemicriptofítica a sufruticosa, con una amplia distribución circunmediterránea, que se extiende a las islas oceánicas del Atlántico –Canarias, Azores y Madeira– (Stirton, 1981). Esta especie presenta un gran valor forrajero, lo que ha originado la existencia de numerosos trabajos acerca de su calidad forrajera (Méndez y Fernández, 1990; Muñoz y Correal, 1998; Méndez, 2000; Correal *et al.* 2003), resistencia al frío (Muñoz y Correal, 1999), tasa fotosintética (Méndez *et al.*, 2000), contenido en cumarinas (Méndez y Fernández, 1990; Méndez *et al.*, 2001) y producción de frutos (Juan *et al.*, 2003), entre otros. Su amplio uso como planta forrajera y como planta potencial para la restauración de suelos en lugares degradados, tanto en Canarias como en la Península Ibérica,

hace necesario ampliar el conocimiento sobre la forma de reproducción (e.g. tasas de producción de frutos) de esta planta. En este sentido, una planta que sea capaz de producir un elevado número de frutos es ideal para que desarrolle un banco de semillas permanente en el suelo, sin la necesidad de volver a reintroducirla nuevamente.

En este trabajo, se pretende ampliar los conocimientos existentes sobre la biología reproductiva de *B. bituminosa*, comparando la producción de frutos de este taxon en dos ambientes diferentes (IMIDA-Murcia e ICIA-Canarias). Estos estudios forman parte de un proyecto en curso, con el que se pretende establecer las bases reproductivas de algunas de las poblaciones de *B. bituminosa*, para disponer de resultados aplicables a futuros trabajos de selección y mejora agronómica de esta planta.

MATERIAL Y MÉTODOS

Este trabajo se ha llevado a cabo con ejemplares de *Bituminaria bituminosa* cultivados en el IMIDA (Instituto Murciano de Investigación y Desarrollo Agropecuario, Murcia) y en el ICIA (Instituto Canario de Investigaciones Agrarias, Tenerife), pertenecientes a la var. *crassiuscula* Méndez *et al.*, var. *albomarginata* Méndez *et al.* y var. *bituminosa* (variedad típica). En total, se utilizaron dos ejemplares de cada variedad tanto en el IMIDA como en el ICIA.

En cada ejemplar estudiado, se marcaron 60 inflorescencias al azar, cuyas flores permanecían aún cerradas durante el mes de abril de 2003. Tras la apertura de las flores, éstas eran visitadas libremente por polinizadores, de tal forma que los frutos que se recolectasen fueran producidos o por la propia planta o por la presencia de los insectos polinizadores presentes en el IMIDA y en el ICIA. A este tratamiento se le denomina polinización libre (Dafni, 1992). En ningún caso, se ha realizado ningún tipo de manipulación manual de las flores. Las inflorescencias en fruto se recogieron durante el mes de junio de 2003, siendo en todos los casos superior a 50 inflorescencias por ejemplar. De forma excepcional y debido a la peculiar localización de la var. *crassiuscula* en las Cañadas del Teide (Méndez *et al.* 1991), las inflorescencias en fruto de esta variedad en Tenerife proceden de esta población natural.

Para todos los ejemplares marcados -dos por variedad y zona de cultivo-, se ha contabilizado el número de flores y frutos en cada inflorescencia, obteniéndose el número medio de frutos por inflorescencia, así como el porcentaje de fructificación por variedad. En las variables estudiadas, el valor medio obtenido se acompaña del error estándar. Debido a que los datos aquí obtenidos no siguen una distribución normal, los estudios estadísticos presentados se llevaron a cabo mediante pruebas no paramétricas de Kruskal Wallis, seguidas de la comparación por parejas con el análisis de U de Mann-Whitney (Sokal y Rohlf, 1995). Además, a este último tratamiento se le ha aplicado la corrección posterior de Bonferroni (Sokal y Rohlf, 1995). El uso de análisis no paramétricos se debe El programa utilizado ha sido SPSS v. 10 (1999).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos indican la existencia de ciertas diferencias en el número de frutos por inflorescencias y en las tasas de fructificación, dependiendo, en ambos casos, del lugar de cultivo de *B. bituminosa*.

En primer lugar, y tras comparar la cantidad de frutos producidos por la visita libre de los polinizadores (polinización libre), se observan sólo diferencias significativas en el número de frutos producidos por inflorescencia en las variedades canarias (var. *albomarginata* y *crassiuscula*), entre los ejemplares del IMIDA y del ICIA (Tablas 1 y 2). En el caso de la var. *albomarginata*, el número de frutos por inflorescencia es significativamente mayor en los ejemplares del ICIA, con $12,5 \pm 1,1$ frutos, frente a los $6,1 \pm 0,4$ frutos en el IMIDA. Esta diferencia podría estar directamente relacionada con la distinta comunidad de polinizadores presente en ambos lugares, existiendo posiblemente una relación más específica entre la planta de origen canario y la comunidad de insectos polinizadores allí presente. No obstante, habría que tener también en consideración las diferentes condiciones climáticas existentes en ambos lugares (IMIDA e ICIA). De hecho, la presencia de temperaturas benignas en el ICIA parece influir en que el periodo de floración sea más dila-

tado, lo que favorecería un periodo más prolongado de fructificación, como sucede en el caso de las var. *albomarginata* y *bituminosa* (observación personal). Las diferencias observadas en el caso de la var. *crassiuscula* tendrían una explicación basada en la diferente comunidad de insectos presente en Canarias o en la Península Ibérica. En este caso, el menor número de frutos producidos en la población de las Cañadas del Teide, podría estar relacionado con la localización aislada de esta población natural, en condiciones climáticas severas y la baja frecuencia de visitas de polinizadores. En cambio, y aunque los polinizadores presentes en el IMIDA puedan ser diferentes a los canarios, la elevada presencia de éstos podría estar favoreciendo la producción de una mayor cantidad de frutos por inflorescencia. Para poder constatar estos primeros resultados, habría que realizar futuros trabajos donde se estudien específicamente la comunidad de insectos polinizadores que visitan a *B. bituminosa* s.l. tanto en Canarias como en la Península Ibérica.

Tabla 1. Valores medios \pm error estándar del número de frutos por inflorescencia en *Bituminaria bituminosa*.

Variedad	Nº de frutos/infl.	
	IMIDA	ICIA
<i>albomarginata</i>	6,1 \pm 0,4	12,5 \pm 1,1
<i>crassiuscula</i>	16,5 \pm 0,7	10,0 \pm 0,6
<i>bituminosa</i>	9,7 \pm 0,6	10,8 \pm 0,7

Tabla 2. Valores estadísticos obtenidos de la comparación del número de frutos por inflorescencia entre las variedades y las localidades estudiadas.

Variedades y localidad	Valor estadístico	P
	$H_{[366,5]} = 94,482$	0,000
<i>albomarginata</i> IMIDA – <i>albomarginata</i> ICIA	$U_{[52,58]} = 821,000$	0,000
<i>crassiuscula</i> IMIDA – <i>crassiuscula</i> ICIA	$U_{[85,60]} = 970,000$	0,000
<i>bituminosa</i> IMIDA – <i>bituminosa</i> ICIA	$U_{[51,60]} = 1381,000$	n.s.

n.s. = no significativo

Con respecto a los resultados obtenidos con las tasas de fructificación, se aprecian notables diferencias en relación con la zona geográfica donde los ejemplares estaban cultivados. Ambas variedades canarias han mostrado valores bien diferenciados entre el IMIDA y el ICIA, mientras que la variedad típica presenta valores muy semejantes entre sí (Figura 1). Así, la var. *crassiuscula* muestra porcentajes de fructificación superiores al 70 % en la población cultivada del IMIDA (71,4 %), mientras que la población canaria de las Cañadas del Teide alcanza tan sólo el 53%. Estas diferencias pueden igualmente deberse a la diferente comunidad de polinizadores presente en Canarias y en la Península Ibérica. De hecho, la población natural de la var. *crassiuscula* crece sobre una ladera rocosa en el Teide, y es probable que esta población sea visitada con poca frecuencia por los polinizadores. Sin embargo, nuestros resultados demuestran que cuando esta planta es cultivada fuera de su entorno natural (p.ej. en el IMIDA), las tasas de la polinización libre aumentan considerablemente, lo que estaría indicando que esta planta es capaz de desarrollar una mayor cantidad de frutos cuando crece en un ambiente con una elevada presencia de insectos polinizadores.

En el caso de la var. *albomarginata*, la situación es contraria a la antes expuesta (figura 1). En el IMIDA, los ejemplares de esta variedad presentan valores inferiores al 30%, siendo las tasas más bajas encontradas en este estudio. Sin embargo, en el ICIA, las tasas superaron el 60%. Las diferencias encontradas en este estudio podrían relacionarse con la especificidad de los insectos polinizadores, puesto que en ambos sitios (IMIDA e ICIA) se ha apreciado una gran cantidad de insectos (observación personal). No obstante, las bajas tasas de fructificación de la var. *albomarginata* y de *bituminosa* encontradas en el IMIDA en el año 2003 han

resultado ser notablemente diferentes a las obtenidas durante el año 2002 (Juan *et al.*, 2003). Estas diferencias podrían relacionarse con el clima. De hecho, durante el año 2002 la época de floración se prolongó durante varios meses (marzo-mayo), mientras que en el 2003 se redujo a un par de meses (abril-mayo), debido a la existencia de valores elevados de temperatura -superiores a 20 °C- y porcentajes muy bajos de humedad relativa -de 4 a 17%- (Juan *et al.*, datos no publicados). No obstante, la relación clima-producción de frutos es una hipótesis que habrá que comprobar con futuros estudios.

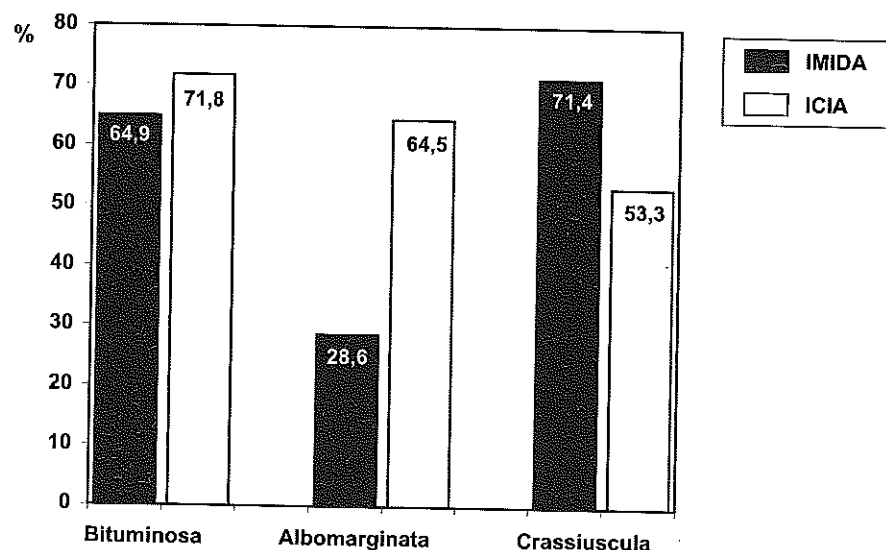


Figura 1.-Porcentajes de fructificación de las variedades estudiadas de *B. bituminosa* obtenidos en el IMIDA (Murcia) y en el ICIA (Tenerife).

CONCLUSIONES

En general y a la vista de los resultados obtenidos, las variedades de *B. bituminosa* son capaces de producir altas tasas de fructificación. Sin embargo, se han observado algunas diferencias significativas en cuanto a los porcentajes de fructificación así como en el número de frutos por inflorescencia. Este hecho podría estar relacionado con la diferente comunidad de insectos polinizadores presente en el IMIDA y en el ICIA (o en las poblaciones naturales de cada variedad) y posiblemente con el régimen climático de cada lugar. Así, será importante conocer tanto los polinizadores de la localidad original como se realiza tradicionalmente con otros táxones como la alfalfa (*Medicago sativa* L.) (Strickler, 1997; Strickler y Freitas, 1999), como las condiciones climáticas del lugar donde se pretenda cultivar, con el fin de saber si cualquier tipo de variedad de *B. bituminosa* (o de cualquier otra especie vegetal) es capaz de producir las mismas o al menos semejantes tasas de fructificación. Los ejemplos aquí presentados de las variedades de origen canario (var. *albomarginata* y *crassiuscula*) nos están indicando que la producción de frutos varían en gran medida de la zona donde se cultiven o crezcan los ejemplares.

AGRADECIMIENTOS

Deseamos expresar nuestro agradecimiento al Dr. Segundo Ríos (Universidad de Alicante) por sus valiosos comentarios durante la realización del trabajo y a Aránzazu de Hoyos, por su colaboración en el trabajo de campo. Este trabajo ha sido financiado por el INIA-Subdir. Gen. Prospectiva y Coord. de Programas, Proyecto nº RTA01-026-C3-3.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CORREAL, E.; MOÑINO, I.; MÉNDEZ, P.; RÍFOS, S., 2003. Valoración agronómica de siete poblaciones de *Bituminaria bituminosa*: efecto de la sequía estival y siega sobre su persistencia y producción de hoja. En: *Pastos, desarrollo y conservación*, 35-40. Eds. A.B. ROBLES, M.E. RAMOS, M.C. MORALES, E. DE SIMÓN, J. BOZA Consejería de Agricultura y Pesca, Junta de Andalucía. Sevilla. España.
- DAFNI, A., 1992. *Pollination Ecology - a practical approach*. New York: IRL - Oxford University Press. Oxford. Reino Unido. 257 pp.
- JUAN, A.; MOÑINO, I.; CORREAL, E.; CRESPO, M.B.; COCA, B., 2003. Producción de frutos en poblaciones canarias e ibérica de *Bituminaria bituminosa* (*Leguminosae*). En: *Pastos, desarrollo y conservación*: 41-46. Eds. A.B. ROBLES, M.E. RAMOS, M.C. MORALES, E. DE SIMÓN, J. BOZA Consejería de Agricultura y Pesca, Junta de Andalucía. Sevilla. España.
- MÉNDEZ, P., 2000. El heno de tедера (*Bituminaria bituminosa*): un forraje apetecible para el caprino en el archipiélago canario. *III R. Ibérica de Pastos y Forrajes*, 411-414.
- MÉNDEZ, P.; DÍAZ, E.; RIVERO, R., 2001. Contenido en cumarinas del forraje verde de tедера (*Bituminaria bituminosa*). Stirton (*Leguminosae*) en el archipiélago canario. *I Foro Iberoamericano de Pastos/XLI R.C. SEEP*, 335-339.
- MÉNDEZ, P.; FERNÁNDEZ, M., 1990. Interés forrajero de las variedades de *Bituminaria bituminosa* (L.) Stirton ("tedera") de Canarias. *Pastos (nº extr)*, 264-271.
- MÉNDEZ, P.; FERNÁNDEZ, M.; SANTOS, A., 1991. Variedades de *Bituminaria bituminosa* (L.) Stirton (*Leguminosae*) en el archipiélago canario. *Pastos*, 20-21 (1-2), 157-166.
- MÉNDEZ, P.; PETERS, J.; MORALES, D.; JIMÉNEZ, M.S., 2000. Características del intercambio gaseoso de las tederas (*Bituminaria bituminosa*) de Canarias. *III R. Ibérica de Pastos y Forrajes*, 91-96.
- MUÑOZ, A.; CORREAL, E., 1998. *Bituminaria bituminosa* (L.) Stirton, leguminosa de interés forrajero en la Cuenca Mediterránea: I. Situación taxonómica, distribución y autoecología. *XXXVIII R.C. SEEP*, Soria, 87-91.
- MUÑOZ, A.; CORREAL, E., 1999. *Bituminaria bituminosa* (L.) Stirton, leguminosa de interés forrajero en la Cuenca Mediterránea: II. Comportamiento frente a frío y selección de material tolerante. *Actas XXXIX Reunión Científica de la S.E.E.P. Almería*: 257-262.
- SOKAL, R.R.; ROHLF, F.J., 1995. *Biometry*. Ed. Freeman, 887 pp. New York.
- STIRTON, C. H., 1981. 'Tribe *Psoraleae* (Benth.) Rydb. En R.M. Polhill and P.H. Raven. *Advances in legume Systematics*, 337-343. Royal Botanic Gardens.
- STRICKLER, K., 1997. Seed and bee yields as a function of forager populations: alfalfa pollination as a model system. *J. Kansas Entomol. Soc.* 69(4), 201-215.
- STRICKLER, K.; FREITAS, S., 1999. Interactions between floral resources and bees (*Hymenoptera: Megachilidae*) in commercial alfalfa seed fields. *Envir. Entomol.*, 28(2), 178-187.
- SPSS, 1999. *SPSS for windows*, versión 10. SPSS Inc. 1989-1999.

Interés ecológico y pastoral del erizón (*Echinopartum horridum* [Vahl] Rothm.)

A. MARINAS¹, R. GARCÍA-GONZÁLEZ¹, A. ALDEZABAL², S. PALACIO¹ y D. GÓMEZ-GARCÍA¹

¹Instituto Pirenaico de Ecología (CSIC), Apdo. 64, 22700 Jaca (Huesca). ²Landare-Biologia eta Ekologia Saila, Euskal Herriko Unibertsitatea, 644 p.k., 48080 Bilbo (Bizkaia)

RESUMEN: Revisamos el hábitat, distribución, estructura y dinámica de las comunidades de erizón, *Echinopartum horridum*, uno de los arbustos más abundantes en el Pirineo. También aportamos información sobre su valor pastoral (producción, composición química, utilización por los herbívoros). Destacamos el interés ecológico de esta especie por su carácter endémico y su capacidad de fijar, preservar y enriquecer los suelos pobres que coloniza con facilidad. Desde el punto de vista pastoral y considerando los principales pastos pirenaicos, el ramón de erizón alcanza unos niveles de producción y calidad intermedios en el período de crecimiento-floración. Puede constituir un recurso alimentario puntual pero interesante para los rumiantes ramoneadores que saben aprovecharlo (cabras domésticas y ungulados silvestres).

Palabras clave: arbusto, endemismo, Pirineos, valor ecológico, valor pastoral.

Ecological and pastoral characteristics of (Echinopartum horridum [Vahl] Rothm)

SUMMARY: We revise the ecology, distribution, plant community structure and dynamic of the "erizón", one of the most abundant cushion shrub in the Pyrenees. We also bring information about the pastoral value of the species. This species shows high ecological interest due to its endemic character and its capacity of fixing, preserving and enriching the poor soils that it easily colonizes. From the pastoral point of view and taken into account the main pyrenean pastures, the browse of this species shows intermediate levels of primary production and quality. The highest values of these parameters have been found in summer coinciding with the period of maximum growth and flowering. We conclude that this plant can constitute a punctual but interesting food resource for browsers (goats and wild ungulates).

Key words: Cushion shrub, endemism, Pyrenees, ecological value, pastoral value.

INTRODUCCIÓN

El género *Echinopartum* (Leguminosae) integra cinco especies, de las que cuatro (*E. algibicum*, *E. boissieri*, *E. barnadesii*, *E. ibericum*) son endémicas de distintas zonas de la Península y la quinta, *E. horridum*, vive en el Pirineo español y alcanza también algún punto aislado del S de Francia. Las cinco especies son arbustos espinosos pulviniformes, con ramas opuestas y se distinguen de las genistas espinosas, (*Genista* L.), por presentar hojas trifolioladas y cáliz dividido casi hasta la base, con tubo muy corto (Talavera, 1999).

El erizón, *Echinopartum horridum*, puede alcanzar una talla de 50 cm de altura y 1 metro o más de diámetro. Las ramas presentan seis costillas, carácter que le separa del resto de sus congéneres que tienen ocho. Los folíolos son caducos duran verdes de Abril a Julio, mientras los tallos, con ápice espinoso, permanecen verdes a lo largo de su primer año. La inflorescencia está formada por dos flores opuestas con corola amarilla y la legumbre puede contener hasta 2, muy rara vez 3, semillas, ovoideas de color negruzco en la madurez. La floración, por lo general muy llamativa por su abundancia y colorido, se produce entre los meses de junio a agosto y la fructificación inmediatamente después.

Junto con el boj, el erizón es uno de los arbustos más abundantes y con mayor amplitud ecológica en gran parte del Pirineo central. Tras el fuego las semillas germinan masivamente, lo que le permite la colonización de áreas incendiadas. Además, se extiende mediante el crecimiento y enraizamiento de sus ramas; el crecimiento del pulvínulo es de tipo centrífugo y es frecuente observar ejemplares añosos con forma de anillo por necrosis de la zona central. Por otro lado, su porte y la producción de abundantes raíces le permiten retener, acumular y fijar suelo por lo que se comprende fácilmente su papel antierosivo, principalmente en muchos de los ambientes que ocupa, muy proclives a la erosión eólica e hídrica. Además, como el resto de legumi-

nosas, fija nitrógeno, aumentando así la fertilidad de los suelos que ocupa. La práctica pastoral tradicional recomendaba la quema periódica, a veces anual, en invierno y el posterior pastoreo preferentemente con cabras u ovejas que pueden consumir con avidez los brotes tiernos. El declive de la ganadería en muchas zonas de montaña de las últimas décadas unido al cese del fuego pastoral, parecen alentar una notable expansión de este arbusto, a veces en detrimento de pastos herbáceos.

A pesar de la abundancia e importancia ecológica apenas existen estudios sobre la biología y ecología de esta planta y sólo algún trabajo ha sido dedicado a la caracterización fitosociológica de sus comunidades (Montserrat *et al.*, 1984). En este artículo revisamos el marco geográfico y ecológico de la especie y señalamos su valor forrajero.

MATERIAL Y MÉTODOS

Para su caracterización ecológica y geográfica, revisamos la bibliografía existente y consultamos los datos del Herbario JACA y los inventarios, en parte inéditos, de sus comunidades que han sido reunidos en el marco del proyecto del Plan Nacional REN2002-03827. Los valores referentes a la estructura de las comunidades de erizón se han obtenido de una tabla que reúne 73 inventarios, algunos inéditos y otros de los trabajos que se citan más adelante. Algunos caracteres morfológicos se han precisado en el marco de una tesis doctoral en curso de realización por uno de los autores (sin publicar).

La producción primaria aérea se estimó mediante un muestreo realizado en el valle de Aísa a principios del mes de julio de 2003, época de máximo crecimiento del erizón. Para ello se establecieron al azar cuatro zonas de muestreo a 1600 m de altitud y en cada una se marcaron también al azar seis cuadrados de 25x25 cm, cortando el material vegetal correspondiente al crecimiento anual. Este se distinguía de los tejidos viejos por su diferente textura y color. Las muestras se limpiaron para eliminar posibles contaminaciones, se pesaron en fresco, se secaron en estufa de aire forzado a 60°C durante 48 h y se volvieron a pesar para estimar el contenido en agua.

El valor nutritivo se determinó analizando la composición química de muestras recolectadas mensualmente de junio a septiembre de 2000. Se calculó el contenido en fibras (FND, FAD, LAD), fósforo y nitrógeno (expresados en porcentaje de materia seca (MS)), y se estimó la digestibilidad de la materia orgánica (DOM) mediante la técnica de producción de gas (Marinas *et al.*, 2003). El valor ecológico y pastoral (índice de calidad, IC = 0,02 (N + P) DMO) se han obtenido mediante el método propuesto en Gómez-García *et al.*, (2001), Gómez-García *et al.*, (2002) y García-González *et al.*, (2003).

Sólo los herbívoros ramoneadores consumen erizón en cantidades apreciables. En nuestra zona de estudio lo hacen fundamentalmente la cabra doméstica, el sarrío (*Rupicapra pyrenaica*) y el ciervo. La utilización del erizón por parte de los herbívoros se estudió por medio del análisis microhistológico de las heces que se basa en el reconocimiento microscópico de los fragmentos indigestibles de las plantas en las heces, a partir de una colección de referencia. Una explicación detallada sobre la metodología y características del muestreo se expone en Aldezabal (2001).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Distribución y hábitat

E. horridum es un taxon endémico del Pirineo central (mas dos localidades en Francia: Aveyron y Rhône). Su distribución peninsular abarca el Pirineo y Prepirineo desde Lehoz (XN1527) en Navarra hasta el Alt Urgell (Port del Cantó, CG5390) en Lérida (Ferré y Soriano, 1996); su límite meridional se sitúa en la Sierra de Guara, (Loporzano, barranco de San Martín, YM1980). La amplitud altitudinal va desde 620 m (San Martín) hasta 2344 m (cumbre de la Sierra de Chía) aunque su mayor abundancia se observa entre los 1000 y 1700 m, en un ámbito de montaña submediterránea (dominio del *Buxo-Quercetum pubescentis*).

Respecto al hábitat, el erizón ocupa de forma primaria crestones y laderas pedregosas solanas con suelo escaso que limita o impide el desarrollo forestal; en altitudes inferiores a 800 m puede aparecer también en

umbrías. Estos ambientes se ven sometidos a un clima venteado que aumenta la evapotranspiración, lo que unido a unos suelos por lo general someros y con escasa capacidad de retención hídrica, da lugar a condiciones de sequía gran parte del año, como señala la presencia de una flora de carácter xerófilo. En estas situaciones, la presencia del erizón debe interpretarse más bien en relación con estos climas locales o "topoclimas" que con el clima general de los distintos pisos de vegetación que ocupa. Pero, al margen de estos hábitats primarios, el erizón aparece ahora ampliamente extendido en situaciones topográficas muy dispares, desde el nivel inferior del piso montano hasta el límite superior del subalpino y por tanto formando parte de comunidades seriales de *Quercus ballota*, *Q. gr. cerrroides*, *Pinus sylvestris* y *P. uncinata*; incluso puede encontrarse en la vecindad del haya y el abeto. En el nivel supraforestal, el erizón coloniza pastos mesófilos y basófilos (*Bromion erecti*, *Festucion gautieri*), e incluso zonas de glera poco móviles. En cuanto a sus preferencias edáficas, se comporta como calcícola estricta ocupando por lo general suelos pobres en nutrientes. Además es planta heliófila en casi todo su ámbito ecológico, aunque lógicamente este carácter se acentúa con la altitud; por debajo de 800-900 m puede aparecer en umbrías despejadas. En la sombra, el erizón adquiere pronto un porte "deshilachado" y una coloración pálida que precede a su desaparición.

Fitosociología, dinámica y valor ecológico de las comunidades de erizón

La caracterización fitosociológica de las comunidades de erizón ha recibido distintos tratamientos por diferentes autores: Bòlos y Montserrat (1983), Montserrat *et al.*, (1984), Rivas Martínez *et al.*, (1991). Las principales comunidades han sido incluidas en las clases *Ononido Rosmarinetea*, *Festuco hystricis-Ononidetea striatae* y *Pino-Juniperetea*. La posición sintaxonómica puede consultarse en Rivas Martínez *et al.*, (2001).

La dinámica de las comunidades de erizón esta muy condicionada por la situación topográfica, las características edáficas y la utilización humana. En los resaltes rocosos y laderas abruptas con poco suelo, el erizón constituye comunidades permanentes que pueden observarse en muchas zonas del Pirineo. En zonas menos pendientes del dominio forestal, las comunidades secundarias de erizón son colonizadas paulatinamente por pino laricio y albar, quejigo o pino negro, según la altitud y situación topográfica, pudiendo ser sustituidas, a medio o largo plazo, por formaciones forestales o bien dar lugar a mosaicos de bosque-matorral-pasto como los que se observan con frecuencia en el nivel subalpino.

En cuanto a su composición florística, hay que señalar que en tan amplio ámbito ecológico, muchas especies acompañan al erizón. La Tabla 1 muestra las plantas que aparecen en mayor número de comunidades con la abundancia media calculada a partir de la asignada en los inventarios (escala 1 a 5 y 0,1 a +) y el valor florístico (Gómez-García *et al.*, 2001).

Tabla 1. Especies más frecuentes en las comunidades de erizón (valores medios obtenidos a partir de 73 inventarios) con el valor especie y el valor florístico resultante.

Especies	% inventarios	Abundanci	Valor especie	Valor florístico
<i>Echinopartum horridum</i>	100,00	3,78	3,67	36,67
<i>Buxus sempervirens</i>	75,34	1,23	1,33	10,05
<i>Carex humilis</i>	72,60	1,47	1,78	12,91
<i>Koeleria vallesiana</i>	61,64	1,06	1,33	8,22
<i>Helianthemum oelandicum</i> subsp. <i>italicum</i>	47,95	0,73	1,33	6,39
<i>Brachypodium pinnatum</i>	42,47	1,07	0,89	3,77
<i>Teucrium pyrenaicum</i>	42,47	0,91	3,33	14,16
<i>Paronichia kapela</i> subsp. <i>serpyllifolia</i>	42,47	0,55	2,22	9,44
<i>Fumana procumbens</i>	42,47	0,42	1,11	4,72
<i>Arenaria grandiflora</i>	30,14	0,48	1,11	3,35
<i>Aphyllantes monspeliensis</i>	27,40	1,09	1,11	3,04
<i>Genista scorpius</i>	27,40	1,03	1,33	3,65

La cobertura vegetal varía en relación con la pedregosidad del suelo y la pendiente, que oscila entre 5° y 40° con valor medio de 22°, pero por lo general muestra recubrimientos altos (valores entre 40 y 100% con valor medio de 77%).

En cuanto a la riqueza florística, encontramos un número de especies de 22 por inventario (superficie media aproximada 50 m²). El valor florístico calculado para esta comunidad es 2,34 y el valor ecológico es 5,0, un valor intermedio entre los calculados para las comunidades pirenaicas.

Por último hay que mencionar que debido a su carácter invasor, aspecto "pinchudo" y al creciente tamaño de sus poblaciones, el erizón es denostado por ganaderos, gestores forestales y medioambientales. Sin embargo, antes de realizar trabajos de desbroce, debería considerarse el interés ecológico de la especie, junto a su papel como protector edáfico y mediador en la colonización forestal. Además, en zonas con fuerte explotación natural, las comunidades de erizón señalan el óptimo ecológico y difícilmente su desarraigo dará lugar a pastos de mayor calidad. Sin embargo, en situaciones en que este matorral ha invadido áreas pastorales de evidente interés, es dudoso que el pastoreo pueda recuperar el pasto y podría considerarse el desbroce mecánico o, preferiblemente, el incendio periódico controlado.

Valor pastoral

La producción media estimada en el pico máximo de biomasa resultó de 365,5 g MS/m²/año (error estándar = 25,7; n = 21) con un máximo de 593,4 y un mínimo de 187,1 g MS/m²/año. No hubo diferencias significativas entre la biomasa de las cuatro parcelas muestreadas (ANOVA F = 2,4; p = 0,1). El contenido medio en agua fue de 64,2%. Los valores de producción pueden considerarse relativamente altos; comparables a producciones medias de varios pastos pirenaicos muy utilizados por los herbívoros (*Nardion*, *Primulion*, *Trisetio-Polygonion*) y desde luego superiores a pastos de baja cobertura y suelos pobres (*Festucion gautieri*, *Elynyon myosuroides*) (García-González *et al.*, 2002).

En la Tabla 2 se puede observar la variación de la calidad del erizón a lo largo del verano según datos de Marinas *et al.*, (2003). El contenido en fibra y lignina aumenta de junio a septiembre, y la digestibilidad, contenido en nitrógeno y fósforo disminuyen fuertemente. Sin embargo, en el momento de máximo crecimiento, la calidad de los folíolos y tallos tiernos de esta planta es alta y los herbívoros ramoneadores los consumen intensamente (Figura 1). El índice de calidad específico (IC) tiene un valor intermedio en junio (en una escala de 0 a 5) y disminuye el resto de los meses (Tabla 2). Ello es debido a que el contenido en lignina es siempre relativamente alto aumentando aun más después de la floración. La lignificación endurece las espinas terminales de los tallos que actúan como disuasorias para los grandes herbívoros. No se ha encontrado presencia de taninos en esta especie (Garín, 2000).

Tabla 2. Variación mensual del contenido en FND, FAD, LAD, N y P del erizón (% MS), DMO e índice de calidad.

Mes	FND	FAD	LAD	DMO	N	P	IC
Junio	57,0	35,4	16,5	54,8	2,48	0,18	2,7
Julio	63,3	45,6	18,9	47,7	1,40	0,07	1,1
Agosto	67,7	51,5	21,5	43,4	1,18	0,06	1,1
Septiembre	69,8	49,0	20,4	43,2	1,23	0,06	1,0

La Figura 1 muestra la proporción que el erizón representa en la dieta de sarríos y cabras domésticas en un área colindante al Parque Nacional de Ordesa (ladera de Diazas). Para los sarríos el consumo de esta especie disminuye fuertemente de junio a julio y para las cabras el descenso más brusco se observó de julio a agosto. Aunque los datos de DMO no proceden del mismo estudio, se han representado conjuntamente en la Figura 1 para ilustrar el descenso del consumo de esta especie a medida que disminuye su digestibilidad. Estas tendencias relativas al consumo de erizón y su calidad, fueron observadas también para el caso de los ciervos en otra zona próxima (Garín, 2000).

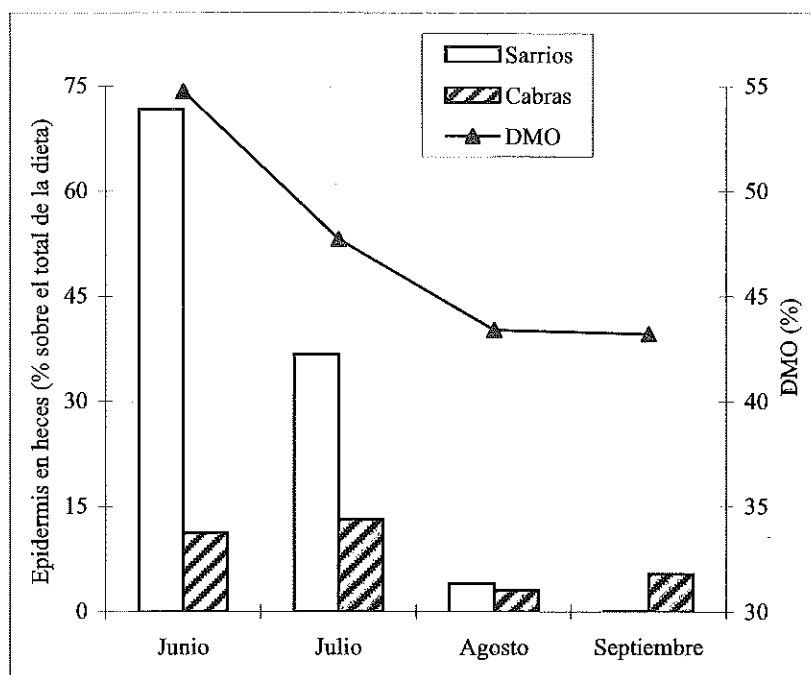


Figura 1. Estima del consumo de erizón por sarríos y cabras domésticas en el período estival y posible relación con los cambios que se producen en su digestibilidad. Los datos de consumo y digestibilidad no corresponden al mismo año, ni zona de estudio.

CONCLUSIONES

El erizón presenta un interés pastoral no desdeñable. Durante el período de máximo crecimiento (junio-julio), encontramos valores de producción y calidad moderada, lo que unido a su abundancia supone un recurso alimentario valioso para los rumiantes ramoneadores, en un momento en que sus requerimientos energéticos suelen ser altos (gestación, lactación). En cuanto al valor ecológico, las comunidades de erizón presentan valores intermedios entre los calculados para las comunidades pascícolas pirenaicas.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ALDEZABAL, A., 2001. *El sistema de pastoreo del Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido (Pirineo Central, Aragón). Interacción entre la vegetación supraforestal y los grandes herbívoros*. Publ. nº 28 Consejo de Protección de la Naturaleza de Aragón. Zaragoza.

BÓLOS, O.; MONTSERRAT, P., 1983. Datos sobre algunas comunidades vegetales, principalmente de los Pirineos de Aragón y Navarra. *Lagascalía*, 5.

FERRÉ, A.; SORIANO, I., 1996. *Genista horrida* (Vahl) DC. a l'Alt Urgell. [Notes breus (flora)]. *Butll. Inst. Catalana Hist. Nat.* 63, 104.

GARCÍA-GONZÁLEZ, R.; MARINAS, A.; GÓMEZ-GARCÍA, D.; ALDEZABAL, A.; REMÓN, J.L., 2002. Revisión bibliográfica de la producción primaria neta aérea de las principales comunidades pascícolas pirenaicas. En: *Producción de pastos, forrajes y céspedes*, 245-250. Ed. C. CHOCARRO, et al. ETSIA, Lleida.

GARCÍA-GONZÁLEZ, R.; MARINAS, A.; GÓMEZ-GARCÍA, D., 2003. Comparación de métodos de valoración pastoral en especies pascícolas pirenaicas. En: *Pastos, desarrollo y conservación*, 437-442. Ed. A.B. ROBLES et al. Consej. Agricultura y Pesca. Granada.

- GARIN, I., 2000. *El ciervo (Cervus elaphus) en la Reserva de Caza de la Garcipollera (Huesca)*. Consejo de Protección de la Naturaleza de Aragón. Publ. nº 22, Zaragoza.
- GÓMEZ-GARCÍA, D.; GARCÍA-GONZÁLEZ, R.; MARINAS, A.; ALDEZABAI, A., 2002. An eco-pastoral index for evaluating Pyrenean mountain grasslands. *Proc. 19th General Meeting European Grassland Federation*, 922-923. EGF. La Rochelle (Francia).
- GÓMEZ-GARCÍA, D.; GARCÍA-GONZÁLEZ, R.; REMÓN, J.L., 2001. Una valoración ecológica de los pastos de montaña de los Pirineos. En: *Biodiversidad en Pastos*, 201-208. CIBIO. Generalitat Valenciana. Alicante.
- MARINAS, A.; GARCÍA-GONZÁLEZ, R.; FONDEVILA, M., 2003. The nutritive value of five species occurring in summer grazing ranges of the Pyrenees. *Animal Science*, **76**, 461-469.
- MONTSERRAT RECODER, P.; MONTSERRAT MARTI, J.M^a; MONTSERRAT MARTI, G., 1984. *Acta Biologica Montana*, **4**, 249-257.
- RIVAS MARTÍNEZ, S.; DÍAZ, T.E.; FERNÁNDEZ PRIETO, J.A.; LOIDE, J.; PENAS, A., 1991. *Festuco hystricis-Ononidetea striatae* y *Rosmarinetea officinalis*, clases de vegetación independientes. *Itinera Geobotanica*, **5**, 505-516.
- RIVAS MARTÍNEZ, S.; FERNÁNDEZ GONZÁLEZ, F.; LOIDI, J.; LOUSA, M.; PENAS, A. 2001. Syntaxonomical checklist of vascular plant communities of Spain and Portugal to association level. *Itinera Geobotanica*, **14**, 5-341.
- TALAVERA, S., 1999. *Echinopartum* (Spach) Fourr. En: *Flora Iberica* Vol VII(1), 119-127. Ed. S. TALAVERA et al. Madrid.

Germoplasma de tедера (*Bituminaria bituminosa*): caracterización y descriptores

B. COCA¹, S. RÍOS¹, A. JUAN¹, P. MÉNDEZ², A. SANTOS² y E. CORREAL³

¹Centro Iberoamericano de la Biodiversidad (CIBIO). Universidad de Alicante. Apdo. 99. E-03080 Alicante. España. e-mail: s.rios@ua.es. ²Instituto Canario de Investigaciones Agrarias, Apdo. 60. E-38200 La Laguna, Tenerife. España. ³Instituto Murciano de Investigación y Desarrollo Agroalimentario (IMIDA, Finca Sericícola). E-30150 La Alberca, Murcia. España.

RESUMEN: Se presentan y discuten los resultados más relevantes de la elaboración de los descriptores para la tедера (*Bituminaria bituminosa* s.l.), tras estudios macromorfológicos y micromorfológicos de distintas partes de la planta en diferentes poblaciones ibéricas, canarias, baleáricas y palestinas. Se han seleccionado los descriptores paramétricos de caracterización más útiles, -con la ayuda del análisis de componentes principales-, para poder identificar diferencias infrataxonómicas. Las características morfológicas con mayor variabilidad han sido la longitud de la legumbre, la longitud del diente central del cáliz y la longitud del peciólulo; todas ellas fácilmente observables durante la casi totalidad del ciclo vital de la planta.

Palabras clave: Psoraleeae, Leguminosae, caracteres paramétricos.

Germplasm of "tedera" (*Bituminaria bituminosa*): characterisation and descriptors

SUMMARY: After macro- and micromorphological studies on different accessions -from Iberian, Balearic, Palestinian and Canarian populations- of *Bituminaria bituminosa*, the most relevant results obtained during descriptor search for that plant are reported. By using PCOA (principal component analysis), parametric descriptors useful even for intrataxonomic differentiation were chosen. Characters absorbing most of the variance were: i) pod length, ii) central tooth of calyx length, and iii) petiole of central leaflet length. All those features were easy to observe along most of the life cycle of plants.

Key words: Psoraleeae, Leguminosae, descriptive parameters.

INTRODUCCIÓN

Durante las últimas décadas, se ha visto incrementado el interés y las investigaciones sobre utilización de arbustos forrajeros con fines ganaderos. Algunas de estas especies han mostrado una buena adaptación al cultivo, a la sequía, y a su consumo por pequeños rumiantes (e.g. tagasastes o *Chamaecytisus* sp. pl. y tederas o *Bituminaria bituminosa* s.l. -en Canarias-; *Atriplex* sp. pl. -en Sureste/Murcia-; y otras leguminosas arbustivas, en Aragón, Albacete, Madrid y Extremadura).

Desde un punto de vista taxonómico, *Bituminaria bituminosa* (L.) C.H. Stirt. (*Leguminosae*, *Papilionoideae*), perteneciente a la tribu *Psoraleeae*, ha pasado por diferentes tratamientos taxonómicos (Stirton, 1981; Méndez *et al.*, 1999). Además, diversos estudios morfológicos precedentes han mostrado la existencia de una elevada variabilidad poblacional, que ilustran su complejidad sistemática (Muñoz y Correal, 1998; Coca *et al.*, 2003). Este hecho, unido al interés suscitado por su calidad forrajera, crea la necesidad de ahondar más en el estudio de sus caracteres morfológicos. Por todo ello, pareció oportuno desarrollar un proyecto coordinado y multidisciplinar en el que se definan los descriptores morfológicos de *B. bituminosa* (en el sentido de FAO, IBPGR, IPGRI, etc.), para poder aprovechar sus cualidades como planta forrajera (e.g. para pastoreo o como heno) y por su adaptabilidad a zonas climáticamente desfavorecidas (e.g. resistencia a frío y sequía), con el futuro objetivo de seleccionar germoplasma útil para su aprovechamiento ganadero y ornamental, así como para la regeneración de zonas degradadas. No obstante, esta caracterización morfológica deberá ser constatada con futuros estudios de variabilidad molecular. Si ambos estudios morfológicos y genéticos son coincidentes, se posibilitará la domesticación de genotipos con interés forrajero con buena adaptación a zonas secas y frías.

MATERIAL Y MÉTODOS

El material vegetal utilizado proviene de poblaciones silvestres de *B. bituminosa* de Canarias -var. *crassiuscula* Méndez *et al.* de Cañadas del Teide, var. *albomarginata* Méndez *et al.* y de la var. *bituminosa* (típica) de Tenerife, así como otros ecotipos de Güimar y Punta de Teno-; y de la Península Ibérica -La Perdiz-Sierra Espuña (Murcia), Santiago de Espada-Sierra de Segura (Jaén), Río Mundo-Riópar (Albacete), Huesca (Prepirineo aragonés), Sierra Helada (Alicante) y Portugal de la región de Urros (colindante con Zamora)-. Además, se han incluido algunas poblaciones cultivadas de Tenerife, Israel (Galilea occidental) y Cerdeña existentes en la colección del IMIDA (Instituto Murciano de Investigación y Desarrollo Agroalimentario, Murcia). Por último, también, se ha estudiado material vegetal cultivado del ICIA (Instituto Canario de Investigación y Agricultura, Tenerife), como es el caso de la var. *albomarginata* de Famara (Lanzarote). Todo el material utilizado en este estudio se ha incorporado al herbario de la Universidad de Alicante (ABH).

El hábito se ha determinado con la observación directa de poblaciones naturales y cultivadas. Para las medidas de las hojas (Tabla 1), se ha utilizado un pie de rey digital a partir de material prensado, ofreciéndose los datos en milímetros. El estudio macromorfológico de la flor ha consistido en hacer diferentes medidas de las piezas florales, a partir de material conservado sólo en alcohol 70% o en solución de ácido acético glacial 45% y alcohol 70% (3:1, v/v). Se tomaron diferentes medidas del estandarte, el ala y la quilla (Tabla 1), con la ayuda de un micrómetro incorporado al ocular de una lupa binocular Leika® MZ6. En el caso de las legumbres (Tabla 1), las medidas se efectuaron sobre frutos maduros, recolectados a mediados finales de la época de fructificación. En todos los casos, el estudio de la morfología y biometría se llevó a cabo en 30 hojas, flores y frutos, procedentes de diferentes individuos por población. Los caracteres micromorfológicos de la hoja, flor y fruto (e.g. longitud y densidad de tricomas; ver Tabla 1) se han identificado con un microscopio electrónico de barrido (MEB, JEOL 840). El análisis conjunto de todas las variables morfológicas medidas se ha efectuado mediante un análisis de los componentes principales (Sokal y Rohlf, 1985). El programa utilizado fue SPSS v. 11.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tras la toma de los datos, se obtuvieron unos parámetros de caracterización (Tabla 1), que forman parte de uno de los apartados de los descriptores del banco de germoplasma de *Bituminaria* y otros géneros relacionados de la tribu *Psoraleae*. Para la creación de dicho banco, se respetarán las normas establecidas por

Tabla 1. Descriptores paramétricos de *B. bituminosa* utilizados para el análisis de los componentes principales (Long. = Longitud; fol. = foliolo).

HOJAS ¹	CÁLIZ	COROLA	LEGUMBRE
Long. del peciolo ²	Long. total del cáliz	Long. del estandarte	Long. total de la legumbre 2
Anchura de la base del peciolo	Long. del diente central ²	Anchura del estandarte	Anchura de la parte apical
Long. del raquis	Long. del tercer diente	Diámetro del apéndice del estandarte	Anchura del pico a 1/3 de la base
Anchura de la base del raquis	Long. del pedúnculo	Distancia entre los apéndices del estandarte	Densidad total de tricomas
Long. del fol. central	Número de tricomas blancos	Long. del ala	Long. de los tricomas apicales
Anchura del fol. central	Número de tricomas negros	Anchura del ala	Densidad de tricomas apicales
Anchura del fol. central a 1 cm de la base del fol.	Long. de los tricomas blancos.	Long. del apéndice basal del ala	Densidad de tricomas en el pico
Densidad de tricomas en el envés ²	Long. de los tricomas negros	Anchura del bucco del ala	Margen ciliado del pico
Long. de los tricomas en el envés	Long. de los tricomas laterales ₂	Diámetro mayor de los pliegues del ala	Número de acúleos largos
Diámetro mayor de las glándulas		Diámetro menor de los pliegues del ala	Número de acúleos cortos
Long. del peciólulo 2		Long. de la quilla	Long. de la espícula lateral
Anchura del peciólulo		Long. de la curvatura de la quilla	
Long. de las estípulas			

1 todas las medidas se han realizado sobre el foliolo central.

2 variables con mayor peso en el análisis de componentes principales

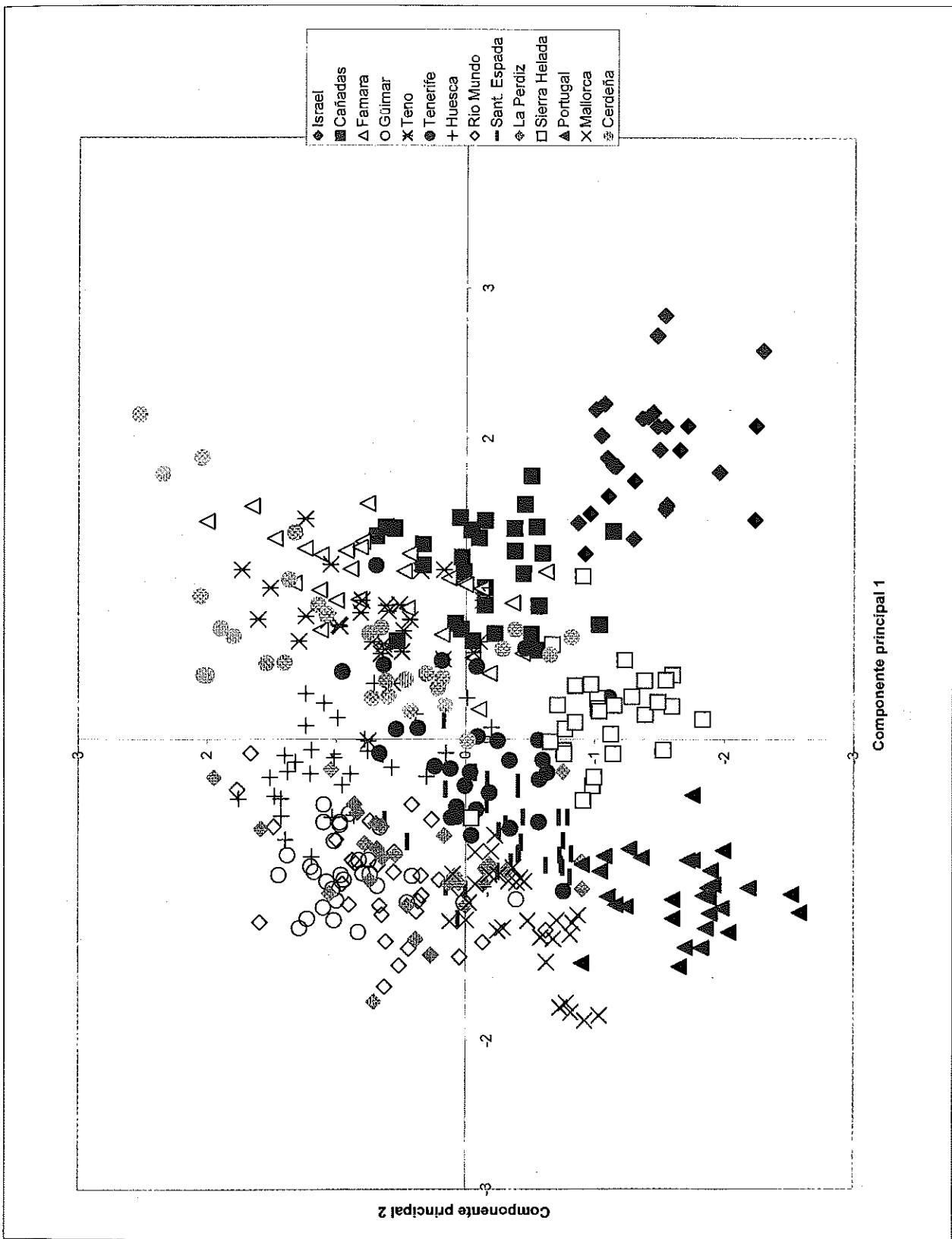


Figura 1.—Análisis de componentes principales de los caracteres morfométricos de *B. bituminosa*, distinguiendo las diferentes poblaciones. El primer componente principal explica un 20,4 % de la varianza y el segundo un 12,7 %.

los organismos internacionales IBPGR/IPGRI/FAO (IBPGR, 1985a, 1985b, 1985c, 1985d, 1999), creándose y manteniéndose de colecciones de trabajo, colecciones activas y colecciones base, así como, elaborándose protocolos de control y conservación a largo plazo. (ICIA-Tenerife, IMIDA-Murcia, CIBIO-Univ. Alicante).

Para el análisis de los componentes principales se han utilizado las variables paramétricas que aparecen en la Tabla 1. Se han englobado en tres grandes grupos: los caracteres de las hojas, de las flores y del fruto. Para cada uno de los grupos, previamente se ha realizado una selección utilizando la correlación de Spearman (ya que las variables no son normales). Con esto hemos discriminado variables que no aportan ninguna información, así, un elevado valor indicaría que los caracteres morfológicos son muy dependientes entre sí (Sokal y Rohlf, 1985). El análisis de los componentes principales de los caracteres seleccionados de cada grupo (Tabla 1), ha resultado ser de gran utilidad para poder distinguir grupos entre las poblaciones con las que hemos trabajado (Figura 1).

Se han obtenido seis componentes principales, que explican un 71% de la varianza, de los que los tres primeros explican de forma conjunta un 44,4% (20,4% el primero, 12,8% el segundo y 11,2% el tercero).

Los caracteres morfológicos que presentan mayor peso para el primer componente en esta separación son; la longitud de la legumbre, del diente central del cáliz y del peciólulo. Según el segundo componente; el número de tricomas en el envés del foliolo central, la longitud de los tricomas laterales del cáliz y la longitud del peciolo han mostrado un mayor peso. El peso del resto de los componentes es bastante bajo y similar, destacando solo para el tercer componente; la longitud de los tricomas blancos del cáliz.

En la Figura 1 se observa como el primer componente hace que la población de Israel se distancie de las poblaciones peninsulares y Mallorca. Las diferencias que mantiene Israel son menores para las poblaciones de Cañadas, Farnara, Teno y Cerdeña. Y además hay un grupo que permanece entre el de mayor diferencia y el de menos; que se corresponde con las poblaciones de Sierra Helada y Tenerife. Es destacable, también, la población de Güimar, que se mantiene en el grupo inferior muy alejada del resto de las poblaciones de canarias.

Con los resultados aquí presentes se han obtenido un conjunto de descriptores para la tederá (documento inédito), que nos va a permitir de antemano diferenciar poblaciones hasta niveles varietales, de morfotipos y ecotipos. Estos resultados pueden ser útiles para predecir áreas de distribución de las poblaciones, y contrastarlos en un futuro con resultados de trabajos con marcadores moleculares. Así, este tipo de trabajos permiten aplicar estudios sobre determinados táxones caracterización botánica para aplicarlos en estudios de mejora para el ganado y la revegetación de zonas degradadas.

CONCLUSIONES

El análisis de los componentes principales para variables paramétricas de *B. bituminosa*, como la longitud de la legumbre, del diente central del cáliz y del peciólulo, ha sido de gran utilidad para definir las características morfológicas que permitan diferenciar poblaciones de tederá hasta niveles varietales, de morfotipos y ecotipos. Este hecho será de importancia para agilizar el proceso de selección y mejora genética de la especie, que viene desarrollando el equipo firmante.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado a cargo del proyecto RTA01-026-C3-3 (INIA-Subdir. Gral. de Prospectiva y Coordinación de Programas).

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- COCA, B., 2003. *Caracterización botánica de Bituminaria bituminosa (L.) Stirt. (f Psoralea bituminosa L.) en poblaciones del Mediterráneo occidental, Portugal y Canarias*. Memoria DEA, inédita. Universidad de Alicante.
- COCA, B.; JUAN, A.; RÍOS, S.; CRESPO, M.B.; MÉNDEZ, P., 2003. Caracterización micromorfológica de la leguminosa *Bituminaria bituminosa (L.) Stirt.* en diversas poblaciones mediterráneas y atlánticas. En: *Pastos, desarrollo y conservación*: 41-46. Eds. Robles, A.B., Ramos, M.E., Morales, M.C., de Simón, E., Boza, J. Consejería de Agricultura y Pesca, Junta de Andalucía.
- IBPGR. 1985a. *Handbook of Seed Technology for Genebanks. Volume I. Principles and Methodology*. International Board for Plant Genetic Resources, Roma.
- IBPGR. 1985b. *Handbook of Seed Technology for Genebanks. Volume II. Compendium of Specific Germination Information and Test Recommendations*. International Board for Plant Genetic Resources, Roma.
- IBPGR. 1985c. *Procedures for Handling Seeds in Genebanks*. International Board for Plant Genetic Resources, Roma.
- IBPGR. 1985d. *Information Handling Systems for Genebank Management*. International Board for Plant Genetic Resources, Rome.
- IBPGR. 1991. *A guide to the European forage databases*. IBPGR. Roma.
- IBPGR. 1993. *Descriptors for the white clover (Trifolium repens L.)*. IBPGR. Roma.
- IBPGR. 1994. *Normas para bancos de genes*. IBPGR. Roma.
- IBPGR. 1996. *A protocol to determine seed storage behaviour*. Rome.
- IPGRI/CIRAD/INIBAP. 1998. *Descriptores del banano (Musa spp.)*. IPGRI. Roma.
- IPGRI. 1999. *Descripteurs des agrumes Citrus spp.* IPGRI. Roma.
- MÉNDEZ, P.; FERNÁNDEZ, M., 1990. Interés forrajero de las variedades de *Bituminaria bituminosa (L.) Stirton* ("tedera") de Canarias. XXX Reunión Científica de la S.E.E.P. Donostia. 264-271.
- MUÑOZ, A.; CORREAL, E., 1998. *Bituminaria bituminosa (L.) Stirton*, leguminosa de interés forrajero en la cuenca mediterránea: I. Situación taxonómica, distribución y autoecología. XXXVIII Reunión científica de la S.E.E.P., 87-91. Soria.
- SOKAL, R. R.; ROHLF, F. J., 1985. *Biometry. 3ª ed. Freeman and Company*.
- STIRTON, C. H., 1981. Tribe *Psoraleeae* (Benth.) Rydb. En R.M. Polhill and P.H. Raven. *Advances in legume Systematics*: 337-343. Royal Botanic Gardens.

Dieta otoñal del Muflón de Córcega (*Ovis ammon musimon*) en la reserva nacional de caza "Muela de Cortes" (Valencia)

F. PRADELLS MONZÓ¹, M^a.P. DONAT TORRES² y F. J. MARTÍNEZ GARCÍA^{2,3}

¹Mancomunidad de Municipios de la Vall d'Albaida, Sant Francesc, 8 46870, Ontinyent (Valencia), e-mail: serveitecnic@mancovall.com. ²Universidad Politécnica de Valencia, Camino de Vera s/n 46022, Valencia (España), e-mail: mpdonat@eaf.upv.es. ³Dirección Reserva Nacional de Caza, Gregorio Gea, 27 46009, Valencia (España), E-mail: francisco.martinez@cma.m400.gva.es

RESUMEN: Se ha estudiado la dieta del muflón (*Ovis ammon musimon*) en la Reserva Nacional de Caza "Muela de Cortes", provincia de Valencia (SE España), durante la época otoñal y en el período de caza. La metodología empleada ha sido el análisis botánico de los contenidos estomacales. El componente mayoritario encontrado en la dieta ha sido las bellotas de *Quercus coccifera* fundamentalmente, seguido de las gramíneas *Brachypodium retusum* y *Brachypodium phoenicoides*. La coscoja (*Quercus coccifera*) es muy abundante en el área de estudio, lo que ofrece al muflón una importante fuente de alimento en el otoño.

Palabras clave: cinegética, rumen, ungulado, manejo.

The autumn diet of corsica Mouflon (Ovis ammon musimon) in the Muela de Cortes national hunting reserve (Valencia)

SUMMARY: The diet of the Mouflon (*Ovis ammon musimon*) has been studied at the Hunting National Reserve "Muela de Cortes", situated in the province of Valencia (SE Spain), during the autumn season and in the hunting period. The methodology used has been the botanic analysis of the stomacal contents. The main component found in the diet has been the *Quercus coccifera* acorn and in a second place gramineae, such as *Brachypodium retusum* and *Brachypodium phoenicoides*. The kermes oak (*Quercus coccifera*) is very abundant in the area of study and this offers the muflon an important source of food in autumn.

Key words: hunting, rumen, ungulate, management.

INTRODUCCIÓN

El muflón de Córcega, ungulado silvestre originario de las islas de Córcega y Cerdeña, fue introducido a mediados de los años 70 en la Reserva Nacional de Caza "Muela de Cortes", con el objeto de que ocupara las zonas que no eran habitadas por el macho montés, como son la altiplanicie de la Reserva y aquellas otras más llanas, y por supuesto, como complemento a la oferta cinegética de la misma. "Muela de Cortes" es el monte público propiedad de la Generalitat Valenciana que da nombre a la Reserva Nacional de Caza. Especie muy apreciada por las distintas asociaciones de cazadores de carneros que hay en el mundo, está considerada en España como alóctona, por lo que los estudios sobre alimentación y su posible competencia con cabra montés en las áreas de solape son de especial importancia para el manejo de las poblaciones.

La alimentación de los macroherbívoros es un campo en el que se ha trabajado desde hace tiempo (Storr, 1961; Stewart, 1967; Cavender y Hasen, 1970; Anthony y Smith, 1974).

Los estudios de alimentación del muflón en la península ibérica son todavía escasos (Palacios, *et al.* 1980; Martínez, 1989, 1990, 1992, 2000; Fandos, 1987; Martínez y Fandos, 1989; Montoya, 2000; Blanco, 1998) centrándose sobretudo en el Parque Natural de Cazorla y Sierra de Gredos y Sierra Nevada, siendo inexistentes en la provincia de Valencia.

El presente estudio cobra especial interés por ser la Muela de Cortes de Pallás una de las principales áreas de muflón de Córcega en régimen de libertad que hay en la península. Igualmente los estudios de alimentación basados en la composición botánica del contenido estomacal, son necesarios para un adecuado manejo de los recursos pastables de la zona.

MATERIAL Y MÉTODOS

El área de estudio se encuentra en el centro-sur de la provincia de Valencia, delimitada por los meridianos de longitud Este 2° 38' y 2° 56', y los paralelos de latitud Norte 39° 01' y 39° 17'. La Reserva Nacional tiene una extensión de 36 009 ha, en las que el muflón se distribuye especialmente en áreas más o menos llanas, sin entrar en cortados y barrancos profundos, pero muy repartida en toda su extensión y fuera de ella en los términos municipales de Bicorp, Millares, Quesa, Teresa de Corfrentes y Tous, lo que da lugar a la presencia de esta especie, en una superficie de aproximadamente 40 000 ha. La cabra montés, el otro ungulado presente en la zona se distribuye dentro de la Reserva Nacional ciñéndose sobre todo a cinglos, barrancos y cortados. La distinta orografía presente en la zona, da lugar a formaciones de vegetación distintas, aunque la homogeneidad es lo que caracteriza al macizo principal de la Reserva, que después de numerosos incendios forestales, hoy la formación predominante es el matorral: garriga y otros más homogéneos como el romeral, que son aprovechados por apicultores de la comarca. Sin embargo aún quedan zonas de pinar mixto de negral (*Pinus pinaster*) y carrasco (*Pinus halepensis*) con presencia de encina (*Quercus ilex*). En otras zonas como la sierra de Alcola y el Buitre, predominan fundamentalmente pinares de carrasco.

La precipitación oscila según años, entre 400 mm y 600 mm, presentando veranos poco lluviosos y concentrándose la lluvia en otoño y primavera. La temperatura media oscila entre los 12 y 15 grados. La altitud oscila entre 350 y 900 m de altitud. Termotipo mesomediterráneo y ombrotipo seco-subhúmedo caracterizan el clima en la zona.

El método empleado para determinar la dieta de los rumiantes fue el análisis botánico de los contenidos estomacales. El proceso de recogida de los contenidos estomacales, así como su conservación e identificación botánica ha sido el descrito por Martínez (1992). De la muestra de 1 litro del contenido del rumen en formol al 5 %, de los animales abatidos en la cacería, se coge una cantidad considerable, que se lava con agua a presión sobre un tamiz de malla fina. Una vez lavada, se coge una submuestra representativa al azar, llevándola a una bandeja con una pequeña lámina de agua y comenzando el proceso de identificación, mediante separación por especies o partes de las plantas.

Para la identificación de las especies vegetales se han empleado tres tipos de técnicas que se mencionan ha continuación: técnicas macroscópicas que consisten en el reconocimiento a simple vista, ayudados por el herbario; técnicas mesoscópicas utilizando un microscopio estereoscópico de 10 a 30 aumentos y que es útil para restos de hojas y sirve para detectar presencia de pelos y tricomas; técnicas microscópicas para los restos de menor tamaño, consistentes en el raspado de la epidermis del resto vegetal, y comparación microscópica con el herbario de referencia.

Posteriormente a la identificación, las muestras se colocaron en crisoles individuales para cada especie, dejándose en una estufa de desecación hasta peso constante, y calculando la dieta en porcentaje de peso seco del material vegetal.

A pesar del escaso número de muestras se ha realizado un análisis estadístico PCA.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se han identificado 38 especies: 27 especies leñosas, 10 herbáceas y un hongo. También se han identificado grupos de plantas correspondientes a las familias de las Umbelíferas y Ciperáceas y Juncáceas. La Tabla 1 recoge el porcentaje de la dieta de cada una de las especies en peso seco.

El resultado por grupos se resume a continuación: Leñosas 4,74 %; Herbáceas 36,54 %; Frutos y semillas 52,81 %; Hongos: 5,82%

La dieta otoñal del muflón en la Muela de Cortes, está compuesta básicamente por bellotas, gramíneas y rebollones, que en su conjunto suman el 91 % del peso seco.

Lo más destacado, sin duda, es el altísimo porcentaje de frutos y semillas. La bellota, se convierte en el alimento principal de este ungulado con el 49,64 %. El restante 3,17 % se lo reparten gábulos de *Juniperus oxycedrus*, zarzaparrilas de *Smilax aspera* y semillas de *Foeniculum vulgare*.

Tabla 1. Contribución en peso del material vegetal encontrado en los estómagos

ESPECIE	Porcentaje (%)
LEÑOSAS	
<i>Anthyllis cytisoides</i> 0,13	
<i>Anthyllis vulneraria</i>	Inap.
<i>Arbutus unedo</i>	0,02
<i>Asparagus acutifolius</i>	0,04
<i>Blupleurum fruticosens</i>	0,02
<i>Cistus clusii</i>	0,14
<i>Erica multiflora</i>	Inap
<i>Fumana ericoides</i>	0,22
<i>Helianthemum organifolium</i>	0,05
<i>Helianthemum cinereum subsp. rotundifolium</i>	0,04
<i>Helianthemum marifolium</i>	0,03
<i>Helianthemum sp.</i>	0,09
<i>Juniperus oxycedrus</i>	0,06
<i>Marrubium vulgare</i>	0,02
<i>Ononis minutissima</i>	0,03
<i>Ononis natrix</i>	Inap
<i>Osyris lanceolata</i>	0,82
<i>Quercus coccifera</i>	0,31
<i>Quercus rotundifolia</i>	0,03
<i>Rhamnus alaternus</i>	0,23
<i>Rhamnus lyciodes</i>	0,07
<i>Rosmarinus officinalis</i>	0,06
<i>Rubus ulmifolius</i>	Inap
<i>Satureja obovata</i>	0,02
<i>Smilax aspera</i>	0,1
<i>Teucrium pseudochamaeopythis</i>	0,08
<i>Ulex parviflorus</i>	0,06
HERBÁCEAS	
<i>Convolvulus arvensis</i>	Inap
<i>Coronilla juncea</i>	Inap
<i>Flacoselinum tenuifolium</i>	0,08
<i>Foeniculum vulgare</i>	0,37
<i>Galium sp.</i>	0,04
<i>Brachypodium retusum</i>	25,79
<i>Brachypodium phoenicoides</i>	7,06
<i>Plantago sp.</i>	0,01
<i>Salvia verbenaca</i>	0,03
<i>Sanguisorba minor</i>	0,03
Umbelíferas	1,04
Ciperáceas y Juncáceas	0,52
Otras herbáceas	1,57
HONGOS	
<i>Lactarius deliciosus</i>	5,82
OTROS	
Frutos y semillas	2,64
Bellotas	50,17
Tallos leñosos	2,07
Hojas sin identificar	0,09

Estudio ecológico de los pastos arbolados del nordeste de la provincia de Cuenca

J. PASTOR¹ y A. J. HERNÁNDEZ²

¹Dpto. de Biología Ambiental, CCMA, CSIC, Madrid. E-mail: jpastor@ccma.csic.es. ²Dpto. Interuniversitario de Ecología, Universidad de Alcalá. E-mail: anaj.hernandez@uah.es

RESUMEN: Este trabajo es una contribución al conocimiento de los pastos de Castilla-la Mancha. En él se estudian los aspectos florísticos, edáficos y ecológicos de pastos arbolados de la Alcarria conquense: en encinares, quejigares, encinar-quejigar, pinar-romeral-coscojar y pinar con quejigos y *Juniperus*. Todos ellos presentan comunidades establecidas fundamentalmente en terrenos de topografía abrupta, situadas en laderas en las que las orientaciones de solana y umbría inciden en las características de los mismos. Los resultados de los análisis efectuados sobre los datos de inventarios fitoecológicos clarifican aquellas cuestiones que pueden tenerse en cuenta a la hora de la conservación de estos enclaves paisajísticos del páramo alcarreño.

Palabras clave: Ecología del paisaje, fertilidad suelos.

Ecological study of wooded pastures of the NE Cuenca province

SUMMARY: This report contributes to our current understanding of the pastures of Castilla-la Mancha, central Spain. Floristic, edaphic and ecological aspects of the wooded pastures of the Alcarria region of the province of Cuenca were evaluated. These woodlands include those of the holm oak *Quercus ilex*, Portuguese oak *Quercus faginea*, mixed *Q. ilex-Q. faginea* woods, pine-rosemary-holm oak woods and pine woods with Fagaceae and *Juniperus* sp. All these woodlands harbour communities mainly established on steep slopes whose orientation (sun/shade) affects the characteristics evaluated. Through the analysis of phytoecological relevés recorded in the field, several factors emerge that should be taken into account in conservation measures targeted at these landscape enclaves of the Alcarrian paramo.

Key words: Landscape ecology, soil fertility.

INTRODUCCIÓN

El paisaje arbolado del nordeste de Cuenca (zona alcarreña) se caracteriza fundamentalmente por la existencia de quejigares, junto con algunos encinares en regresión y zonas adhesadas, con cultivos entre encinas. Quejigares y encinares se hayan, a menudo, mezclados sobre los escasos restos del páramo pontiense y allí donde los suelos están menos degradados. Esta mezcla íntima de encinas y quejigos, que constituye una climax mixta perennifolia-caducifolia, es un hecho que alcanza una especial relevancia en el área. La situación ecotónica del territorio sometido a influencias diversas en su flora, junto con una altitud media de unos 900 m, da lugar también a la existencia de bosques mesoxerófilos de la clase *Quercus-Fagetea*. En cuanto a los pinares, su mayor superficie está asociada a las dos sierras que delimitan la comarca. En los últimos tiempos se vienen realizando repoblaciones, y también muchos de los pinares de *Pinus halepensis*, que actualmente encontramos en varias umbrías de la comarca, responden a procesos de substitución del quejigo, favorecidos por el hombre. Dominan los pinares relacionados con enclaves termófilos, alternando con bojadas, y relictos escarpados en los que se asientan coscojares-sabinares con numerosos endemismos. La vegetación arbustiva esclerófila, monte bajo mediterráneo (*O. Pistacio lentisci-Rhamnetalia alaterni*) está constituida por comunidades que forman generalmente el estrato arbustivo, con fanerófitos de diversos tipos.

Los pastos más representativos de esta zona son aquellos que se sitúan en las laderas de matorral "alcarrias" y en las antiguas vías pecuarias que atraviesan este territorio. Los trabajos expuestos en Jiménez y Hernández (1996) y Hernández *et al.* (2001), constituyen una contribución al conocimiento ecológico de los mismos en relación a su conservación. Los aspectos generales, junto con los de flora y vegetación pueden encontrarse en López (1976, 1978) y en Costa Tenorio (1978). Una panorámica actualizada de los pastos de las Alcarrias de Guadalajara y Cuenca y de sus características edáficas, pueden verse en Pastor *et al.* (2002).

Las gramíneas han supuesto un 34,42 % de la dieta. La diversidad de especies ha sido poca, debido a la época del año, sólo se han encontrado dos. La misma discusión puede extenderse al grupo de las herbáceas.

La vegetación leñosa ha supuesto muy poco porcentaje respecto al total. Sólo mencionar *Anthyllis cytioides*, *Cistus clusii*, *Fumana ericoides*, las diversas especies de *Helianthemum*, tallos de *Quercus coccifera* y *Rhamnus alaternus*, que oscilan entre el 0,13 y el 0,26 %.

En el grupo de los hongos *Lactarius deliciosus*, supuso el 5,82 % de la dieta.

CONCLUSIONES

Del análisis estomacal de seis contenidos ruminales de muflones durante la época otoñal, se obtienen como conclusiones fundamentales:

- La dieta básica se compone de bellotas de *Quercus coccifera* (50,17 %), gramíneas (34,42 %), y *Lactarius deliciosus* (5,82 %).
- El género *Brachypodium* representa más del 91 % del total de herbáceas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANTHONY, R.B.; SMITH, N.S. 1974. Comparison of rumen and fecal analysis to describe deer diets. *J. Wild. Manage.* **38(3)**: 535-540.
- BLANCO, J.C. (ed.), 1998. *Mamíferos de España*. Ed. Planeta.
- CAVENDER, B.R., HASEN, R.M. 1970. The microscopic method used for herbivore diet estimates and botanical analysis of litter and much at the Pawnee Site. *IBP Tech. rep.*, **18**. Nat. Tes. Ecol. Lab. Colorado State University Fort Collins Co. 6 pp.
- FANDOS, P., 1989. reproductive strategies in female Spanish Ibex (*Capra pyrenaica*). *J. Zool. Lond.*, **218**: 339-343.
- MARTÍNEZ, T., 1989. Recursos tróficos de la cabra montés (*Capra pyrenaica* Schinz, 1938) en la Sierra de Gredos, durante otoño e invierno. *Ecología*, **3**: 179-186.
- MARTÍNEZ, T., 1990. Régimen alimentario de la cabra montés (*Capra pyrenaica*) en la zona alpina de Sierra Nevada durante los meses de julio y agosto. *Ecología*, **4**: 177-183.
- MARTÍNEZ, T., 1992. *Estrategia alimentaria de la cabra montés (Capra pyrenaica) y sus relaciones tróficas con los ungulados silvestres y domésticos en Sierra Nevada, Sierra de Gredos y Sierra de Cazorla*. Tesis doctoral. Departamento de ecología. Universidad Complutense. Madrid.
- MARTÍNEZ, T., 2000. Relaciones tróficas de los herbívoros domésticos simpátricos con la cabra montés (*Capra pyrenaica*) en la Sierra de Gredos. En: *III Seminario sobre nutrición de rumiantes en régimen extensivo y su relación con la conservación medioambiental*. Jaca. (Huesca).
- MARTÍNEZ, T.; FANDOS, P., 1989. Solapamiento entre la dieta de la cabra montés (*Capra pyrenaica*) y la del muflón (*Ovis musimon*). *Doñana Acta Vertebrata*, **16(2)**: 315-318.
- MONTOYA, 2000. *El ciervo (Cervus elaphus) y el monte: manejo y conservación*. Fundación Conde del valle de salazar. Ediciones Mundi-Prensa. E.T.S. de Ingenieros de Montes. Madrid.
- PALACIOS, F.; MARTÍNEZ, T.; GARZÓN, P., 1980. Datos sobre la ecología alimentaria del ciervo (*Cervus elaphus hispanicus*) y el gamo (*Dama dama*). En: *Actas de la II reunión Iberoamericana*.
- STEWART, D.R.M., 1967. Analysis of plant epidermis in feces: a technique for studying the food preferences of grazing herbivores. *J. Applied Ecol.*, **4**: 83-111.
- STORR, G.M., 1961. Microscopic analysis of faeces, a technique for ascertaining the diet of herbivorous animals. *Aus. J. Bio. Sco.*, **14**: 157-164.

Se pretende ahora presentar un estudio más detallado de pastos arbolados de la Alcarria conquense, que se ubican tanto en laderas con pendiente muy acusada y arbolado denso (caso de quejigares y pinares), así como en zonas llanas con arbolado abierto (encinares).

MATERIAL Y MÉTODOS

A la hora del muestreo, además de procurar un reparto geográfico por el territorio, se ha atendido al tipo de pastos arbolados más característicos de la comarca. Se han elegido por tanto, dos quejigares (en los términos de Castejón y Caracenillas) y dos pinares (en los términos de Albendea-Priego y Valdecolmenas de Abajo) situados en ladera, junto con el área de encinares, mejor desarrollada, situada en zona llana. Estos pastos se hallan geográficamente distanciados, al norte y al sur respectivamente de la comarca. En la zona de encinar en llano y en los quejigares y pinares, situados en laderas, se ha realizado el muestreo fitoecológico aleatorio de transectos perpendiculares a la dirección de la ladera, con 4 parcelas de 10 x 5 m en cada uno de ellos, que han hecho un total de 20 parcelas (9 en quejigares, 8 en pinares y 3 en el encinar). Tomando en las mismas datos de presencia-ausencia y datos del % de recubrimiento. Las parcelas en ladera se eligieron atendiendo a las exposiciones norte y sur, mientras que las ubicadas en encinares se realizaron en el páramo de Caracenilla (encinar mejor conservado de la comarca). También han sido consideradas otras 36 parcelas de pastos de matorral, ya estudiados en un trabajo anterior (Hernández *et al.*, 2001) para la observación del conjunto de las comunidades de pastos arbolados y de matorral, en el espacio multivariante, en base a datos geomorfoedáficos y de recubrimiento, Figura 2).

En todas las parcelas se tomaron muestras medias de suelos que fueron analizadas según Hernández y Pastor (1989). Los tratamientos numéricos empleados fueron el Análisis de Componentes Principales y la *t* de Student, utilizando para ello el paquete SPSS vers. 11.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 correspondiente a los datos químicos de los suelos estudiados, vemos que los valores de pH son de carácter neutro y básico (la mayoría cercanos a 8). Los contenidos de materia orgánica son elevados, ello facilita la asimilabilidad de los elementos nutritivos, evitando que se fijen a formas insolubles por

Tabla 1. Fertilidad de los suelos de los diferentes pastos arbolados alcarreño-conquenses.

Parcela	Pasto Arbolado	Expo.	Localidad	Suelo	pH	N %	P ₂ O ₅ mg/100g	K mg/100g	M.O. %	C/N	CO ₂ %
P10	Encinar	Llano	Caracenilla	Luvis.cálcico	8,2	0,300	1	53	7,2	14,0	0
P11	Encinar	Llano	Caracenilla	Luvis.cálcico	7,1	0,172	1,5	62	4,9	16,4	19,1
P12	Encinar	Llano	Caracenilla	Luvis.cálcico	7,8	0,426	1,5	50,5	14,7	20,1	6,1
P16	Pinar	N	Valdecolmenas	Camb.eútrico	7,9	0,184	2	27,5	14,2	45,0	23,4
P15	Pinar	N	Valdecolmenas	Camb.cálcico	7,9	0,214	2	25	7,0	19,1	31,9
P19	Pinar	N	Valdecolmenas	Camb.cálcico	8,2	0,100	2	14,5	2,7	15,6	47,9
P20	Pinar	N	Valdecolmenas	Camb.cálcico	8,1	0,086	3	15	2,6	17,2	47,9
P14	Pinar	S	Priego	Camb.cálcico	7,8	0,172	2	13,5	4,7	15,8	54,4
P18	Pinar	S	Priego	Camb.cálcico	8,0	0,240	2	27,5	10,6	25,5	43,6
P13	Pinar	S	Albendea	Camb.cálcico	7,5	0,358	3	36,5	12,1	19,6	28,4
P17	Pinar	S	Albendea	Camb.cálcico	8,1	0,132	2,5	9	5,0	22,1	40,1
P4	Quejigar	N	Caracenilla	Camb.eútrico	7,5	0,354	1,5	53,5	12,4	20,3	5,4
P5	Quejigar	N	Caracenilla	Camb.cálcico	7,1	0,806	3	42	19,3	13,9	19,8
P9	Quejigar	S	Caracenilla	Camb.cálcico	7,9	0,336	3	39	9,3	15,9	24,9
P8	Quejigar	S	Caracenilla	Camb.cálcico	8,0	0,240	3	29	4,4	10,7	39,7
P3	Quejigar	N	Castejón	Regos.eútrico	6,6	0,240	2	40	7,2	17,5	3,9
P1	Quejigar	N	Castejón	Regos.cálcico	7,4	0,174	2	35	7,0	23,5	12,1
P2	Quejigar	N	Castejón	Regos.cálcico	7,8	0,278	2	37	7,0	14,7	13,9
P6	Quejigar	S	Castejón	Regos.cálcico	7,8	0,164	3,5	33,5	11,7	41,6	23,3
P7	Quejigar	S	Castejón	Regos.cálcico	8,0	0,356	4	30	4,2	6,8	42,4

efecto de la caliza. La razón C/N es de tipo medio (Duchaufour, 1987). Los valores de fósforo son muy bajos, generalmente con valores inferiores a 10 mg. de P_2O_5 por 100 gr. de suelo. Los contenidos de K más elevado se encuentran en las parcelas de encinar-coscojar, con valores dobles a los alcanzados en los pinares. Existen valores elevados de CO_3 . Los análisis edáficos realizados confirman las observaciones realizadas desde el punto de vista fitosociológico (Peinado y Martínez-Parras, 1985). El orden mejor representado (*Quercion ilicis* subal. *Quercenion rotundifoliae*) agrupa los encinares continentales sobre suelos ricos en bases. Este tipo de bosque integra la climax del área, frecuentemente compartida con los bosques de *Q. faginea*. Su superficie se ha ido restringiendo por el uso agrícola que el hombre ha hecho de estos suelos.

Un análisis de componentes principales (Figura 1) realizado con datos edáficos, geomorfológicos y de cobertura vegetal de las parcelas de pastos arbolados, junto con los arbustivos de las laderas de matorral, expuestos éstos últimos en Hernández *et al.* (2001), muestra que los dos primeros ejes recogen casi toda la información respecto a las tendencias de variación geomorfoedáfica de las comunidades vegetales. El total de varianza recogida en el análisis para los dos primeros ejes es del 65,6% y de un 79,5 para los tres primeros. La posición de las 56 parcelas según este análisis se refleja en la Figura 1 para los ejes I y II. El eje I evidencia un gradiente existente en cuanto al recubrimiento de la vegetación y el porcentaje de materia orgánica entre los pastos arbolados y los de matorral. El eje II define un gradiente de parámetros relacionados con la humedad del suelo, N y K frente a la cantidad de carbonatos. En el plano formado por los ejes I y II, podemos ver que el I separa en su lado positivo la casi totalidad de las parcelas de pastos arbolados, y en su lado negativo la casi totalidad de las comunidades de pastos de matorral. El 1^{er} cuadrante viene ocupado en su mayoría por parcelas con talante de quejigar, además, aparecen tres de las cuatro parcelas de encinar-quejigar, así como las de pinares con quejigo y *Juniperus*. En el 2^o cuadrante se encuentran las parcelas de pinar con romero, coscoja y aulaga, más próximas florísticamente a las parcelas de matorral. En el cuarto cuadrante dominan las parcelas de aljezares. Existe además un grupo de tres parcelas de encinar-tomillar.

Un análisis de los inventarios florísticos de los pastos arbolados (Figura 2), en el que el total de varianza recogida en el análisis para los dos primeros ejes supera el 60%, muestra que el

Eje I separa que el grupo de parcelas que pueden ser identificadas de manera más neta como pertenecientes al quejigar, que se sitúan en el lado positivo del eje, frente a las parcelas en las que se realizaron las repoblaciones de pinar sobre matorrales de romero y coscoja, que son lógicamente medios más inmaduros que aquellos en los que domina el quejigo. El Eje II separa en su parte positiva las comunidades de pinares con quejigos y *Juniperus* frente a las de encinares con aulaga en la zona de Caracenilla. El pino carrasco, frecuente a causa de repoblaciones, no ejerce influencia destacada sobre la composición florística de las comunidades frecuentemente invadidas por numerosas especies de *Rosmarinetea officinalis*. Cerca del origen de coordenadas se ubican las parcelas que pueden ser identificadas como pastos de encinar-quejigar. Estos

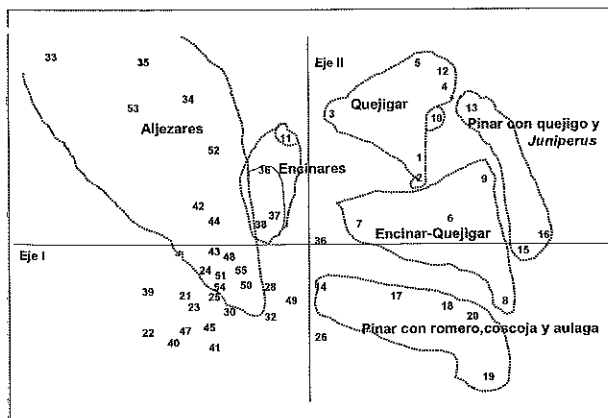


Figura 1.—Proyección de los suelos de las parcelas de bosque y matorral, ejes I y II.

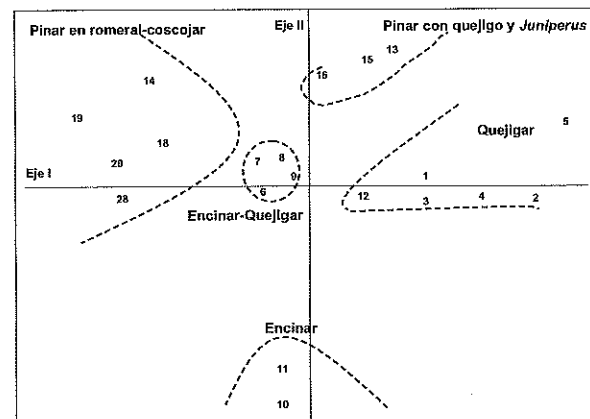


Figura 2.—Proyección en el plano definido por los dos primeros ejes de componentes principales de las parcelas según datos florísticos en pastos arbolados.

bosquetes, cuyas relaciones ecológicas se perciben en el análisis multivariante, son de inestimable valor ecológico y paisajístico. También se observa que a la derecha del Eje I se ubica la mayoría de las muestras tomadas en la umbría, mientras que a la izquierda de dicho eje se ubican las parcelas muestreadas en solana. Puede apreciarse en las Figura 1 y 2 que las superficies correspondientes a encinares en regresión, están muy relacionadas con los bosquetes de encinar y quejigar que aún persisten. Las funciones positivas que estos retículos leñosos realizan en un paisaje agrario constituyen islas de madurez, que por tener ritmos de renovación más lentos que los otros componentes del sistema controlan la persistencia del conjunto

Un total de 135 especies vegetales han sido inventariadas en las parcelas de las laderas de bosque. El elevado número de taxones florísticos detectados en la comarca, no es explicable por sus características naturales, ya que ni es grande la diversidad de substratos geológicos, ni la amplitud altitudinal, necesaria para afectar a la climatología. Por ello Costa Tenorio (1978), atribuye a la situación geográfica y a la degradación de la vegetación, los hechos responsables que más influyen sobre la composición florística del territorio. En las Tablas 2 y 3 se exponen los datos relacionados con las especies encontradas en relación a los dos tipos de pastos arbolados de ladera, teniendo en cuenta la exposición. La media del número es bastante semejante para las laderas cubiertas con pinar que para las cubiertas con encinar-quejigar (del orden de 27 y 30). Sin embargo, el número de especies en las laderas de exposición norte, tanto en quejigares como en pinares, es superior al de las laderas de exposición sur. No se observan diferencias significativas entre distintas laderas, en lo que a porcentaje de herbáceas, leñosas y arbustivas se refiere. No obstante, la riqueza de especies herbáceas es mayor en las parcelas de quejigares. Al comparar los valores de diversidad α y β de los pastos arbolados en comparación con los de matorral (Hernández *et al.* 2001), los primeros son bastante semejantes, pero la diversidad β es mayor en los pastos arbolados (0,224) en relación con los de matorral (0,143). Ello indica que hay una mayor afinidad entre las comunidades de los primeros que entre las del 2º grupo. Se observan diferencias significativas, según la orientación de la ladera, en el porcentaje de recubrimiento de los diferentes estratos, que son en algunos casos muy acusadas (Tabla 3). Puede apreciarse que el recubrimiento arbustivo tiene más peso en los pinares que en los quejigares (donde sólo en dos parcelas supera el 50% del recubrimiento total). Por otra parte, respecto a la influencia que la exposición tiene en las laderas, diremos que el estrato que sufre más variación es el herbáceo.

Tabla 2. Riqueza de especies y porcentaje de especies herbáceas, arbustivas y leñosas en pastos arbolados con diferente orientación y nivel de significación de la t de Student.

Orientación	Quejigar			
	Riqueza (nº)	Herbáceas (%)	Arbustivas (%)	Leñosas (%)
Norte	33,2±6,3	43,4±16,2	25,6±8,8	33,0±17,7
Sur	23,5±7,2	47,8± 8,9	21,8±6,3	30,5±14,1
significación	90%	n.s.	n.s.	n.s.
Orientación	Pinar			
	Riqueza (nº)	Herbáceas (%)	Arbustivas (%)	Leñosas (%)
Norte	30,8±4,6	41,5± 8,3	25,5±11,4	30,3±8,1
Sur	23,5±1,3	36,3±10,2	26,5± 3,5	37,3±8,5
significación	*	n.s.	n.s.	n.s.

Tabla 3. Recubrimiento de los diferentes estratos en los principales pastos arbolados según su exposición y nivel de significación de la t de Student.

Orientación	Quejigar			Pinar		
	herbáceo	arbustivo	arbóreo	herbáceo	arbustivo	arbóreo
Norte	50,0±28,0	27,5±15,5	67,5±11,9	15,0±10,0	78,8± 8,5	56,3±11,1
Sur	21,5±21,4	50,0±14,1	72,5± 8,7	71,3±10,3	51,3±10,3	67,5±16,6
significación	n.s.	90%	n.s.	***	**	n.s.

De la lista de especies que aparecen representadas por encima del 50% en las umbrías, un 40% son de quejigares, un 25% de su orla y sotobosque y el 35% de matorral de *Rosmarinetalia*. Un grupo de especies con una frecuencia en las solanas entre un 30 y un 50% está constituido en un 33% por especies de la orla o sotobosque de quejigar, un 53% de *Rosmarinetalia officinalis* y un 13% de pastos herbáceos de *Trachymietalia distachyae*. En las laderas sur ya las cuatro especies cuya frecuencia es superior al 80% pertenecen a comunidades de *Rosmarinetalia*. De las 15 especies con frecuencia superior al 50%, un 67,7% son de *Rosmarinetalia* y sólo un 10% son de quejigar o encinar. Las especies cuya frecuencia está comprendida entre un 30 y un 40% son fundamentalmente de *Rosmarinetalia*.

Tabla 4. Porcentaje de especies no arbóreas más frecuentes en las laderas de bosque en relación con la exposición.

Frec. (%)	Exposición Norte	Exposición Sur
90 - 100	-	<i>Brachypodium ramosum</i> ; <i>Genista scorpius</i> ; <i>Thymus vulgaris</i>
80 - 90	<i>Bupleurum rigidum</i> ; <i>Teucrium chamaedrys</i>	<i>Dorycnium pentaphyllum</i> ; <i>Helianthemum cinereum</i> ; <i>Rosmarinus officinalis</i>
70 - 80	<i>Aphyllanthes monspeliensis</i> ; <i>Bromus erectus</i> ; <i>Carex hallerana</i> ; <i>Genista scorpius</i> ; <i>Rubia peregrina</i> ; <i>Tanacetum corymbosum</i>	
60 - 70	<i>Catananche caerulea</i> ; <i>Cephalaria leucantha</i> ; <i>Euphorbia nicaensis</i> ; <i>Geum sylvaticum</i> ; <i>Helianthemum cinereum</i> ; <i>Lavandula latifolia</i>	<i>Carex hallerana</i> ; <i>Fumana procumbens</i> ; <i>Lithodora fruticosa</i> ; <i>Rubia peregrina</i>
50 - 60	<i>Arctostaphylos uva-ursi</i> ; <i>Avenula pratensis</i> ; <i>Crataegus monogyna</i> ; <i>Dorycnium pentaphyllum</i> ; <i>Festuca trichophylla</i> ; <i>Thymus vulgaris</i>	<i>Koeleria vallesiana</i>
40 - 50	<i>Amelanchier vulgaris</i> ; <i>Koeleria vallesiana</i> ; <i>Linum suffruticosum</i> ; <i>Potentilla recta</i> ; <i>Rosa squarrosa</i> ; <i>Sanguisorba minor</i> ; <i>Sideritis incana</i> ; <i>Silene legionensis</i>	
30 - 40	<i>Aristolochia pistolochia</i> ; <i>Eryngium campestre</i> ; <i>Erysimum mediohispanicum</i> ; <i>Lithodora fruticosa</i> ; <i>Lotus delortii</i> ; <i>Ononis fruticosa</i>	<i>Argyrolobium zanonii</i> ; <i>Avenula bromoides</i> ; <i>Cephalaria leucantha</i> ; <i>Bupleurum rigidum</i> ; <i>Coronilla minima</i> ; <i>Echinops ritro</i> ; <i>Galium divaricatum</i>

CONCLUSIONES

Se han tipificado pastos arbolados del nordeste de la provincia de Cuenca, atendiendo a sus características florísticas, edáficas y ecológicas, que corresponden fundamentalmente a pastos de encinar, quejigar, encinar-quejigar, pinar con quejigo y *Juniperus*, y pinar en romeral-coscojar. Los análisis numéricos efectuados con los datos procedentes de los muestreos realizados en los enclaves de encinares, quejigares y pinares representativos de la comarca de la Alcarria conquense, confirman y completan observaciones fitosociológicas realizadas anteriormente por otros autores. No obstante, este trabajo aporta una visión actualizada de los mismos teniendo en cuenta las perspectivas de la Ecología del paisaje.

AGRADECIMIENTOS

Proy. Sector. I+D Agr. y Alim. M.A.P.A. nº OOT00-037-C17-08.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- COSTA TENORIO, M., 1978. *Contribución al estudio de la flora y vegetación de la provincia de Cuenca*. Tesis Doctoral. Universidad Complutense, Madrid.
- DUCHAUFOUR, PH. 1987. *Manual de Edafología*, Masson, Paris.
- HERNÁNDEZ, A. J.; PASTOR, J., 1989. Técnicas analíticas para el estudio de interacciones suelo-planta. *Henares, Rev. Geol.* **3**, 51-92.
- HERNÁNDEZ, A. J.; JIMÉNEZ, C.; PASTOR, J., 2001. Evaluación de pastos de la Alcarria Conquense en relación con la conservación del patrimonio natural de la región. En: *Biodiversidad en Pastos*, 153-159. CIBIO, Alicante. Generalitat Valenciana.
- JIMÉNEZ, C.; HERNÁNDEZ, A. J., 1996. Valoración de las vías pecuarias de la Alcarria Conquense en relación a su conservación. En: *La Conservación del Paisaje Rural. Nuestros sistemas agrarios tradicionales: valores, problemática y futuro*, 237-247. Ed. Asociación Estudio del Paisaje.
- LÓPEZ, G., 1976-1978.- Contribución al conocimiento fitosociológico de la Serranía de Cuenca I y II. *Anal. Inst. Bot. Cavanilles*, **33**, 55-87; **34**, 597-702.
- PASTOR, J.; PRIETO, N.; HERNÁNDEZ, A. J., 2002. Los pastos de la Alcarria y sus principales características edáficas. En: *Producción de pastos, forrajes y céspedes*, 141-146. Chocarro, C. et al. (Eds.). Ediciones de la Universidad de Lleida, Lleida.
- PEINADO, M.; MARTÍNEZ-PARRAS, J. M., 1985. *El Paisaje vegetal de Castilla-La Mancha*. Junta de Comunidades de Castilla-la Mancha, Servicio de Publicaciones, 230 pp.

Estimación del valor ecológico de los pastos de las montañas cantábricas (sector vasco): datos preliminares

M. MENDIZABAL¹, A. ALDEZABAL¹, D. GÓMEZ-GARCÍA² y R. GARCÍA-GONZÁLEZ²

¹Landare-Biología eta Ekologia Saila, Zientzia eta Teknologia Fakultatea, Euskal Herriko Unibertsitatea, 644 p.k., 48080 Bilbo (Bizkaia). ²Instituto Pirenaico de Ecología (CSIC), Apdo. 64, 22700 Jaca (Huesca)

RESUMEN: Se ha adaptado y ajustado la parte de Valoración Ecológica (VE) del *índice eco-pastoral* propuesto por Gómez-García *et al.* (2001, 2002) a los pastos de montaña del País Vasco. Se ha calculado el VE de 12 comunidades: siete corresponden a pastos, tres a matorrales cantábricos, una es rupícola y otra higrófila. En las comunidades pascícolas se observa un rango del valor ecológico intermedio; los valores mínimos corresponden a las más utilizadas por el ganado (*Merendero-Cynosuretum*) y los máximos a las que son de menor interés pastoral (*Serratulo-Nardetum*). En cuanto a los matorrales cantábricos, encontramos mayor valor ecológico en el brezal higrófilo que en el brezal-argomal-helechal. Los resultados obtenidos muestran que puede haber una relación inversa entre el VE y el valor pastoral de las comunidades.

Palabras clave: valor florístico, diversidad, brezal-argomal, gestión territorial, Comunidad Autónoma del País Vasco (CAPV).

Estimation of the ecological value of the cantabrian mountain pastures (basque sector): preliminary data

SUMMARY: We have adapted and readjusted the part of Ecological Valuation (EV) of the *eco-pastoral index* proposed by Gómez-García *et al.* (2001; 2002) in mountain pastures of the Basque sector. In this way, we have taken into account plant communities occurring in the grassland areas of the Basque mountains and lacking in the Pyrenees (particularly the mosaic of grass-heathland-gorseland). We have calculated the EV of 12 communities: 7 pastures, 3 Cantabrian scrubs, 1 rupicolous community and 1 hygrophilous community. In the case of grassland communities we have observed an intermediate rank in the ecological value. The communities that present the minimum value are used by cattle (*Merendero-Cynosuretum*) whereas those that present the maximum value have smaller pastoral interest (*Serratulo-Nardetum*). Nevertheless, the scrubs show a greater difference in his EV, appearing the highest value in the hygrophilous heathlands. The obtained results show that it can exist an inverse relation between the ecological and the pastoral value of the communities, which, in turn, could facilitate management and conservation of pastoral areas.

Key words: floristic value, diversity, heathland-gorseland, land management, Basque Country Autonomous Community.

INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, el uso de pastos de montaña del norte peninsular se ha modificado debido a cambios en el uso del territorio y en la estructura de las explotaciones ganaderas. Estos cambios dan lugar a numerosos interrogantes relacionados con su evolución, que ponen de manifiesto la precariedad de los conocimientos para su valoración y conservación. Además, muchas de éstas áreas han quedado incluidas dentro de espacios protegidos y por tanto, al ser *espacios multifuncionales*, requieren una gestión integrada del territorio. Actualmente, debido a la creciente preocupación de la sociedad por la conservación del medio ambiente, podemos observar cómo aumenta también el interés por el estudio ecológico de este tipo de comunidades, ya que a menudo presentan notables valores naturales.

Existen diversos *índices de valoración pastoral* aplicables a dichos pastos (Daget y Poissonet, 1972; Sostaric y Kovacevic, 1974), pero resultan *incompletos* cuando se pretenden aplicar a espacios multifuncionales, principalmente por dos razones: (1) no incluyen especies leñosas (brezos, tojo, etc.), lo cual es importante tanto para valorar los recursos forrajeros disponibles para el ganado como para evaluar su papel en el mantenimiento de la biodiversidad territorial; (2) no tienen en cuenta las preferencias, ni el comportamiento de los animales

en pastoreo; (3) no ofrecen una valoración desde el punto de vista ecológico. Con el fin de solventar estas carencias se desarrolló el denominado *índice eco-pastoral*, el cual ha sido ya aplicado en dos áreas de estudio del Pirineo, en concreto, en los Valles de Aisa y Ordesa (Gómez-García *et al.*, 2001, 2002; Gañán *et al.*, 2003).

El principal objetivo de este trabajo ha sido adaptar y reajustar la parte de valoración ecológica del índice mencionado a los pastos de montaña del País Vasco, con el fin de ampliar el ámbito geográfico de su aplicabilidad. Esto nos obliga a tener en cuenta nuevas comunidades del sistema de pastoreo de dicho territorio, compuesto por un mosaico de pasto-brezal-argomal, ausente en el Pirineo.

MATERIAL Y METODOS

Tal y como se procedió en los Pirineos, los distintos tipos de pastos cantábricos se han definido a partir de las unidades fitosociológicas, ya que es la tipología usada en muchos estudios de vegetación (Berastegi *et al.*, 1997; Loidi *et al.*, 1997; Loidi, 1981; Herrera, 1995). Como unidad básica se ha considerado la "asociación", aunque en el caso en que éstas presentan una gran similitud estructural, se han agrupado en "alianza". Para cada unidad de pasto se ha definido un "inventario tipo", obtenido a partir de todos los inventarios reunidos de la bibliografía y que resume la composición florística, la frecuencia de cada especie, su abundancia relativa media y su desviación típica.

A partir de una revisión bibliográfica (Loidi *et al.*, 1997b; Darquistade *et al.*, 2003-2004; Darquistade y Loidi, 2001; Berastegi, 2000; Biurrun, 1999), hemos seleccionado 12 comunidades vegetales (11 a nivel de asociación, una agrupada en alianza) descritas para las zonas de montaña de nuestro territorio con uso pastoral. punto y seguido?

Para el cálculo del valor ecológico, hemos seguido la definición del índice propuesta por Gómez-García *et al.* (2001 y 2002). En ella el valor ecológico (VE) se calcula mediante la suma de dos subíndices: el *valor florístico* (VF) y el *valor de la comunidad vegetal* (VC). El valor florístico se define como $VF = 1/n [(\sum V_{sp} * fr)/10]$, donde V_{sp} es el valor florístico asignado a cada especie, fr es la frecuencia con que esa especie aparece en los inventarios y n es el número de especies presentes en cada comunidad. El *valor florístico de cada especie* se obtiene mediante el cálculo del promedio de tres componentes: $V_{sp} = (D_E + D_{PI} + A)/3$, donde D_E corresponde a la distribución europea (Tutin *et al.*, 1964-80): número de países donde la especie está presente en una escala de 0 a 5, (0 corresponde a la presencia en más de 30 países y, en el otro extremo, 5 corresponde a una especie endémica presente en 1 o 2 países). D_{PI} corresponde a la distribución en la Península Ibérica (Castroviejo *et al.*, 1986-2000) en una escala de 0 a 5 (0 para la presencia en más de 30 provincias y 5 para una especie endémica presente en 1 o 2 provincias). Por último, A es el valor asignado a la especie en función de su abundancia a escala regional utilizando también una escala de 0 a 5 que incluye, en su caso, la categoría de protección de la planta.

De los parámetros utilizados en el cálculo del valor florístico únicamente ha sido necesario readaptar la variable A . En nuestro caso, para la escala regional hemos tomado el sector *Cantábrico* y más concretamente la *Comunidad Autónoma del País Vasco* (CAPV). Sus valores se han calculado a partir de Aseginolaza *et al.*, (1985).

A modo de ejemplo, calculamos el valor florístico a partir del "inventario tipo" de la asociación *Ulici gallii-Ericetum ciliaris* (Tabla 1). Esta comunidad es de gran interés en el territorio por su gran extensión y uso pastoral.

Para el cálculo del *valor de la comunidad vegetal* (VC) se tienen en cuenta, el valor que alcanza la comunidad en función de la amplitud de su área de distribución (V_{DIS}), su abundancia en el territorio estudiado (V_A) y su diversidad (V_{DIV}): $VC = (V_{DIS} + V_A + V_{DIV})/3$. En este caso, únicamente ha sido necesario readaptar la variable V_{DIS} a nuestro territorio, estableciendo las siguientes categorías y valores:

V_{DIS} :	- En muchas zonas de montaña y altas latitudes de Europa	1
	- En Pirineos y la Cordillera Cantábrica ⁽¹⁾	2
	- Sólo en la Cordillera Cantábrica	3
	- Sólo en el sector Cántabro-Euskaldún	4
	- Máximo en 2 subsectores o endémica de la zona	5

⁽¹⁾La *Cordillera Cantábrica* incluye las comunidades de distribución cántabro-euskaldún y orocantábrica.

Tabla 1. Inventario tipo (sin las especies acompañantes) de *Ulici gallii-Ericetum ciliaris* para el cálculo de su valor florístico.

Especies	% inventarios (fr)	Abundancia media	Vsp	(Vsp*fr)/10
Características de asociación y unidades superiores				
<i>Agrostis curtisii</i>	75,4	26,4	2,0	15,1
<i>Calluna vulgaris</i>	77,1	16,0	0,7	5,1
<i>Daboecia cantabrica</i>	52,5	23,0	2,0	10,5
<i>Daphne cneorum</i>	6,6	18,0	2,7	1,5
<i>Erica cinerea</i>	80,3	28,7	1,0	8,0
<i>Erica vagans</i>	77,1	20,7	1,7	12,8
<i>Galium saxatile</i>	3,3	5,5	1,8	0,6
<i>Genista occidentalis</i>	8,2	6,5	2,7	2,2
<i>Lithodora diffusa</i>	32,8	12,5	1,8	5,8
<i>Lithodora prostrata</i>	26,2	11,1	2,1	5,5
<i>Polygala serpyllifolia</i>	16,4	1,5	1,3	2,2
<i>Potentilla erecta</i>	78,7	9,7	0,0	0,0
<i>Pseudarrhenatherum longifolium</i>	78,7	25,9	2,3	18,4
<i>Scilla verna</i>	29,5	3,8	2,3	6,9
<i>Simethis planifolia</i>	6,6	0,5	2,0	1,3
<i>Ulex gallii</i>	80,3	47,6	2,3	18,7
Diferenciales de asociación				
<i>Carex binervis</i>	11,5	1,9	2,0	2,3
<i>Cirsium filipendulum</i>	39,3	5,1	2,7	10,5
<i>Erica ciliaris</i>	98,4	24,7	2,1	20,8
<i>Erica tetralix</i>	19,7	25,5	2,0	3,9
<i>Molinia caerulea</i>	42,6	19,7	0,7	2,8
<i>Scorzoneria humilis</i>	8,2	6,5	1,7	1,4
<i>Serratula seoanei</i>	27,9	10,5	2,4	6,8
<i>Ulex europaeus</i>	36,1	20,1	1,3	4,8
<i>Ulex minor</i>	16,4	48,5	3,3	5,5

Valor florístico Vf = $1/n[(\sum Vsp * fr)/10] = 2,65$

fr = frecuencia de cada especie en los inventarios, Vsp = valor florístico de cada especie

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Tabla 2 resume el valor florístico, el de comunidad y el ecológico, así como el número de inventarios utilizados para el inventario tipo. De las 12 comunidades siete son pastos, tres corresponden a matorrales cantábricos, una es rupícola y otra higrófila.

Según estos resultados, los brezales y comunidades higrófilas (1º y 2º de la Tabla 2) son las que presentan mayor interés ecológico, seguidas de la comunidad rupícola (3º), el cervunal y pastos densos de montaña (4º, 5º, 6º y 8º) y el matorral de *Genista occidentalis* (7º). Sin embargo, el lastonar de *Brachypodium pinnatum* (10º), el brezal-argomal-helechal (11º) y los pastos de diente del *Cynosuretum* (9º y 12º) son las comunidades que presentan menor valor ecológico. Estas últimas suelen ser las más intervenidas por el ganadero (fertilización y otras mejoras).

Entre las comunidades pascícolas podemos observar un rango intermedio del valor ecológico, que oscila entre 3,8 (mínimo correspondiente a la comunidad de *Merendero-Cynosuretum*) y 5,9 (máximo correspondiente al cervunal de *Serratulo-Nardetum*). En relación a los matorrales cantábricos, se observa un rango similar en su VE, siendo el más bajo (4,3) el brezal-argomal-helechal (*Vaccinio myrtilli-Ulicetum gallii* y *Ulici europaei-Ericetum vagantis*) y el más alto (6,3) el brezal higrófilo (*Ulici gallii-Ericetum ciliaris*).

Existen pocos trabajos en la CAPV sobre el uso pastoral que realiza el ganado doméstico de estos pastos. Sin embargo, a partir de los trabajos de Marijuán (1996) y Mandaluniz (2003), podemos deducir que las

Tabla 2. Valor florístico (VF), valor de comunidad (VC) y valor ecológico (VE) de las comunidades vegetales seleccionadas. En la última columna se indica el número de inventarios correspondiente a cada una de ellas. Las comunidades aparecen ordenadas por su valor ecológico.

Asociación/Alianza	VF	VC	VE	Nº inventarios
1. <i>Ulici gallii-Ericetum ciliaris</i> (MI)	2,65	3,67	6,32	61
2. <i>Senecio-Juncetum acutiflori</i> (H)	3,06	3,00	6,06	19
3. <i>Carici ornithopodae-Teucrietum pyrenaici</i> (R)	2,33	3,67	6,00	56
4. <i>Serratulo tinctoriae-Nardetum strictae</i> (P)	2,87	3,00	5,87	21
5. <i>Jasiono laevis-Danthonietum decumbentis</i> var. <i>basófila</i> (P)	2,43	3,33	5,76	28
6. <i>Carici piluliferae-Agrostietum curtisii</i> (P)	2,04	3,67	5,71	49
7. <i>Gemistion occidentalis</i> (M)	2,21	3,00	5,21	51
8. <i>Jasiono laevis-Danthonietum decumbentis</i> var. <i>acidófila</i> (P)	1,83	3,33	5,16	53
9. <i>Lino biennis-Cynosuretum cristati</i> (P)	2,07	3,00	5,07	36
10. <i>Seseli cantabrigi-Brachypodietum rupestri</i> (P)	1,80	3,00	4,80	30
11. <i>Vaccinio myrtilli-Ulicetum gallii</i> y <i>Ulici europaei-Ericetum vagantis</i> (M)	1,65	2,67	4,32	56
12. <i>Merendero pyrenaicae-Cynosuretum cristati</i> (P)	1,06	2,67	3,72	29

(*) P: comunidad pascícola, M: matorral cantábrico, R: comunidad ligada a la roca, H: comunidad higrófila

comunidades más utilizadas, tanto por el vacuno como por el ovino, son el *Jasiono-Danthonietum* y el *Lino- y Merendero-Cynosuretum*. Esta última se utiliza de forma más puntual por su menor superficie. Las ovejas combinan el uso de estos pastos densos con las comunidades que se instalan en laderas más inclinadas, ocurriendo una clara segregación espacial (Marijuán, 1996). Asimismo, se ha descrito un patrón temporal para el ganado vacuno, según el cual conforme la altura del pasto disminuye a mediados del periodo de pastoreo, los animales se desplazan a pastos silicícolas de peor calidad como *Carici piluliferae-Agrostietum curtisii*.

Hay autores que han medido el valor pastoral de algunas de estas comunidades (Berastegui, 2000; Darquistade, 2001), obteniendo como resultado valores altos para pastos de diente del *Merendero-Cynosuretum* y pastos densos del *Jasiono-Danthonietum*, frente a valores más bajos para los cervunales del *Serratulo-Nardetum* (Tabla 3). Si comparamos los datos del VE con este valor pastoral, se aprecia una relación inversa significativa entre ellas ($R = -0,91$; $p = 0,01$).

Tabla 3. Valor ecológico (VE) y valor pastoral (VP) de algunas de las comunidades vegetales seleccionadas. El VP clasifica según valores comprendidos entre 0 y 100 (Darquistade y Loidi, 2001).

Asociación/Alianza	VE	VP
<i>Carici ornithopodae-Teucrietum pyrenaici</i>	6,00	17,54
<i>Serratulo tinctoriae-Nardetum strictae</i>	5,87	15,93
<i>Jasiono laevis-Danthonietum decumbentis</i> var. <i>basófila</i>	5,76	25,97
<i>Carici piluliferae-Agrostietum curtisii</i>	5,71	27,69
<i>Jasiono laevis-Danthonietum decumbentis</i> var. <i>acidófila</i>	5,16	27,83
<i>Merendero pyrenaicae-Cynosuretum cristati</i>	3,72	41,92

Los trabajos realizados en el valle de Aisa y en el Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido (Gómez-García *et al.*, 2001 y 2002; Gañán *et al.*, 2003) parecen apuntar la misma tendencia. Esta correspondencia inversa puede presentar una ventaja a la hora de conciliar los intereses relacionados con la utilización de los pastos y su conservación.

Para concluir, pensamos que la metodología que hemos utilizado para la valoración ecológica, junto con el cálculo del valor pastoral que también estamos elaborando con metodología propia (Gómez-García *et al.*, 2002), resultará de gran utilidad para la ordenación de unidades pastorales, en particular cuando coinciden con áreas protegidas por su valor natural.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASEGINOLAZA, C.; GÓMEZ, D.; LIZAU, X.; MONTSERRAT, G.; MORANTE, G.; SALAVERRIA, M.; URIBE-ECHEBARRIA, P.; ALEJANDRE, J., 1985. Catálogo florístico de Alava, Vizcaya y Guipuzcoa. Eusko Jaurlaritzaren Argitalpen Nagusia. Gasteiz.
- BIURRUN, I., 1999. Flora y vegetación de los ríos y humedales de Navarra. *Guineana* 5: 1-338.
- BERASTEGI, A., 2000. *Tipificación, Valoración forrajera y cartografía de los recursos pascícolas del monte Aralar*. Gobierno de Navarra. Dpto. de Agricultura, Ganadería y Alimentación. Sección de Estructuras Agrarias.
- BERASTEGI, A.; DARQUISTADE, A.; GARCÍA-MIJANGOS, I., 1997. Biogeografía de la España centro-septentrional. *Itinera Geobotánica*, 10: 149-182.
- CASTROVIEJO, S. et al., 1986-2003. *Flora Iberica*, vols I-VIII, X y XIV. Real Jardín Botánico, CSIC, Madrid (España).
- DAGET, P.; POISSONET, J. 1972. Un procédé d'estimation de la valeur pastorale des pâturages. *Fourrages* 49: 31-39.
- DARQUISTADE, A.; BERASTEGI, A.; CAMPOS, J.A.; LOIDI, J., 2003-2004. Pastizales supratemplados cántabro-euskaldunes de *Agrostis curtissii*: Caracterización y encuadre fitosociológico. *Silva Lusitana* (en prensa).
- DARQUISTADE FADRIQUE, A.; LOIDI ARREGUI, J., 2001. *Tipificación y caracterización de los pastos de montaña de la provincia de Vizcaya. Evaluación y cartografía de su capacidad de uso ganadero*. Fundación BBK. Beca de investigación en Tecnología y Estudios Medioambientales, Lejona.
- GAÑÁN, N.; GARCÍA-GONZÁLEZ, R.; GÓMEZ-GARCÍA, D.; ALDEZABAL, A.; MARINAS, A., 2003. Valoración eco-pastoral de los puertos de Góriz en el Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido. En: *Actas XLIII Reunión Científica SEEP*, pp.431-436, Granada.
- GÓMEZ-GARCÍA, D.; GARCÍA-GONZÁLEZ, R.; MARINAS, A.; ALDEZABAL, A., 2002. An eco-pastoral index for evaluating Pyrenean mountain grasslands. En: *Proc. 19th General Meeting European Grassland Federation* pp: 922-923. La Rochelle (Francia).
- GÓMEZ-GARCÍA, D.; GARCÍA-GONZÁLEZ, R.; REMÓN, J.L., 2001. Una valoración ecológica de los pastos de montaña de los Pirineos. En: *Actas de la XLI Reunión Científica de la SEEP*, pp. 201-207. Alicante.
- HERRERA, M. 1995. Estudio de la vegetación y flora vascular de la cuenca del río Ason (Cantabria). *Guineana* 1: 1-435.
- LOIDI, J. 1981. *Estudio de la flora y vegetación de las cuencas de los ríos Deva y Urola en la Provincia de Guipuzcoa*. Tesis doctoral, Univ.Complutense de Madrid.
- LOIDI, J.; BIURRUN, I.; HERRERA, M. 1997a. La vegetación del centro-septentrional de España. *Itinera Geobot.* 9: 161-618.
- LOIDI, J.; GARCÍA-MIJANGOS, I.; HERRERA, M.; BERASTEGI, A.; DARQUISTADE, A., 1997b. Heathland vegetation of the Northern-Central part of the Iberian Peninsula. *Folia Geobot. Phytotax.* 32: 259-281.
- MANDALUNIZ, N., 2003. *Pastoreo del ganado vacuno en zonas de montaña y su integración en los sistemas de producción de la CAPV*. Tesis doctoral, Univ. Zaragoza.
- MARIJUÁN, S., 1996. El pastoreo en comunales. Estudio del comportamiento de las ovejas y la utilización de los recursos disponibles. *Master of Science, IAMZ*, 165 pp.
- SOSIARIC, K.; KOVACEVIC, J., 1974. La méthode "Complex" pour la détermination de la qualité et de la valeur globale des herbages et des prairies temporaires. *Fourrages* 60: 3-25.
- TUTIN, T.G., et al., 1964-1980. *Flora Europaea*, 5 vols. Cambridge University Press. Cambridge (Gran Bretaña).

Evaluación de la simbiosis rizobiana en cuatro leguminosas pratenses

M.A. PÉREZ FERNÁNDEZ, E. CALVO MAGRO, M. HERMOSO DE MENDOZA y J. MARTÍNEZ PERPIÑÁN

Área de Ecología. Departamento de Física. Facultad de Ciencias. Universidad de Extremadura. Avenida de Elvas s/n. 06071 Badajoz (España).

RESUMEN: Se comprueba la capacidad infectiva y la especificidad de siete cepas rizobianas autóctonas sobre cuatro leguminosas anuales. El experimento se realiza bajo condiciones controladas de invernadero y se comprueba una mayor infectividad y efectividad de la infección por parte de las cepas rizobianas inoculadas en plantas similares a las de las que procedían los nódulos rizobianos de los que se extrajeron las bacterias. Se comprueba la existencia de promiscuidad en las especies vegetales y en las cepas rizobianas las cuales varían en función de las especies estudiadas. Con todo, se concluye que en ausencia de los inóculos propios de cada leguminosa, la producción de biomasa puede incrementarse mediante la inoculación de otras cepas rizobianas, induciendo siempre este tratamiento una mayor producción de biomasa que la esterilidad rizobiana.

Palabras clave: nodulación, infectividad, efectividad, producción.

Evaluation of the rhizobial symbiosis in four annual legumes

SUMMARY: This work analyses the infectiveness and specificity in the symbiosis of seven rhizobia on four species of annual legumes commonly used in pasturelands. The study was carried out under controlled glass-house conditions. Symbiotic promiscuity and effectiveness were studied using cross-inoculation experiments with both annual and shrubby species. Shrubby legumes and rhizobia displayed a high symbiotic promiscuity both for infectivity and effectiveness. However, legumes showed preference for rhizobia from their own species. Symbioses were effective depending on the combination of legumes-rhizobial strain. The high degree of symbiotic promiscuity and effectiveness highlights the relevance in the use of any rhizobia to inoculate legumes when the native rhizobia are absent, thus these results suggest the importance of inoculation to ameliorate pasturelands.

Key words: nodulation, infectivity, effectiveness, production.

INTRODUCCIÓN

En la mayor parte de los suelos del mundo, el nitrógeno es el nutriente que más frecuentemente se presenta como deficitario, lo que obliga a enmiendas nitrogenadas a través de fertilizantes químicos. Pero la aplicación de fertilizantes nitrogenados no siempre mantiene la eficiencia productiva y puede producir una creciente contaminación del suelo y del agua (Urzua *et al.*, 2001). Así pues, la agricultura biológica orientada a la progresiva disminución de la utilización de fertilizantes (Buckles, 1998), representa una alternativa a la tradicional.

Esta idea ha inducido desde hace ya algunas décadas al uso de leguminosas como abonos verdes y cultivos de barbecho en suelos empobrecidos (Faff, y Stewart, 1994; Abdel-Wahab y Abd-Alla, 1995). El empleo de inoculantes de *Rhizobium* para cultivos de leguminosas está considerado como una de las más importantes contribuciones de la Microbiología a la Agricultura (Siqueira y Franco, 1988). Estos inoculantes permiten establecer la fijación simbiótica de nitrógeno (FSN). La fijación simbiótica de nitrógeno es un proceso por el cual las plantas leguminosas en simbiosis con bacterias de la Familia Rhizobiaceae (genéricamente rizobios) (Sprent, 2001), fijan nitrógeno atmosférico (N_2) que puede ser utilizado por las plantas aportando fertilización natural tanto a sistemas agrícolas como a sistemas naturales (McRae *et al.*, 2000).

En los primeros estudios sobre la simbiosis *Rhizobium*-leguminosa, se postuló una clara e inamovible especificidad en las nodulaciones (Lie *et al.*, 1987). Sin embargo, hace algunas décadas se comprobó que esta especificidad no es tan exacta (Hernández-Lucas, *et al.*, 1995), lo que cada día se corrobora con nuevos estudios (Sprent, 2001; Rodríguez-Echeverría *et al.*, 2003; Pérez-Fernández y Lamont, 2003).

Así, los objetivos de este trabajo fueron (1) determinar la capacidad infectiva de siete cepas rizobianas en cuatro especies pratenses *Ornithopus compressus* (L.), *Medicago polymorpha* (L.), *Medicago sativa* (L.) y *Trifolium repens* (L.); (2) estimar la influencia de los rizobios en el crecimiento y producción de estas cuatro especies bajo condiciones controladas de invernadero y (3) proponer combinaciones leguminosa-inóculo, que induzcan una mayor producción vegetal.

MATERIAL Y METODOS

Se utilizaron siete cepas bacterianas y cuatro especies vegetales. Las especies vegetales, *Ornithopus compressus* (L.), *Medicago polymorpha* (L.), *Medicago sativa* (L.) y *Trifolium repens* (L.), se seleccionaron por su interés forrajero y son las especies sobre las que se evalúa el efecto de los rizobios. Las cepas bacterianas se obtuvieron a partir de nódulos radiculares recolectados de plantas de *Ornithopus compressus* (L.), *Medicago polymorpha* (L.), *Medicago sativa* (L.) y *Trifolium repens* (L.), *Cytisus balansae* (Boiss.) Ball, *Genista hystrix* (Lange) y *Retama sphaerocarpa* (L.) Boiss, crecidas en poblaciones naturales del Oeste de la Península Ibérica. Los inóculos se denominaron respectivamente Ocom, Mpol, Msat, Trep, Cbal, Ghys y Rsph. La extracción del material bacteriano contenido en los nódulos se llevó a cabo previa esterilización de los mismos (Somasegaran y Hoben, 1994), mediante rotura de cada nódulo con una varilla de vidrio estéril. La suspensión así obtenida se sembró sobre Yeast Mannitol Agar sólido y se incubaron a 28°C durante 15 días. Se seleccionaron y verificaron como rizobios las colonias Gram negativas (Somasegaran y Hoben, 1994), y se seleccionó una por especie vegetal.

Se germinaron, bajo condiciones de estricta esterilidad, semillas de *O. compressus*, *M. polymorpha*, *M. sativa* y *T. repens* las cuales fueron transplantadas individualmente a tiestos de plástico negros, sobre arena de río estéril. Se trataron tandas de 10 plantas de cada especie con cada uno de los inóculos. Otras 10 plántulas se regaron solamente con solución Jensen, a modo de control.

Las plántulas se mantuvieron creciendo 12 semanas en un invernadero a termo y fotoperíodos de 12 horas en luz a 22 °C y 12 horas en oscuridad a 18°C, manteniéndose la arena a su capacidad de campo. Tras su recolección y para cada plántula se registró el número de nódulos radiculares y su peso seco.

Todos los datos fueron comparados estadísticamente mediante ANOVAs de una vía, con los programas Superanovas y Delta Graph 5.5 para Machintosh.

RESULTADOS

Ninguna de las plantas control produjo nódulos radiculares, a excepción de dos nódulos en plántulas de *M. sativa*. Se encontraron diferencias significativas tanto en la producción de nódulos como en la de biomasa entre plantas inoculadas y no inoculadas, así como entre las plantas tratadas con diferentes inóculos (Tabla 1). Invariablemente en las cuatro especies la máxima producción de nódulos y de biomasa se alcanzan en las plántulas inoculadas con las cepas rizobianas extraídas de nódulos de individuos de su misma especie, a excepción de *M. polymorpha*, especie cuya máxima producción nodular es inducida por el inóculo Ghys. De hecho, este inóculo es el que induce la máxima producción de nódulos en las cuatro leguminosas (a excepción del propio de cada especie).

Tabla 1. Valores de F y p tras ANOVA de una vía comparando número de nódulos y biomasa seca de cuatro leguminosas tratadas con cuatro inóculos diferentes.

	Nódulos		Biomasa	
	F	p	F	p
<i>O. compressus</i>	10,7	0,0001	2,2	0,0378
<i>M. polymorpha</i>	4,8	0,0042	48,9	0,0001
<i>M. sativa</i>	6,7	0,0060	5,1	0,0032
<i>T. repens</i>	12,6	0,0001	1,8	0,1656

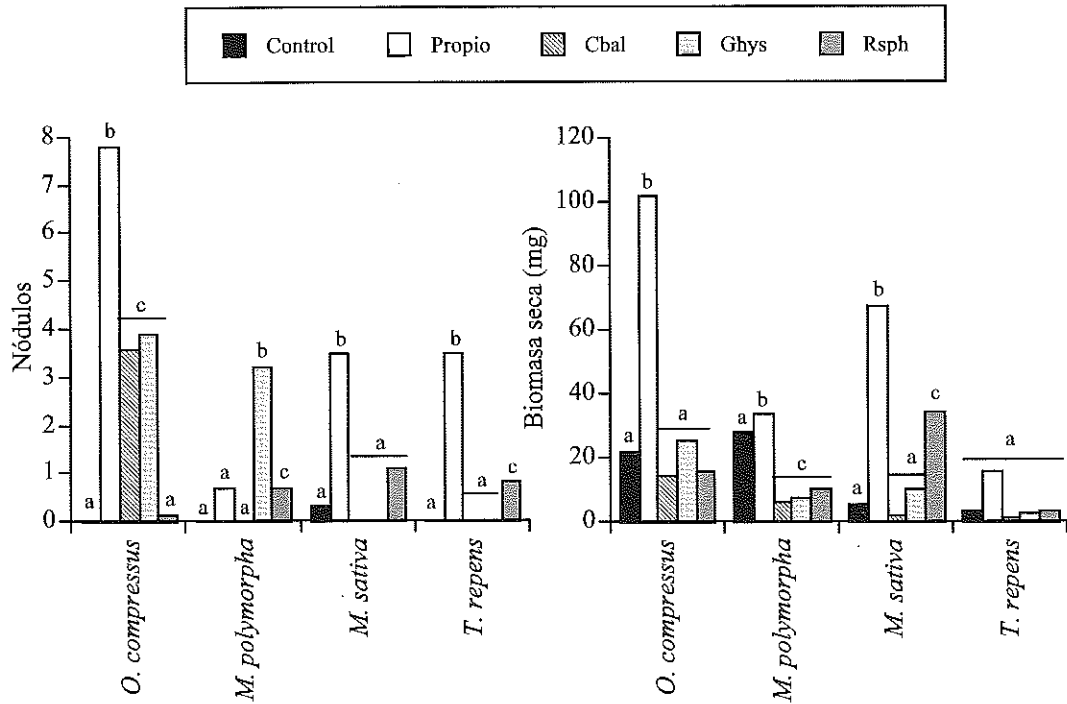


Figura 1. Número medio de nódulos y producción de biomasa en plantas de *O. compressus*, *M. polymorpha*, *M. sativa* y *T. repens* sometidos a cuatro tratamientos: control (ausencia de inoculación), inoculación con cepas extraídas de la propia especie (Propio), inoculación con cepas de *C. balansa* (Cbal), inoculación con cepas de *G. hystrix* (Ghys), inoculación con cepas de *R. sphaerocarpa* (Rsph). Letras diferentes sobre las columnas indican, para cada especie individualmente, diferencias significativas tras ANOVA de una vía y test de comparaciones múltiples a posteriori.

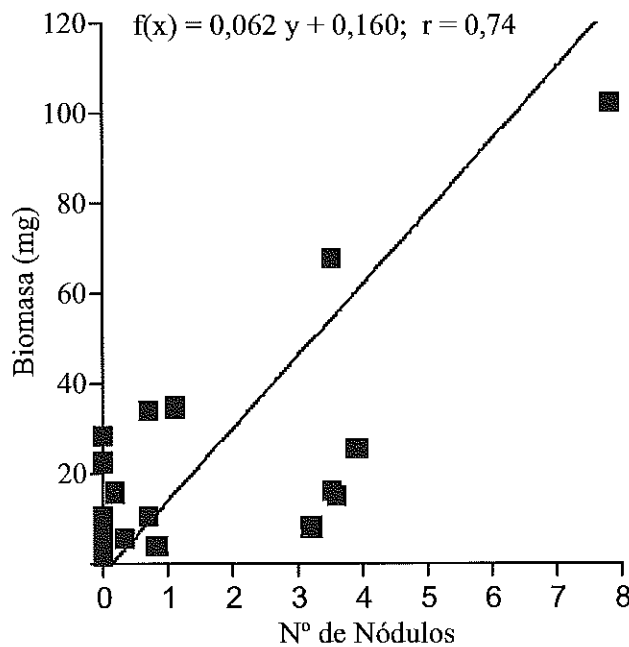


Figura 2. Recta de regresión y análisis de correlación entre el número de nódulos por planta y la producción de biomasa en cuatro leguminosas forrajeras anuales.

Ornithopus compressus es infectada por los inóculos procedentes de Cbal, Ghys y Rsph. *Medicago polymorpha* nodula con los inóculos Ghys y Rsph, mientras que *M. sativa* y *T. repens* únicamente nodulan con el inóculo Rsph (Figura 1). La producción de biomasa es significativamente diferente en cada especie en función del inóculo aplicado (Tabla 1 y Figura 1). *Ornithopus compressus* es la especie que más biomasa produce independientemente del inóculo aplicado, siendo el propio inóculo (Ocom), el más efectivo, seguido del Ghys (Tabla 1 y Figura 1). La producción de biomasa en plantas de *M. polymorpha* inoculadas con Cbal, Ghys y Rsph fue significativamente inferior a la producida por plantas inoculadas con su propio inóculo (Mpol) y por las plantas control (Tabla 1 y Figura 1). Los inóculos Msat y Rsph inducen una producción de biomasa en las plantas de *M. sativa* significativamente superior a la producida en los restantes tratamientos (Tabla 1 y Figura 1). En *T. repens* no se detectaron diferencias significativas en la producción de biomasa de las plantas en ninguno de los cinco tratamientos (Tabla 1 y Figura 1). Por último, se aprecia (Figura 2) correlación positiva ($r = 0,74$) entre el número de nódulos por planta y la producción de biomasa.

DISCUSIÓN

Los dos nódulos observados en *M. sativa* pueden ser debidos a contaminación externa, que en cualquier caso es mínima y sin relevancia pues su color blanco indica ausencia de actividad (Sprent, 2001). Las plantas muestran preferencia por sus inóculos específicos, hecho evidenciado por la mayor nodulación y producción de biomasa de plantas inoculadas con los inóculos procedentes de individuos de su misma especie. Sin embargo, la especificidad de plantas y bacterias no es en absoluto exacta ya que las cuatro especies estudiadas fueron infectadas efectivamente por al menos dos cepas bacterianas.

O. compressus fue la especie vegetal que aceptó un mayor número de rizobios, seguida de *M. polymorpha*, hecho que demuestra no sólo promiscuidad en las plantas (Pérez Fernández y Lamont, 2003), sino que esta promiscuidad es especie dependiente (Pérez Fernández y Lamont, 2003; Rodríguez-Echeverría *et al.*, 2003). Así mismo, el inóculo Cbal infectó únicamente plántulas de una especie, mientras que Ghys infectó dos especies y Rsph con la máxima promiscuidad infectó las cuatro especies estudiadas. Este tipo de comportamiento ha sido igualmente comprobado entre especies de plantas e inóculos procedentes de ambientes similares así como para especies de leguminosas e inóculos originarios de enclaves a gran distancia (Hernández Lucas *et al.*, 1995; Pérez Fernández y Lamont, 2003; Rodríguez-Echeverría *et al.*, 2003). Este tipo de comportamiento resulta interesante a la hora de explicar la distribución de las leguminosas, su éxito en ambientes extremos así como su capacidad de colonización de nuevos ambientes (Faff y Stewart, 1994). Por ello, la capacidad de aceptar cepas rhizobianas diferentes por parte de las plantas y la de inducir crecimiento diferencial en las mismas por parte de los rizobios es un aspecto a tener en cuenta a la hora de seleccionar especies con fines forrajeros y/o de mejora de pastos (Bucles, 1998). Por ello este tipo de experimentos permite hacer una pre-selección de cepas rhizobianas específicas para una nodulación efectiva en leguminosas forrajeras, que incentive la FBN y con ello una mayor producción de biomasa vegetal. No obstante, estos resultados deben de ser validados en campo, teniendo en cuenta su uso práctico y los costes económicos derivados del mismo.

CONCLUSIONES

1. Las cuatro leguminosas estudiadas presentan alta afinidad por sus rizobios específicos al tiempo que promiscuidad en la simbiosis.
2. *Ornithopus compressus* es la especie más promiscua de las cuatro estudiadas.
3. De los tres inóculos foráneos comparados con los propios de las cuatro leguminosas, el de *R. sphaerocarpha* (Rsp) es el más infectivo y efectivo, mientras que el procedente de *C. balansae* (Cbal), es el menos promiscuo y el menos efectivo.
4. En ausencia de los inóculos propios de cada leguminosa, la producción de biomasa puede incrementarse mediante la inoculación de otras cepas rhizobianas, que inducen mayor producción de biomasa que la esterilidad rhizobiana.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha realizado dentro del proyecto de investigación REN2001-0749/GLO.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDEL-WAHAB, A.M.; ABD-ALLA, M.H., 1995. Nodulation and nitrogenase activity of *Vicia faba* and *Glycine max* in relation to rhizobia strain, form and level of combined nitrogen. *Phyton*, **35**, 177-187.
- BUCLES, D., 1998. *Cover crops for sustainable agriculture*. IDRC, 63 pp. Ottawa (Canada).
- FAFF, C.W.; STEWART, J.L., 1994. The value of *Acacia* and *Prosopis* in arid and semi-arid environments. *Journal of Arid Environments*, **27**, 3-25.
- HERNÁNDEZ-LUCAS, I.; SEGOVIA, L.; MARTÍNEZ-ROMERO, E.; PUEPPKE S.G., 1995. Phylogenetic relationships and host range of *Rhizobium* spp. that nodulate *Phaseolus vulgaris* *Applied and Environmental Microbiology*, **61**, 2775-79.
- LIE, T.A.; GÖKTAN, D.; ENGIN, M.; PIJNENBORG, J.; ANLARSAL, E., 1987. Co-evolution of the legume-*Rhizobium* association. *Plant and Soil*, **100**, 171-181.
- MCRAE, R.; HILL, G.; MEHUYS, J.; HENNING, J., 2000. Farm scale agronomic and economic conversion from conventional to sustainable agriculture. *Ecological Agriculture Projects. McGill University Publications*, **108**, 1-30.
- PÉREZ-FERNÁNDEZ, M.A.; LAMONT, B., 2003. Nodulation and performance of exotic and native legumes in Australian soils. *Australian Journal of Botany*, **51**, 543-553.
- RODRÍGUEZ-ECHEVERRÍA, S.; PÉREZ-FERNÁNDEZ, M.A.; VLAAR, S.; FINNAN, T., 2003. Analysis of the legume-rhizobia symbiosis in shrubs from central western Spain. *Journal of Applied Microbiology*, **95**, 1367-1374.
- SIQUEIRA, J.O.; FRANCO, A.A., 1988. *Biotecnologia do solo: Fundamentos e Perspectivas*. FAEPE/ABEAS/MEC/ESAL, 236 pp. Lavras (Brasil).
- SOMASEGARAN, P.; HOBEN, H.J., 1994. *Handbook for rhizobia: Methods in Legume-Rhizobium technology*, 33-56. New York: Springer-Verlag New York, Inc.
- SPRENT, J.I., 2001. *Nodulation in Legumes*. Royal Botanic Gardens, 146 pp. Kew (England).
- URZUA, H.; URZUA, J.M.; PIZARRO, R., 2001. Pre-selección de cepas de *Rhizobium leguminosarum* bv. *Viciae* en *Vicia forrajera*, para abonos verdes. *Ciencia e Investigación Agraria*, **28(1)**, 3-6.

Control biológico de *Briza maxima* L. y *Raphanus raphanistrum* L. por bacterias rizosféricas

M.A. PÉREZ FERNÁNDEZ, E. CALVO MAGRO y M. LÓPEZ MARTÍN

Area de Ecología. Departamento de Física. Facultad de Ciencias. Universidad de Extremadura. Avenida de Elvas s/n 06071 Badajoz (España).

RESUMEN: Se estudia el efecto de 25 extractos bacterianos, procedentes de *Hymenocarpos hispanicus* Lassen, *Trifolium arvense* L., *Trifolium dubium* Sibth, *Orithopus compressus* L., *Avena sterilis* L., *Briza maxima* L., *Bromus tectorum* L., *Holcus lanatus* L., *Lolium rigidum* Gaudin, *Poa bulbosa* L. y *Rumex bucephalophorus* (Steinh) Reich sobre la germinación y crecimiento en placas Petri de dos especies de malas hierbas, *Lolium rigidum* L. y *Raphanus raphanistrum* L. Igualmente se evalúa el efecto de ocho cepas bacterianas seleccionadas en el ensayo de laboratorio, sobre el crecimiento en invernadero de plántulas de las citadas malas hierbas. De los 25 extractos bacterianos, cinco manifestaron efecto promotor del crecimiento, induciendo la germinación y crecimiento vegetativo de ambas especies; siete aislados inhibieron la germinación y el crecimiento vegetativo; el resto de los inóculos no manifestaron efecto distinto al del control. Cinco aislados inhibieron simultáneamente el desarrollo de *R. raphanistrum* y *L. rigidum*. Estas relaciones ponen de manifiesto la existencia de bacterias con efecto deletéreo sobre más de una especie, lo que las hace idóneas en el control biológico.

Palabras clave: bioensayos, bacterias deletéreas, antagonismo, simbiosis.

Biological control of Briza maxima L. and Raphanus raphanistrum L. using rhizobacteria

SUMMARY: The effect of the rhizobacteria from *Hymenocarpos hispanicus* Lassen, *Trifolium arvense* L., *Trifolium dubium* Sibth, *Orithopus compressus* L., *Avena sterilis* L., *Briza maxima* L., *Bromus tectorum* L., *Holcus lanatus* L., *Lolium rigidum* Gaudin, *Poa bulbosa* L. and *Rumex bucephalophorus* (Steinh) Reich was studied on the germination and growth of two annual plant species *Lolium rigidum* L. and *Raphanus raphanistrum* L., showing complex relations of competition and mutualism. From 25 bacterial isolates applied to seeds and seedlings of both species, five indicated promoting effects inducing seed germination and enhancing vegetative growth; seven isolates showed clear competitive effect inhibiting the germination and delaying plant growth; the eight remaining isolates showed no significant differences with the control, neither in the germination nor in the total biomass production (i.e. plant growth). The described relations, present a potential tool of biological control of weeds.

Key words: bioassays, deleterious bacteria, antagonism, symbiosis.

INTRODUCCIÓN

Las especies consideradas como malas hierbas representan un grave problema para los sistemas cultivados, compitiendo por la humedad, nutrientes y luz; de esta manera inhiben el crecimiento de las plantas cultivadas e incluso pueden retardar la floración y fructificación de estas (Akins, 1994; Chandramohan y Charudattan, 2001). Adicionalmente, las malas hierbas recalcitrantes son difícilmente controlables porque se han hecho tolerantes a los herbicidas químicos o bien porque sus hábitos de crecimiento les permiten escapar a las prácticas de control (Akins, 1994). Por ello, desde hace ya varias décadas se ha dado un gran impulso al estudio y aplicación de técnicas biológicas para el control de especies no deseadas, al tiempo que se hacen evaluaciones exhaustivas de su eficacia e implicaciones en la conservación de los ecosistemas (Headrick y Goeden, 2001).

El descubrimiento y desarrollo de los agentes de control biológico, entre los que se encuentran insectos (Tewksbury *et al.*, 2001), hongos (Chian *et al.*, 1989) y más recientemente bacterias (Kremer y Kennedy, 1996; Flores Vargas y O'Hara, 2002), representa una alternativa al uso de herbicidas químicos. Sin embargo, la liberación indiscriminada al medio de patógenos puede dar lugar a su establecimiento y dispersión afectando ambientes más allá de los cultivos. Así, en la selección de agentes para el control biológico de las malas

hierbas es muy importante demostrar que los organismos seleccionados son suficientemente específicos para la especie objeto de control y que adicionalmente son inocuos para las plantas con interés comercial. Por consiguiente, además de obtener patógenos contra las malas hierbas, es obligado comprobar su rango de especificidad, lo que requiere de bioensayos bajo condiciones controladas (Smith, 1986).

Raphanus raphanistrum L. y *Lolium rigidum* L. son dos especies no deseadas en numerosos sistemas intervenidos por el hombre, como cultivos, pastos y jardines. Su amplia distribución a nivel mundial (Devesa, 1995) hace de ellas especies de interés sobre las que estudiar la efectividad de agentes biológicos para su control y manejo. La necesidad de su control se hace especialmente acuciante en sistemas pobres en nutrientes y sometidos a fluctuaciones extremas de humedad y temperatura, como es el caso de cultivos en toda la comunidad de Extremadura. Esto nos lleva a plantear este estudio, cuyo objetivo ha sido evaluar el efecto de los extractos bacterianos procedentes de 11 especies vegetales sobre la germinación y crecimiento de *L. rigidum* y *R. raphanistrum*, a fin de identificar extractos específicos para el control de estas dos malas hierbas.

MATERIAL Y MÉTODOS

Material bacteriano

Se trabajó con las especies que se indican en la Tabla 1. Raíces recién recolectadas de estas plantas se dividieron en fragmentos de 3 cm y se mantuvieron dos horas en agitación en medio de peptona (0,1%). Se tomó 1 ml de esta suspensión, que se sembró en medio selectivo. Los aislados se purificaron y conservaron criogenizados hasta su uso.

Tabla 1. Relación de especies vegetales de las que se extrajeron cepas bacterianas y abreviatura y número asignado a cada aislamiento, en función de la especie vegetal de procedencia. Las dos primeras letras hacen referencia al género y las tres siguientes a la especie botánica. Nomenclatura según Devesa 1995.

Especie vegetal	Aislados bacteriano	Especie vegetal	Aislados bacteriano
<i>Hymenocapsa hispanicus</i> Lassen	Hyhis 1, 2, 3	<i>Avena sterilis</i> L.	Avste 7, 8
<i>Trifolium arvense</i> L.	Trarv 4	<i>Briza maxima</i> L.	Brmax 9, 10, 11
<i>Trifolium dubium</i> Sibth.	Trdub 5	<i>Bromus tectorum</i> L.	Brtec 12, 13, 14
<i>Ornithopus compressus</i> L.	Orcom 6	<i>Holcus lanatus</i> L.	Holan 15, 16
<i>Rumex bucephalophorus</i> (Steinh)Reich.	Rubuc 23, 24, 25	<i>Lolium rigidum</i> Gaudin	Lorig 17, 18, 19
		<i>Poa bulbosa</i> L.	Pobul 20, 21, 22

Inoculación de semillas en placas Petri

Se sembraron semillas estériles de *R. raphanistrum* y *L. rigidum* en placas Petri sobre agar al 0,9% previamente inoculado con 2 ml de los extractos bacterianos procedentes de las 25 cepas previamente crecidas. Los extractos bacterianos se produjeron mediante el crecimiento de cada aislamiento en medio mínimo durante 24 horas y posterior centrifugación. Para cada combinación de especies de semillas y aislado bacteriano se prepararon cuatro réplicas con 20 semillas cada una, incluyéndose un tratamiento control en el que las semillas se pusieron a germinar solamente en agar. Tras cinco días de incubación a 20°C en oscuridad, se hizo un recuento de semillas germinadas y se midió la longitud de las raíces.

Inoculación de plántulas en invernadero

Se seleccionaron ocho cepas bacterianas de las evaluadas previamente en el laboratorio, con las que se inocularon plántulas de *R. raphanistrum* y *L. rigidum* de dos días, previamente transplantadas a tiestos con arena estéril. Para cada combinación de especie e inóculo bacteriano se propiciaron cinco réplicas con cuatro plántulas cada una. Las plantas se dejaron crecer durante seis semanas en un invernadero a temperatura

constante de 25°C y fotoperíodo natural y cuando fue necesario se aplicaron riegos con una solución nutritiva CRS suplementada con KNO₃ al 0,3%. Se prepararon cuatro réplicas control regadas con agua destilada estéril, así como con la solución nutritiva.

Las plantas se cosecharon tras seis semanas de crecimiento y se midieron la longitud y el peso seco de la parte aérea y subterránea.

Análisis estadísticos

Todos los datos fueron analizados mediante ANOVA de una vía y test-T de comparaciones múltiples *a posteriori*, previa comprobación de las condiciones de normalidad y homocedasticidad.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las Figuras 1 y 2 recogen respectivamente los valores de la longitud de las plántulas de *R. raphanistrum* y *L. rigidum* germinadas en placas Petri. Se aprecian tres tipos de respuestas: inhibición del crecimiento, activación del mismo y ausencia de efecto sobre el crecimiento de las plántulas. En *R. raphanistrum* las cepas 1, 3, 5, 8, 11, 12, 19, 20 y 23 activan significativamente el crecimiento de las plántulas, mientras que las cepas 2, 4, 6, 7, 9, 10, 13, 16, 17, 18 y 21 manifiestan un claro efecto inhibitorio de tal crecimiento. Las cepas restantes no ejercen ningún tipo de efecto sobre la especie estudiada (Tabla 2). En *L. rigidum* las cepas que ejercen efecto inhibitorio con significación estadística fueron las 2, 8, 9, 10, 17, 18 y 20; las que activan significativamente la germinación son las 5, 7, 16, 19, 21, 22, 23. Las restantes cepas, 1, 3, 4, 6, 11, 12, 13, 14, 15, 24 y 25 no ejercieron efecto alguno sobre las plántulas en placas Petri.

Respecto al crecimiento de plántulas en tiestos, en *R. raphanistrum* la cepa bacteriana 4 indujo disminución del crecimiento de la raíz sin significación estadística; las cepas 2, 9, 10, 15, 17 y 18 indujeron reducción

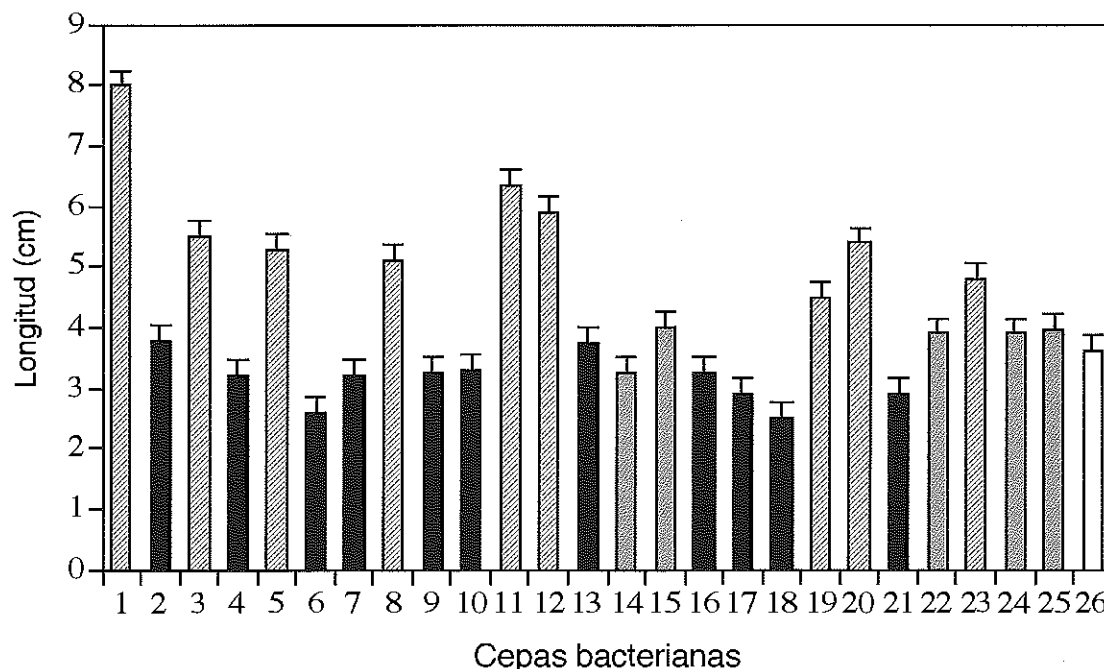


Figura 1.—Longitud media de plántulas de *Raphanus raphanistrum* germinadas y crecidas en placas Petri, tras inoculación con 25 cepas bacterianas. (□ Control; ■ bacterias inhibidoras; ▨ bacterias activadoras; ▩ bacterias sin efecto).

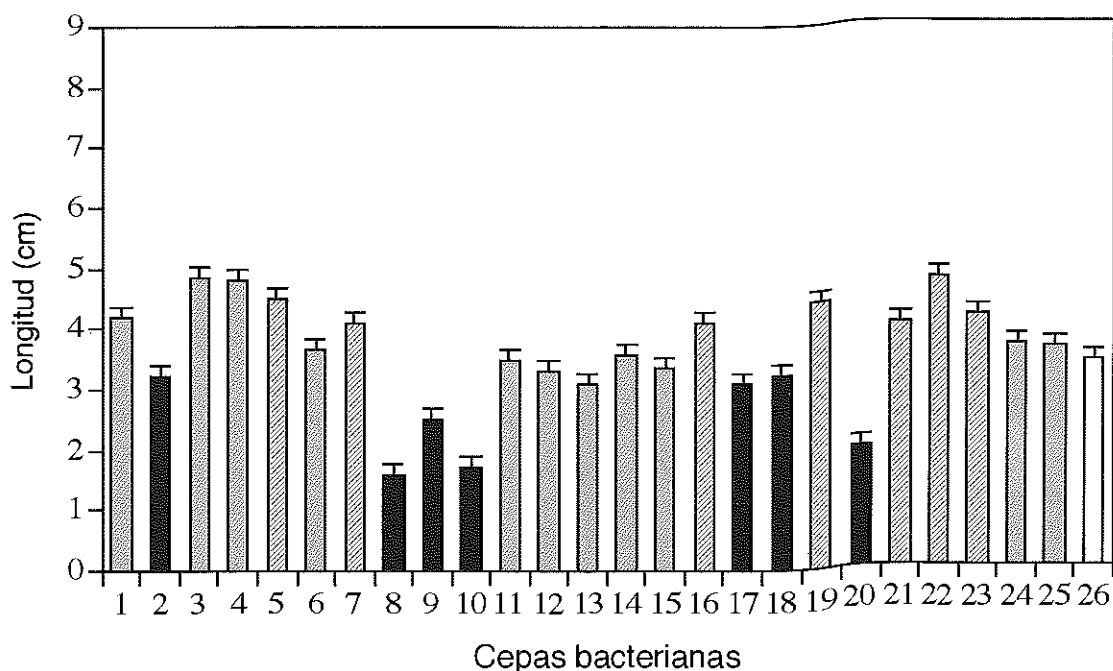


Figura 2.—Longitud media de plántulas de *Lolium rigidum* germinadas y crecidas en placas Petri, tras inoculación con 25 cepas bacterianas distintas. Leyendas como en la Figura 1.

Tabla 2. Resultados del ANOVA de una vía, comparando longitud en plántulas de *R. raphanistrum* y *L. rigidum* germinadas y crecidas en placas Petri, y tratadas con los extractos de 25 cepas bacterianas diferentes.

<i>R. raphanistrum</i>	gl	F	p	<i>L. rigidum</i>	gl	F	p
Entre grupos	25	6,8032	0,0001	Entre grupos	25	12,50349	0,0004
Dentro de grupos	1014			Dentro de grupos	1014		
Total	1039			Total	1039		

significativa del crecimiento de tallos. En *L. rigidum* solamente la cepa 7 indujo crecimiento similar al del control, tanto en las raíces como en los tallos. El resto de los aislamientos bacterianos produjeron disminución significativa del crecimiento en estos dos órganos vegetativos (Tabla 3).

La producción de biomasa de raíces y tallos de *R. raphanistrum* se vio afectada por las cepas 4 y 20; la cepa 22 indujo aumento significativo de la producción de biomasa radicular y las 2, 9, 10, 17 y 18 restantes redujeron significativamente la producción de biomasa en raíces (Tabla 3). En *L. rigidum* todas las bacterias redujeron significativamente la producción de biomasa de tallos y, de forma más específica las cepas 2, 9, 10, 15, 17 y 8 redujeron significativamente la biomasa de las raíces (Tabla 3).

En todas las especies inoculadas con bacterias deletéreas y evaluadas en placas Petri se han identificado síntomas de crecimiento que varían desde un retardo generalizado del mismo, a varios tipos de clorosis foliares. Los daños foliares se manifiestan de forma más severa en la especie *R. raphanistrum*. No obstante, en ambas especies la inoculación con bacterias deletéreas dio como resultado un pobre desarrollo lateral de las raíces. Estos resultados son similares a los presentados por Begonia y Kremer (1994) y Kremer y Kennedy (1996), lo que avala la existencia de bacterias capaces de ejercer un fuerte efecto negativo sobre el crecimiento y desarrollo vegetativo. Otro aspecto de relevancia es el hecho de que cada especie vegetal es sensible a distintos aislados bacterianos, de modo que, en nuestro trabajo no hemos encontrado una respuesta similar de todas las malas hierbas ante todas las bacterias, sino que se da una clara respuesta especie-específica. Cada especie

Tabla 3. Resultados de los ANOVAs de una vía, comparando la longitud y peso seco de las plántulas de *R. raphanistrum* y *L. rigidum* con ocho cepas bacterianas edáficas diferentes y crecidas en tiestos bajo condiciones controladas de invernadero.

<i>R. raphanistrum</i>	gl	F	P-valor	Variable	F	p
Longitud Raíz	8	1,371	0,2146	Peso Raíz	15,731	0,0001
	135					
Longitud Tallo	8	16,044	0,0001	Peso Tallo	37,899	0,0001
	135					
<i>L. rigidum</i>	gl	F	P-valor	Variable	F	p
Longitud Raíz	8	2,886	0,0053	Peso Raíz	5,651	0,0001
	135					
Longitud Tallo	8	3,080	0,0032	Peso Tallo	9,680	0,0001
	135					

vegetal tiene afinidad por diferentes cepas bacterianas, del mismo modo que las bacterias son capaces de ejercer efecto negativo sobre determinadas plantas, igual que ocurre en otras herbáceas anuales tratadas con hongos como agentes de control biológico (Tewksbury *et al.*, 2001). De todos modos, y de las bacterias analizadas en nuestros ensayos, encontramos que los aislados numerados 2, 9, 10, 17 y 18, afectan negativamente a las dos especies de malas hierbas sobre las cuales se estudiaron. El posterior análisis molecular de dichas cepas indicó que son *Pseudomonas*, un grupo de bacterias que se ha observado ejerce el mismo tipo de efecto sobre otras especies vegetales (Schroth y Hancock, 1982). El modo de actuación de estas bacterias está aún sin determinar, si bien el hecho de que ninguna de ellas haya inducido en las plantas daños a nivel celular y retardo del crecimiento y disminución en la producción de biomasa, hace pensar que tal modo de actuación tiene lugar a través de la producción de compuestos del metabolismo bacteriano que son liberados al medio y que al entrar en contacto con las plantas inducen la reducción del crecimiento (Suslow y Schroth, 1982).

CONCLUSIONES

Cada cepa bacteriana induce un efecto diferente en cada una de las especies vegetales sobre las que se ha evaluado, si bien existen cepas con efectos similares sobre *R. raphanistrum* y *L. rigidum*, las cuales pueden utilizarse como agentes de control biológico simultáneamente.

Las bacterias deletéreas con las que hemos trabajado presentan similares mecanismos de acción consistentes en la liberación de compuestos secundarios del metabolismo, que actúan de modo alelopático sobre las plantas.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por ADICOMT a través del proyecto 'Diseño de protocolos para el control biológico de malas hierbas de cultivo (viñedos, olivares e higueras)' y parcialmente financiado por el proyecto Ren2001-0749/GLO.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AKINS, R., 1994. As narrow-leaf panicum spreads, researchers seek improved control. En: *Citrus industry*, 1-2. Ed. E. NEFF. Associated Pub., Bartow, Fl.
- BEGONIA, M.F.T.; KREMER, R.G., 1994. Chemotaxis of deleterious rhizobacteria to velvetleaf (*Abutilon theophrasti* Medik.) seeds and seedlings. *FEMS Microbial Ecology*, **15**, 227-236
- CHANDRAMOHAN, S.; CHARUDATTAN, R., 2001. Control of 7 grasses with a mixture of three fungal pathogens with restricted host ranges. *Biological Control*, **22**, 246-255.
- CHIANG, M.; VAN DYKE, C.G.; CHILTON, W.S., 1989. Four foliar pathogenic fungi for controlling seedling johnsongrass (*Sorghum halepense*). *Weed Science*, **37**, 802-809.
- DEVESA, J.A., 1995. *Vegetación y flora de Extremadura*. Universitas, 773 pp. Badajoz (España).
- FLORES-VARGAS, R.; O'HARA, G.W., 2002. Towards ecologically based weed management systems in vineyards. En: *Weeds. Threats now and forever?*, 228-231. Ed.: H.J. SPAFFORD, J. DODD Y J.H. MOORE. Plant Protection Society of West Australia.
- HEADRICK, D.H.; GOEDEN, R.D., 2001. Biological control as a tool for ecosystem management. *Biological Control*, **21**, 249-257.
- KREMER, R.J.; KENNEDY, A.C. 1996. Rhizobacteria as biocontrol agents of weeds. *Weed Technology*, **10**, 601-609.
- SCHROTH, M.N.; HANCOCK, J.G., 1982. Disease suppressive soil and root-colonizing bacteria. *Science*, **216**: 1376-1381.
- SMITH, R.J. Jr., 1986. Biological control of northern jointvetch in rice and soybeans - A researcher's view. *Weed Science*, **34 (Suppl)**, 17-23.
- SUSLOW, T.V.; SCHROTH, M.N., 1982. Role of deleterious rhizobacteria as minor pathogens in reducing crop growth. *Phytopatology*, **72**, 111
- TEWKSURY, L.; CASAGRANDE, R.; BERND, B.; HÄFLIGER, P.; SCHWARZLÄNDER, M., 2001. Potential for biological control of *Phragmites australis* in North America. *Biological Control*, **23**, 191-212.

Caracterización de cepas del grupo de inoculación cruzada de *Rhizobium leguminosarum* aisladas de nódulos efectivos de leguminosas del noroeste de España

A. VALVERDE¹, R. RIVAS², A. PEIX¹, J. M. CRUZ-SÁNCHEZ², M. E. TRUJILLO¹, J. M. IGUAL², E. CERVANTES¹, P. F. MATEOS², E. MARTÍNEZ-MOLINA² y E. VELÁZQUEZ²

¹Departamento de Producción Vegetal. Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología. Salamanca (España).

²Departamento de Microbiología y Genética. Edificio Departamental de Biología. Campus Miguel de Unamuno. Salamanca. (España)

RESUMEN: Un total de 30 aislados de nódulos efectivos de *Trifolium pratense*, *Trifolium repens*, *Vicia sativa*, *Vicia faba*, *Lens culinaris*, *Pisum sativum*, *Lathyrus odoratus* y *Phaseolus vulgaris* han sido caracterizados mediante diferentes técnicas moleculares. El análisis de perfiles de TP-RAPD (Two Primers-Random Amplified Polymorphic DNA) mostró que los aislados pertenecían a la misma especie ya que todos ellos presentaron el mismo perfil. La secuenciación completa del gen ribosómico 16S permitió clasificar a las cepas de este estudio en la biovariedad trifolii de la especie *Rhizobium leguminosarum*. Los perfiles de RFLP (Restriction Fragment Length Polymorphic DNA) del gen ribosómico 16S se obtuvieron utilizando dos enzimas de restricción, *Hinf* I y *Ban* II, que permiten distinguir entre las biovariedades viciae y trifolii de la especie *R. leguminosarum*. Los perfiles obtenidos fueron idénticos en todas las cepas aisladas y con respecto al de la biovariedad trifolii, confirmando los resultados de la secuenciación completa del gen 16S. Los resultados obtenidos muestran que *R. leguminosarum* bv. trifolii es dominante en las poblaciones de rizobia que nodulan tanto leguminosas grano como pratenses en el Noroeste de España.

Palabras clave: trébol, rizobia, fijación de nitrógeno, pastos.

Characterization of bacterial strains belonging to the *Rhizobium leguminosarum* cross-inoculation group, isolated from effective nodules of legumes growing in the Northwest of Spain.

SUMMARY: Thirty bacterial strains isolated from effective nodules of *Trifolium pratense*, *Trifolium repens*, *Vicia sativa*, *Vicia faba*, *Lens culinaris*, *Pisum sativum*, *Lathyrus odoratus* and *Phaseolus vulgaris* were characterized by using different molecular techniques. A unique TP-RAPD (Two Primers-Random Amplified Polymorphic DNA) profile was obtained indicating that the thirty strains belong to the same species. The analyses of the complete 16S rDNA sequence showed that these strains belong to *Rhizobium leguminosarum* bv. trifolii. This result was also confirmed by RFLP (Restriction Fragment Length Polymorphic DNA) analyses of their 16S rRNA gene using both *Hinf* I and *Ban* II restriction enzymes, which can differentiate between the viciae and trifolii biovarieties of *Rhizobium leguminosarum*. Therefore, our results indicate that the trifolii biovariety of *R. leguminosarum* is dominant among those rhizobial populations nodulating both grain and forage legumes in the Northwest of Spain.

Key words: clover, rhizobia, nitrogen fixation, pasture.

INTRODUCCIÓN

Después de los cereales, las leguminosas constituyen la principal fuente de alimentación humana y animal a nivel mundial. El trébol es una de las leguminosas más abundantes en los pastizales de las regiones del Noroeste de España. Las dos especies más comunes, *Trifolium pratense* y *Trifolium repens*, son noduladas por rizobia de crecimiento rápido que hasta el año 1984 se incluían en la especie *Rhizobium trifolii*. Con la reclasificación de Jordan (1984) esta especie pasó a considerarse una biovariedad de la especie *R. leguminosarum* que engloba otras dos biovariedades, viciae y phaseoli. La biovariedad viciae se consideró endosimbionte de *Vicia*, *Pisum*, *Lens* y *Lathyrus* y la biovariedad phaseoli de *Phaseolus*. Sin embargo, de acuerdo con recientes investigaciones (Velázquez *et al.*, 2001), la biovariedad trifolii puede nodular *Phaseolus vulgaris* de un modo efectivo. Los avances en las técnicas moleculares permiten una rápida y segura identificación de

los endosimbiontes de cualquier leguminosa no sólo de diferentes especies y géneros de rhizobia, sino también de no-rhizobia como *Methylobacterium* (Sy *et al.*, 2001), *Ralstonia* (Chen *et al.*, 2001), *Burkholderia* (Moulin *et al.*, 2001), *Devosia* (Rivas *et al.*, 2002b) y *Blastobacter* (van Berkum y Eardly, 2002). Por lo tanto, el análisis de amplias poblaciones de cepas aisladas de diferentes leguminosas es fundamental para el conocimiento de las simbiosis fijadoras de nitrógeno.

El objetivo de este trabajo ha sido el análisis mediante diversas técnicas moleculares de una población amplia de rhizobia que nodulan *Trifolium pratense*, *Trifolium repens*, *Vicia sativa*, *Vicia faba*, *Lens culinaris*, *Pisum sativum*, *Lathyrus odoratus* y *Phaseolus vulgaris* en suelos de la región castellano-leonesa.

MATERIAL Y MÉTODOS

Aislamiento de las cepas

El aislamiento de las cepas se llevó a cabo a partir de nódulos jóvenes formados en raíces de *Trifolium pratense*, *Trifolium repens*, *Vicia sativa*, *Vicia faba*, *Lens culinaris*, *Pisum sativum*, *Lathyrus odoratus* y *Phaseolus vulgaris*. La lista de cepas aisladas junto a las cepas de referencia se incluye en la Tabla 1. El aislamiento se realizó de acuerdo con la técnica de Vincent sobre placas de YMA (Vincent 1970).

Tabla 1. Cepas analizadas en este estudio. *Cepas de referencia.

Cepas	Hospedador	Origen	Grupo de TP-RAPD
RTP07, MITP01, MITP02, MITP03, HETP01, HETP02, HETP04	<i>Trifolium pratense</i>	Salamanca	I
RTR01, RTR03	<i>Trifolium repens</i>	León	I
RLS01, RLS03, RL.S09, RL.S13, RL.S30	<i>Lens culinaris</i>	León	II
RPS07, RPS20, RPS22, RPS33	<i>Pisum sativum</i>	León	II
RVS01, RVS02, RVS03, RVS04	<i>Vicia sativa</i>	León	
RVF08, RVF11	<i>Vicia faba</i>	Lecó	II
RPVF18, RPVN05, RPVF21, RPVR29	<i>Phaseolus vulgaris</i>	León	II
RLO02, RLO04	<i>Lathyrus odoratus</i>	León II	
* <i>R. leguminosarum</i> bv. trifolii ATCC 14480	<i>Trifolium repens</i>		
* <i>R. leguminosarum</i> bv. viceae ATCC 10004 ^T	<i>Pisum sativum</i>	Illinois	

Obtención de perfiles de TP-RAPD

Para la obtención de los perfiles de TP-RAPD (Two Primers Random Amplified Polymorphic DNA) se partió de DNA aislado según el método de Rivas *et al.* (2002a). La amplificación de DNA se llevó a cabo mediante PCR en las siguientes condiciones: desnaturalización previa a 95° C durante 9 min, seguida de 35 ciclos de tres etapas que incluyen desnaturalización a 94° C durante 1 min, anillamiento a 50° C durante 1 min y extensión a 72° C durante 2 min, y una etapa final de extensión a 72° C durante 2 min. Para una mezcla de reacción de 25 µl se utilizaron 3 µl de DNA, 2,5 µl de buffer concentrado 10 veces (Applied Biosystems, USA), 0,25 µl de mezcla de dNTPs 20 mM (Pharmacia, Sweden), 1 µl de seroalbúmina bovina disuelta en agua al 0,1%, 6 µl de MgCl₂ 25 mM, 2 unidades de Taq polimerasa (Applied Biosystems, USA) y 7 ml de agua bidestilada estéril. A la mezcla se añadieron 2,5 ml de cada uno de los cebadores a una concentración 20 µM. El producto de la amplificación se mezcló con 10 µl de frente de carrera (40% sacarosa, 0,05% de azul de bromofenol) y la obtención de los perfiles se llevó a cabo mediante electroforesis en geles horizontales de agarosa al 1,5% a 6v/cm durante 2h. Los geles se tiñeron en una solución acuosa de bromuro de etidio al 0,001%.

Amplificación y secuenciación del gen ribosómico 16S

Se partió de DNA obtenido según se ha explicado anteriormente, utilizando los mismos reactivos y condiciones de PCR que en el caso de la obtención de perfiles de TP-RAPD con la salvedad de que los cebadores se utilizaron a una concentración 2 mM. Después de realizar la electroforesis en las mismas condiciones que en el caso anterior, pero con una concentración de agarosa al 1%, la banda correspondiente al gen ribosómico 16S se cortó directamente del gel y se purificó utilizando microtubos Ultrafree-DA (Millipore, USA). La secuenciación se llevó a cabo utilizando un secuenciador ABI377 (Applied Biosystems Inc., USA) usando el kit "BigDye terminator v3.0 cycle" en las condiciones indicadas por la casa comercial. Los primers utilizados fueron los siguientes:

- 5'-AGAGTTTGATCTGGCTCAG-3'
- 5'-CTCCTACGGGAGGCAGCAGT-3'
- 5'-CAGCAGCCGCGGTAATAC-3' 5'-
- 5'-GCCTGGGGAGTACGGCCGCA-3'
- 5'-AGTCCCGCAACGAGCGCAAC-3'
- 5'-ACTGCTGCCTCCCGTAGGAG-3'
- 5'-AAGGAGGTGATCCAACGTCCAGCA-3'

que corresponden a las posiciones 8-27, 339-358, 519-537, 849-869, 1093-1112 y 1498-1522, respectivamente, del gen ribosómico 16S de *Escherichia coli*. Las secuencias obtenidas se compararon con las depositadas en GenBank utilizando el programa BLAST (Alschul *et al.*, 1990).

Obtención de perfiles de RFLP del gen ribosómico 16S

Para la obtención de perfiles de RFLP se utilizaron las enzimas de restricción *HinfI* y *BanI*. Los productos se sometieron a electroforesis en geles horizontales de agarosa al 2% en las mismas condiciones de voltaje y tiempo previamente descritas en este trabajo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Obtención de perfiles de TP-RAPD

Las cepas aisladas se analizaron en primer lugar mediante perfiles de TP-RAPD, un procedimiento recientemente descrito, que permite obtener perfiles de DNA que diferencian entre grupos subespecíficos (Rivas *et al.*, 2002a). Los perfiles de TP-RAPD permiten agrupar a los aislados de amplias poblaciones de bacterias y seleccionar cepas para la secuenciación completa del gen ribosómico 16S. Las cepas aisladas en este estudio (Figura 1) presentaron dos perfiles diferentes de TP-RAPD independientemente del hospedador del que fueron aislados. Por tanto, se seleccionaron dos cepas (RTP07 y RVS08) representativas de cada uno de los dos grupos para la secuenciación del gen ribosómico 16S.

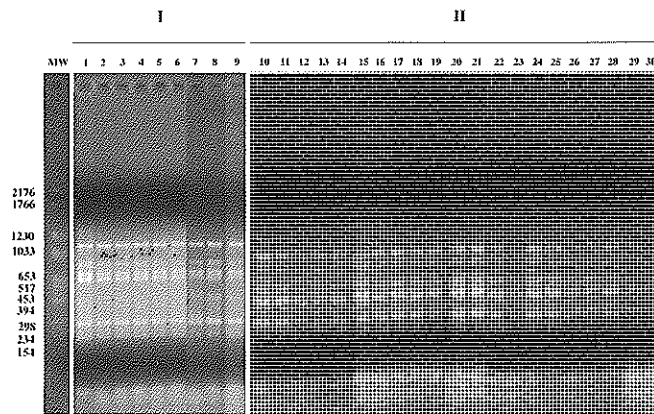


Figura 1.—Perfiles de TP-RAPD de las cepas aisladas en este estudio. Carril MW: Standard VI de Boehringer-Roche. Perfil I (carriles 1 al 9): RTP07, MITP01, MITP02, MITP03, HETP01, HETP02, HETP04, RTR01 y RTR03. Perfil II (carriles 10 al 30): RLS01, RLS03, RLS09, RLS13, RLS30, RPS07, RPS20, RPS22, RPS33, RVS01, RVS02, RVS03, RVS04, RVF08, RVF11, RPVF18, RPVN05, RPVF21, RPVR29, RLO02 y RLO04.

Amplificación y secuenciación del gen ribosómico 16S

La secuenciación completa del gen 16S permite clasificar a los aislados bacterianos a nivel de género, ofreciendo además una aproximación a la especie, que es más o menos fiable dependiendo de los porcentajes de similitud obtenidos. Así, cuando la similitud entre las secuencias de dos cepas bacterianas es aproximadamente del 100% ambas pertenecen con una probabilidad muy alta a la misma especie. Los resultados obtenidos mostraron que las secuencias de las cepas RTP07 (grupo I de TP-RAPD) y RVS08 (grupo II de TP-RAPD) presentaban una similitud del 100% entre sí y con respecto a la cepa de referencia de *R. leguminosarum* bv. trifolii ATCC 14480. Aunque estos resultados indican que las cepas de este estudio pertenecen a la biovariedad trifolii de la especie *R. leguminosarum*, debido a la proximidad filogenética entre las biovariedades vicia y trifolii (99,3% de similitud en las secuencias del gen 16S), se procedió a analizar todas ellas mediante RFLP utilizando dos enzimas de restricción, *Hinf* I y *Ban* II que permiten distinguir las dos biovariedades.

Obtención de perfiles de RFLP del gen ribosómico 16S

Los perfiles de RFLP permiten la diferenciación entre especies del mismo género dentro de la familia *Rhizobiaceae* (Laguerre *et al.*, 1994; Laguerre *et al.*, 1996). Existen dos enzimas de restricción, *Hinf* I y *Ban* II, que permiten diferenciar las cepas *R. leguminosarum* bv. trifolii ATCC14480 y *R. leguminosarum* bv. viciae ATCC 10004^T. Teniendo esto en cuenta se amplificaron los genes ribosómicos 16S de todas las cepas del

estudio y el producto de la amplificación se trató con las dos enzimas. De acuerdo con los resultados obtenidos con ambos enzimas (Figura 2), todas las cepas aisladas, independientemente del grupo de TP-RAPD al que pertenecen, presentaron los mismos perfiles de restricción para cada uno de los dos enzimas utilizados que la cepa *R. leguminosarum* bv. trifolii ATCC 14480, que fueron claramente diferentes a los presentados por la cepa *R. leguminosarum* bv. viciae ATCC 10004^T.

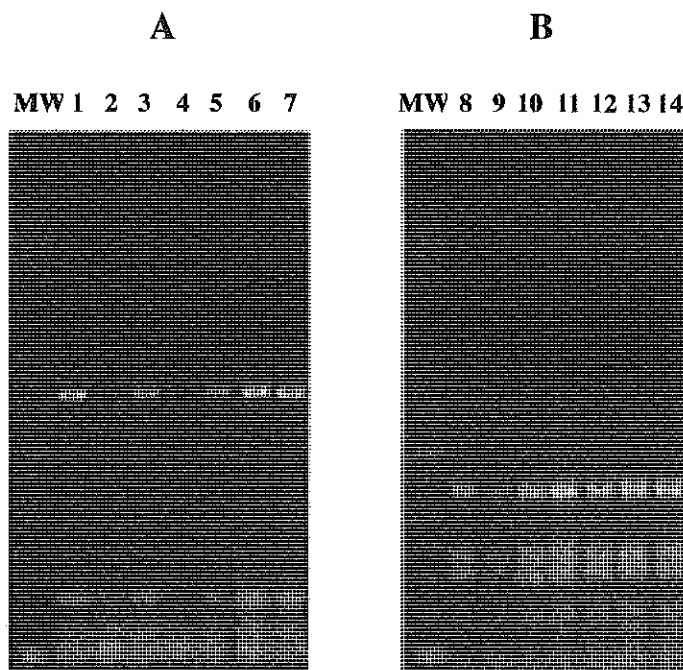


Figura 2.—Perfiles de RFLP del gen ribosómico 16S utilizando los enzimas *Hinf* I (A) y *Ban* II (B). Carril MW: Patrón de 100 pb de Amersham. Carril 1 y 8: perfil representativo de las cepas aisladas a partir de nódulos de *Trifolium*. Carril 2 y 9: perfil representativo de las cepas aisladas a partir de nódulos de *Lathyrus*. Carril 3 y 10: perfil representativo de las cepas aisladas a partir de nódulos de *Lens*. Carril 4 y 11: perfil representativo de las cepas aisladas a partir de nódulos de *Vicia*. Carril 5 y 12: perfil representativo de las cepas aisladas a partir de nódulos de *Pisum*. Carril 6 y 13: perfil representativo de las cepas aisladas a partir de nódulos de *Phaseolus*. Carril 7 y 14: perfil de la cepa *R. leguminosarum* biovar trifolii ATCC 14480.

CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados de este trabajo, las cepas que nodulan mayoritariamente las leguminosas del grupo de inoculación cruzada de *Rhizobium leguminosarum* en los suelos de la zona Noroeste de Castilla y León pertenecen a la biovariedad trifolii de esta especie. Estos resultados tienen una gran importancia a la hora de diseñar inoculantes microbianos multifuncionales, ya que una misma biovariedad puede nodular eficazmente a las leguminosas de mayor interés en alimentación humana y animal, si exceptuamos el garbanzo que no es nodulado por bacterias del género *Rhizobium*.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALSCHUL, S.F.; GISH, W.; MILLER, W.; MYERS, E.W.; LIPMAN, D.J. 1990. Basic local alignment search tool. *Journal of Molecular Biology*, 215, 403-410.
- CHEN, W. M.; LAEVENS, S.; LEE, T. M.; COENYE, T.; DE VOS, P.; MERGEAY, M.; VANDAMME, P. 2001. *Ralstonia taiwanensis* sp. nov. isolated from root nodules of *Mimosa* species and sputum of a cystic fibrosis patient. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 51, 1729-1735.
- JORDAN, D.C. 1984. Family III. Rhizobiaceae. En: *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology*, 234-242. Ed./Co. N.R. Krieg y J.G. Holt, J. G. The Williams & Wilkins Co. Baltimore (Madisson, USA).
- LAGUERRE, G.; ALLARD, M.R.; REVOY, F.; AMARGUER, N. 1994. Rapid identification of *rhizobia* by restriction fragment length polymorphism analysis of PCR-amplified 16S rRNA genes. *Applied Environmental Microbiology*, 60, 56-63.
- LAGUERRE, G.; MAVINGUI, P.; ALLARD, M.R.; CHARVAY, M.P.; LOUVRIER, P.; MAZURIER, S.I., RIGOTTIER-GOIS, R.; AMARGUER, N. 1996. Typing of rhizobia by PCR DNA fingerprinting and PCR- Restriction Fragment Length Polymorphism analysis of chromosomal and symbiotic gene regions: application to *Rhizobium leguminosarum* and its different biovars. *Applied Environmental Microbiology*, 62, 2029-2036.
- MOULIN, L.; MUNIVE, A.; DREYFUS, B.; BOVIN-MASSON, C. 2001. Nodulation of legumes by members of b-subclass of Proteobacteria. *Nature*, 411, 948-950.
- RIVAS, R.; VELÁZQUEZ, E.; PALOMO, J.L.; MATEOS, P.; GARCÍA-BENAVIDES, P.; MARTÍNEZ-MOLINA, E. 2002a. Rapid identification of *Clavibacter michiganensis* subspecies *sepedonicus* using two primers random amplified polymorphic DNA (TP-RAPD) fingerprints. *European Journal of Plant Pathology*, 108, 179-184.
- RIVAS, R.; VELÁZQUEZ, E.; WILLEMS A.; VIZCAÍNO N.; SUBBA-RAO N. S.; MATEOS P. F.; GILLIS M.; DAZZO F. B.; MARTÍNEZ-MOLINA E. 2002b. A new species of *Devosia* that forms a nitrogen-fixing root-nodule symbiosis with the aquatic legume *Neptunia natans* (L. f.) Druce. *Applied Environmental Microbiology*, 68, 5217-5222.
- SY, A.; GIRAUD, E.; JOURAND, P.; GARCÍA, N.; WILLEMS, A.; DE LAJUDIE, P.; PRIN, Y.; NEYRA, M.; GILLIS, M.; BOVIN-MASSON, C.; DREYFUS, B. 2001. Methylophilic *Methylobacterium* bacteria nodulate and fix nitrogen in symbiosis with legumes. *Journal Bacteriology*, 183, 214-220.
- VAN BERKUM, P.; EARDLY, B. 2002. The aquatic budding bacterium *Blastobacter denitrificans* is a nitrogen-fixing symbiont of *Aechynomene indica*. *Applied and Environmental Microbiology*, 68, 1132-1136.
- VELÁZQUEZ, E.; MARTÍNEZ-ROMERO, E.; RODRÍGUEZ-NAVARRO, D.N.; TRUJILLO, M.E.; DAZA, A.; MATEOS, P.F.; MARTÍNEZ-MOLINA, E.; VAN BERKUM, P. 2001. Characterization of rhizobial isolates of *Phaseolus vulgaris* by Staircase Electrophoresis of Low Molecular Weight RNA. *Applied Environmental Microbiology*, 67, 1008-1010.
- VINCENT, J.M. 1970. The cultivation, isolation and maintenance of rhizobia. En: *A Manual for the Practical Study of Root-Nodule*, 1-13. Ed./Co. J.M. VINCENT. Blackwell Scientific Publications. Oxford (United Kingdom).

Hongos asociados a gramíneas silvestres de pastos naturales

S. SÁNCHEZ MÁRQUEZ¹, G.F. BILLS², B. GARCÍA CRIADO¹ e I. ZABALGOGEAZCOA¹

¹Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología. CSIC, Salamanca. ²Centro de Investigación Básica de España. Merck, Sharp & Dohme. Madrid.

RESUMEN: El objetivo de este estudio es la identificación de especies de hongos asociados a gramíneas en pastos naturales de Salamanca. De trece especies de gramíneas se han obtenido aislados pertenecientes a 26 taxones, además de numerosos aislados estériles. Se han identificado patógenos de plantas como *Fusarium culmorum*, *Cochliobolus* spp., *Drechslera* spp., *Phaeosphaeria nodorum*, *Gaeumannomyces graminis*, *Colletotrichum falcatum*, *Ustilago cynodontis*, *Leptosphaerulina* spp., *Epichloë baconii* o *Epichloë typhina*; patógenos de insectos como *Cordyceps* spp., *Verticillium lecanii* y *Metarrhizium anisopliae*; también se han identificado varias especies potencialmente productoras de micotoxinas y sustancias antimicrobianas: *Epichloë festucae*, *Neotyphodium coenophialum*, *Fusarium culmorum*, *Penicillium* spp., *Aspergillus* spp. y *Acremonium* spp. Exceptuando los aislados de *Epichloë*, las demás especies han sido obtenidas a partir de unas 25 plantas, lo cual indica que la diversidad de hongos existente en estos ecosistemas puede ser enorme.

Palabras clave: endofitos, patógenos, micotoxinas.

Fungi associated with wild grasses in natural pastures of western Spain

SUMMARY: Fungi were isolated from plants belonging to 13 grass species from natural pastures in Salamanca. Fungi belonging to 26 taxa were identified. In addition, 102 non-sporulating isolates were also observed. Among the species identified are plant pathogens (*Fusarium culmorum*, *Cochliobolus* spp., *Drechslera* spp., *Phaeosphaeria nodorum*, *Gaeumannomyces graminis*, *Colletotrichum falcatum*, *Ustilago cynodontis*, *Leptosphaerulina* spp., *Epichloë baconii*, *Epichloë typhina*) and insect pathogens (*Cordyceps* spp., *Verticillium lecanii*, *Metarrhizium anisopliae*). Some of these fungi are known to produce of mycotoxins and antimicrobial substances (*Epichloë festucae*, *Neotyphodium coenophialum*, *Fusarium culmorum*, *Penicillium* spp., *Aspergillus* spp., *Acremonium* spp.). Excluding the *Epichloë* and *Neotyphodium* isolates, all others were obtained from a total of less than 25 plants. Information on distribution of fungi on pasture grasses in the Iberian Peninsula is sparse; this preliminary data suggests that the species richness of fungi from grasses of natural pastures may be very high.

Key words: endophytes, pathogen, mycotoxin.

INTRODUCCIÓN

Las dehesas son ecosistemas permanentes de zonas semiáridas cuyos pastos están formados mayoritariamente por gramíneas. Algunos aspectos de estos ecosistemas han sido estudiados en detalle, principalmente los relacionados con los pastos y el arbolado y su relación con la producción animal; sin embargo, exceptuando algunos trabajos sobre endofitos pertenecientes a los géneros *Epichloë* y *Neotyphodium* (Oliveira *et al.*, 1997; Zabalgozcoa *et al.*, 2003), el papel de los hongos en los pastos naturales ha recibido escasa atención en España.

En los pastos naturales los hongos desempeñan un papel importante y desarrollan múltiples funciones: intervienen en los procesos de descomposición de seres vivos, forman relaciones mutualistas con plantas, o pueden ser patógenos. Además, los hongos asociados a plantas silvestres representan una fuente de recursos para la búsqueda de posibles agentes de control biológico de patógenos y plagas de plantas, o de productos farmacológicos como sustancias antimicrobianas. Por lo tanto, el estudio de los hongos asociados a plantas en pastos naturales puede proporcionar información valiosa, directamente aplicable a áreas de conocimiento como la ecología y mejora de pastos, la fitopatología de cultivos, o la farmacología. También supone un valor añadido, hasta ahora prácticamente desconocido, para los sistemas de producción animal con pastos naturales.

En las dehesas, es común que más de la mitad de la biomasa del pasto esté compuesta de especies de la familia *Poaceae* (García Criado *et al.*, 1994). El objetivo de este trabajo es identificar hongos asociados a

gramíneas silvestres de pastos naturales de la zona de Salamanca. En este trabajo presentamos los resultados obtenidos en los primeros meses de funcionamiento de este proyecto.

MATERIAL Y MÉTODOS

Muestreo de plantas

La recogida de gramíneas se realizó en 12 localidades de la provincia de Salamanca, una de Zamora y una de Ávila. Siempre que fue posible debido al buen estado de las plantas, éstas fueron transplantadas en macetas. Exceptuando la mayoría de las plantas infectadas por endofitos de los géneros *Epichloë* y *Neotyphodium*, que han sido recolectadas a lo largo de los últimos cinco años, las otras muestras se recogieron en los meses de Junio, Julio, Octubre, y Diciembre de 2003.

Aislamiento de hongos

El aislamiento de hongos, a partir de fragmentos de plantas asintomáticas o de tejidos con lesiones, se llevó a cabo en placas Petri con agar de patata y dextrosa (PDA), una vez hecha la desinfección superficial del material vegetal con una solución de lejía al 20% (Bacon y White, 1994). Las placas fueron incubadas en la oscuridad a temperatura ambiente y según fueron emergiendo hongos de los fragmentos de plantas, estos aislados fueron transferidos a placas de PDA.

El medio utilizado para hacer los aislamientos primarios fue PDA. Los aislados en los que no se indujo esporulación en PDA fueron plaqueados en otros 3 medios de cultivo: agar de agua (WA) al 3%, agar extracto de malta (MEA), y agar de agua al 3%, suplementado con hojas de *Lolium perenne* autoclavadas. A todos estos medios se añadió cloranfenicol (200mg/l).

Identificación de hongos

Las cepas aisladas fueron identificadas mediante la observación microscópica de sus caracteres morfológicos, y en algunos casos por secuenciación de la región ITS 1/5.8SrRNA/ITS 2 del DNA ribosómico. Para la extracción de DNA se utilizó el kit REDExtract-N-Amp Plant PCR (Sigma), incluyéndose una modificación: antes de preparar las reacciones de PCR, se realizó una limpieza adicional del ADN con fenol, seguida de una extracción con cloroformo. La amplificación por PCR del DNA ribosómico se llevó a cabo con los cebadores ITS4 e ITS5 (White *et al.*, 1990) y el producto de PCR fue secuenciado utilizando los mismos oligonucleótidos. Con ayuda del programa FASTA se buscaron secuencias homólogas a las obtenidas para cada muestra en la base de datos de secuencias nucleotídicas del European Molecular Biology Laboratory.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las especies de hongos identificados en gramíneas aparecen en la Tabla 1. Los resultados presentados están basados en análisis de muestras pertenecientes a 13 especies de gramíneas. También se ha obtenido un número substancial de aislados a partir de 12 gramíneas que no ha sido posible identificar, al no estar espigadas en el momento de la recolección. La mayoría de estas plantas fueron transplantadas a tiestos y en un futuro será posible identificarlas.

Respecto a los aislados de hongos obtenidos, se han identificado 29 taxones distintos. Estas especies fueron identificadas en base a caracteres morfológicos y en algunos casos con la ayuda adicional de secuencias nucleotídicas de la región ITS 1/5.8SrRNA/ITS 2. Solo tres especies cuyo micelio no esporuló en ningún medio de cultivo fueron identificadas en base a su secuencia nucleotídica (*Phaeosphaeria nodorum*, *Gaeumannomyces graminis* y *Cordyceps* spp.). Se han obtenido otros 102 aislados que no esporulan en ninguno de los medios de cultivo utilizados y por lo tanto aun no ha sido posible identificarlos.

Se han identificado varios patógenos importantes de gramíneas como *Fusarium culmorum*, *Cochliobolus* spp., *Drechslera* spp., *Phaeosphaeria nodorum*, *Gaeumannomyces graminis*, *Colletotrichum falcatum*, *Ustilago cynodontis*, *Leptosphaerulina* spp., *Epichloë baconii* o *Epichloë typhina*. Algunos de estos hongos (*F.*

Tabla 1. Gramíneas hospedadoras, sintomatología observada y número de cepas aisladas.

HOSPEDADOR	SÍNTOMAS	HONGO	AISLADOS OBTENIDOS
<i>Agrostis castellana</i>	Estromas cilíndricos en tallo	<i>Epichloë baconii</i> *	2
<i>Alopecurus arundinaceus</i>	Estromas cilíndricos en tallo	<i>Epichloë</i> spp.	1
<i>Alopecurus</i> spp.	Planta asintomática	Micelio estéril	1
<i>Brachypodium phoenicoides</i>	Estromas cilíndricos en tallo	<i>Epichloë typhina</i> *	1
	Lesiones en hojas	<i>Epicoccum nigrum</i> *	1
		<i>Alternaria</i> spp.	1
		Micelio estéril	1
		<i>Cochliobolus</i> spp. *	1
<i>Brachypodium sylvaticum</i>	Planta asintomática	<i>Epichloë</i> spp.	1
<i>Cynodon dactylon</i>	Planta asintomática	<i>Fusarium culmorum</i> *	4
		<i>Alternaria</i> spp.	3
		<i>Metarrhizium anisopliae</i>	1
		<i>Acremonium</i> spp.	1
	Lesiones en hojas	<i>Cochliobolus</i> spp. *	1
		<i>Leptosphaerulina</i> spp. *	1
		<i>Ustilago cynodontis</i> *	1
		Micelio estéril	1
<i>Dactylis glomerata</i>	Planta asintomática	<i>Cladosporium</i> spp.	2
		<i>Alternaria</i> spp.	2
		<i>Acremonium</i> spp.	1
		<i>Ulocladium</i> spp.	1
		<i>Nigrospora</i> spp.	1
		Micelio estéril	7
		<i>Cordyceps</i> spp. *	1
	Estromas cilíndricos en tallo	<i>Epichloë typhina</i> *	11
	Lesiones en hojas	<i>Alternaria</i> spp.	1
		Micelio estéril	4
		<i>Epicoccum</i> spp.	2
		<i>Cladosporium</i> spp.	3
		<i>Colletotrichum falcatum</i>	1
<i>Festuca ampla</i>	Planta asintomática	<i>Epichloë festucae</i> *	1
	Estromas cilíndricos en tallo	<i>Epichloë festucae</i> *	1
<i>Festuca arundinacea</i>	Planta asintomática	<i>Neotyphodium coenophialum</i>	13
	Lesiones en hojas	<i>Cladosporium</i> spp.	2
		Micelio estéril	27
		<i>Aspergillus terreus</i>	1
		<i>Acremonium</i> spp.	1
		<i>Epicoccum</i> spp.	3
<i>Festuca ovina</i>	Planta asintomática	<i>Epichloë festucae</i> *	2
<i>Festuca rubra</i> subsp. <i>rubra</i>	Planta asintomática	<i>Epichloë festucae</i> *	120
		Micelio estéril	3
		<i>Comiothryrium</i> spp. *	1
		<i>Phaeosporia nodorum</i> *	1
	Estromas cilíndricos en tallo	<i>Epichloë festucae</i> *	9
<i>Holcus lanatus</i>	Estromas cilíndricos en tallo	<i>Epichloë clarkii</i> *	2
<i>Lolium perenne</i>	Planta asintomática	<i>Epichloë typhina</i> *	5
		<i>Epichloë festucae</i> *	2
		<i>Neotyphodium</i> spp. *	16
		<i>Verticillium lecanii</i> *	1
	Estromas cilíndricos en tallo	<i>Epichloë typhina</i> *	13
		<i>Cladosporium</i> spp.	1
		Micelio estéril	6
Gramínea sin identificar ¹	Planta asintomática	<i>Alternaria</i> spp.	2
		<i>Acremonium</i> spp.	2
		<i>Fusarium culmorum</i> *	1
		Micelio estéril	4
Gramínea sin identificar ¹	Planta asintomática	<i>Alternaria</i> spp.	2
		Micelio estéril	3
Gramínea sin identificar ¹	Planta asintomática	<i>Dreschlera</i> spp.	1
		<i>Alternaria</i> spp.	2
		<i>Ulocladium</i> spp.	1
Gramínea sin identificar ¹	Planta asintomática	<i>Acremonium</i> spp.	1
		<i>Penicillium</i> spp.	1
		Micelio estéril	4
Gramínea sin identificar ¹	Planta asintomática	<i>Gaeumannomyces graminis</i> *	2
Gramínea sin identificar ¹	Lesiones en hojas	<i>Alternaria</i> spp.	1
		<i>Cladosporium</i> spp.	1
		Micelio estéril	1
Gramínea sin identificar ¹	Lesiones en hojas	<i>Cladosporium</i> spp.	3
		<i>Epicoccum</i> spp.	1
		Micelio estéril	4
Gramínea sin identificar ¹	Lesiones en hojas	<i>Cladosporium</i> spp.	1
		Micelio estéril	5
Gramínea sin identificar ¹	Lesiones en hojas	Micelio estéril	4
Gramínea sin identificar ¹	Lesiones en hojas	<i>Cladosporium</i> spp.	1
		Micelio estéril	8
Gramínea sin identificar ¹	Lesiones en hojas	Micelio estéril	4
Gramínea sin identificar ¹	Lesiones en hojas	Micelio estéril	4
Gramínea sin identificar ¹	Lesiones en hojas	Micelio estéril	2
Gramínea sin identificar ¹	Lesiones en hojas	Micelio estéril	4

¹ Gramíneas recogidas en época en que no están espigadas, no pudiendo ser identificadas hasta la fecha.

* Taxones de hongos identificados mediante secuenciación de las regiones ITS 1 e ITS 2.

culmorum, *G. graminis*, *Drechslera*) han sido aislados de plantas asintomáticas. Las especies silvestres que albergan a estos patógenos podrían actuar como hospedadores alternativos asintomáticos donde se produce inóculo primario capaz de infectar cultivos cercanos, como cereales susceptibles.

También se han identificado especies potencialmente productoras de micotoxinas y productos antimicrobianos como *Epichloë festucae*, *Neotyphodium coenophialum*, *Fusarium culmorum*, *Penicillium* spp., *Aspergillus* spp. y *Acremonium* spp.; así como varias especies de patógenos de insectos: *Cordyceps* spp., *Verticillium lecanii* y *Metarrhizium anisopliae*.

Por último, de casi todas las gramíneas analizadas se obtuvo un número muy elevado de aislados pertenecientes a géneros cosmopolitas como *Cladosporium*, *Alternaria*, o *Epicoccum*.

Debido a la técnica de esterilización superficial utilizada para procesar las muestras de plantas, es posible considerar como endofíticos a la mayoría de los aislados obtenidos. También cabe suponer que otras especies adicionales hubiesen podido ser aisladas si se hubiesen utilizado métodos de limpieza superficial menos agresivos.

Si se exceptúan los aislados de *Neotyphodium* y *Epichloë*, que fueron obtenidos en muestreos específicamente dirigidos a la obtención de estas especies (Zabalgogezcoa *et al.*, 2003), resulta que el resto de los aislados se han obtenido a partir de menos de 25 plantas. En vista del interés de las especies fúngicas identificadas, este reducido número de plantas utilizadas da una idea del enorme potencial, tanto para investigación básica como aplicada, que encierra el estudio de los hongos asociados a gramíneas silvestres en pastos naturales.

CONCLUSIONES

A partir de un reducido número de muestras de gramíneas pertenecientes a 13 especies, se han podido identificar hongos pertenecientes a 26 distintos grupos taxonómicos. Sin embargo, una fracción importante de los aislados obtenidos son de especies que no esporulan en cuatro medios de cultivo distintos.

Entre las especies identificadas hay patógenos de plantas (*Fusarium culmorum*, *Cochliobolus* spp., *Drechslera* spp., *Phaeosphaeria nodorum*, *Gaeumannomyces graminis*, *Colletotrichum falcatum*, *Ustilago cynodontis*, *Leptosphaerulina* spp., *Epichloë baconii*, *Epichloë typhina*) y de insectos (*Cordyceps* spp., *Verticillium lecanii*, *Metarrhizium anisopliae*), así como especies potencialmente productoras de micotoxinas y sustancias antimicrobianas (*Epichloë festucae*, *Neotyphodium coenophialum*, *Fusarium culmorum*, *Penicillium* spp., *Aspergillus* spp. y *Acremonium* spp.).

Estos resultados preliminares están basados en análisis de un número bastante reducido de plantas, y sugieren que el número de especies fúngicas asociadas a gramíneas es muy elevado. En vista de la importancia que tienen algunas de estas especies para el hombre, debido a sus características y actividades que desempeñan, el estudio de los hongos asociados a gramíneas en pastos naturales parece encerrar un alto potencial científico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BACON C.W., WHITE J.F. 1994. Stains, media and procedures for analysing endophytes. In: *Biotechnology of endophytic fungi grasses*. (eds. Bacon CW, White JF), pp 47-56. CRC Press Boca Raton.
- GARCÍA CRIADO, B., GARCÍA CIUDAD, A., RUANO RAMOS, A., PÉREZ CORONA, E., VÁZQUEZ DE ALDANA, B.R., 1994. Producción de pastos semiáridos: variaciones interanuales. *Actas de la XXXIV Reunión de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos*.
- OLIVEIRA J.M., CASTRO V. 1997. Incidence and viability of *Acremonium* endophytes in tall fescue accessions from North Spain. *Genetic Resources and Crop Evolution* 44:519-522.
- WHITE T.M., BRUNS T., LEE S., TAYLOR J., 1990. Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA for phylogenetics. En *PCR protocols: a guide to methods and applications*, 315-321. Ed/Co. M.A. INNIS, D.H. GELFAND, J.J. SNINSKY, T.J. WHITE. Academic Press. San Diego. EE.UU.
- ZABALGOGEZCOA I., VÁZQUEZ DE ALDANA B.R., GARCÍA CIUDAD A., GARCÍA CRIADO B., 2003. Fungal endophytes in grasses from semi-arid permanent grasslands of western Spain. *Grass and Forage Science*, 58, 94-97.

Estudio de la infección vírica presente en el hongo endofítico *Epichloë festucae* en poblaciones naturales de *Festuca rubra*

M. ROMO VAQUERO¹, A. LEUCHTMAN², B. GARCÍA CRIADO¹ Y I. ZABALGOGEAZCOA¹

¹Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Salamanca, CSIC, Cordel de Merinas 40-52, 37008 Salamanca (España). ²Geobotanisches Institut ETH, Zollikerstrasse 107, CH-8008 Zürich (Suiza).

RESUMEN: En este trabajo se ha estudiado la presencia de micovirus en poblaciones naturales del hongo endofítico *Epichloë festucae*, en plantas asintomáticas de *Festuca rubra* en pastos de dehesa. Las plantas que están infectadas por endofitos contienen alcaloides que son tóxicos para herbívoros, lo que puede representar un problema en los pastos destinados al consumo animal. En estos ecosistemas, considerados como centro de diversidad genética de *Festuca rubra*, se ha encontrado que hasta el 70% de estas plantas están infectadas por *E. festucae*. También se ha analizado la presencia de dos virus Efv-1 y Efv-2, la frecuencia con la que aparecen y la manera en que se transmiten dentro de las poblaciones naturales de *E. festucae*. Esto ha permitido detectar la presencia de diferentes linajes dentro de una misma población de *E. festucae*, determinándose además la presencia de micovirus.

Los beneficios que la planta consigue con la infección endofítica, junto con el que el virus puede proporcionar al endofito, generan suficiente interés para realizar estudios que permitan conocer la relación virus-endofito-planta.

Palabras clave: gramíneas, virus de dsRNA, cruzamientos, endofitos.

Double-strand virus in fungal endophyte Epichloë festucae in natural populations of Festuca rubra

SUMMARY: The presence of mycoviruses in natural populations of the endophytic fungus *Epichloë festucae* has been analyzed in asymptomatic plants of *Festuca rubra*, in pasture lands. These infections represent a problem in animal grazing pastures. In these ecosystems, which are considered a center of genetic diversity of *Festuca rubra*, it has been found that up to 70% of plants were infected by the endophyte *E. festucae*.

On the other hand, it has been investigated the existence of two viruses: Efv-1 and Efv-2, their frequency of appearance, and the way they are transmitted in native populations of *E. festucae*.

This has allowed to discover the presence of different lineages in a population of *E. festucae*, where the presence of the mycoviruses had been detected.

The advantages the plant may get with the endophytic infection, together with the benefits the virus may give to the endophyte have got enough interest to achieve an investigation with a view to using the relation virus-endophyte-plant intending to improve grass.

Key words: Pastures, endophyte, dsRNA viruses.

INTRODUCCIÓN

Las dehesas son unos ecosistemas característicos que están localizados fundamentalmente en el occidente peninsular, y donde han sido identificadas diversas especies de gramíneas asociadas a hongos endofíticos, entre las que se encuentra *Festuca rubra* (Zabalgoeazcoa *et al.*, 2003). De las especies de gramíneas que están presentes en estos ecosistemas únicamente 12 de 48 especies analizadas están infectadas por hongos endofíticos pertenecientes en su mayoría, al género *Epichloë* o a sus parientes asexuales del género *Neotyphodium*. En poblaciones de *Festuca rubra* se ha observado una tasa de infección endofítica próxima al 70% de las plantas (Zabalgoeazcoa *et al.*, 1999); a pesar de esta elevada tasa, las plantas hospedadoras infectadas no muestran ningún síntoma externo, excepto en alguna ocasión en la que como consecuencia de la infección se puede impedir el desarrollo de la inflorescencia. *E. festucae* se caracteriza por una producción de alcaloides tóxicos, anti-insectos y anti-vertebrados, por proporcionar un aumento en la supervivencia de la planta en situaciones de estrés abiótico, tales como la sequía y altas concentraciones de aluminio en el

suelo, y por la mejora de la adquisición de nutrientes por parte de la planta. *E. festucae* presenta además un ciclo de vida con dos tipos de reproducción: sexual y asexual. La reproducción asexual le permite asegurar su transmisión vertical a través de las semillas de la planta, manteniendo así el mismo genotipo del endofito presente en la planta madre y distribuyéndose de una forma clonal. En un determinado momento de su ciclo vital puede producirse la formación de un estroma cilíndrico que provoca el estrangulamiento de la espiga evitando así su desarrollo; puede que en un momento dado éste estroma llegue a ser fertilizado por un conidio perteneciente a un individuo compatible para el cruzamiento. La manifestación de estos síntomas se corresponde con el periodo de reproducción sexual del hongo. Sin embargo, este hecho es extremadamente raro en ecosistemas naturales (Zabalgogea *et al.*, 1999).

Al igual que *F. rubra* está infectada por *E. festucae*, éste último a su vez se encuentra infectado por dos micovirus diferentes Efv-1 y Efv-2. Ambos virus presentan un genoma constituido por RNA de doble cadena (dsRNA), cuyo tamaño fue determinado en 5.2 y 3.2 kb respectivamente, siendo ambas características semejantes a las de micovirus. Pero en el caso concreto del virus Efv-1, las peculiaridades de su encapsidación en partículas esféricas de unos 50 nm, y con un genoma de 5.2 kb, son similares a aquellas que presentan los micovirus de la familia *Totiviridae*. Sin embargo, en función de sus características, Efv-2 quedaría clasificado en una familia diferente (Zabalgogea *et al.*, 1998). La presencia de virus de dsRNA ha sido descrita para diversos hongos patógenos de plantas, y suelen estar asociados con infecciones latentes en sus hospedadores. Su forma de transmisión es intercelular y se puede producir durante la división celular, la esporogénesis y la fusión celular (Ghabrial, 1998).

Los objetivos de este trabajo son la determinación de la frecuencia de infección vírica que existe en poblaciones naturales del hongo endofítico *E. festucae*, y la determinación de la forma en que los virus son transmitidos dentro de estas poblaciones de hongos.

MATERIALES Y MÉTODOS

En dehesas de diferentes localidades de la provincia de Salamanca fueron recogidas plantas asintomáticas de *F. rubra*. En las dos poblaciones de estudio (Palancar y Servández, separadas por una distancia lineal de unos 41 km) se recogieron un total de 33 plantas en la primera localidad, y 40 en la segunda, guardándose una distancia mínima de 10 metros entre cada par de plantas. Los hongos fueron aislados a partir de fragmentos de tallo y vaina foliar de las plantas (Bacon y White, 1994). Únicamente fue tomado micelio emergido de una sola pieza de estos fragmentos para evitar muestrear más de un genotipo dentro de la misma planta. Estos hongos aislados en cultivos puros fueron identificados como *E. festucae* en función de sus características morfológicas (White y Morgan Jones, 1987).

Cada uno de los aislados endofíticos obtenidos fue sometido a un análisis para la detección de los virus Efv-1 y Efv-2; para ello, se realizó la purificación de dsRNA, por medio de cromatografía en celulosa CF-11 (Morris, 1983), a partir del micelio de los distintos aislados, realizándose dos extracciones independientes de cada uno de ellos.

A partir de uno de estos aislados en los que se detectó la presencia de virus se obtuvieron 42 aislados monoespóricos; todos ellos fueron analizados para determinar la presencia de dsRNA con el fin de comprobar la transmisión vírica a través de los conidios.

Por otro lado, para comprobar si la transmisión del virus puede realizarse por medio de la reproducción sexual del endofito, a través de sus ascosporas, se realizaron distintos cruces entre plantas de *F. rubra* con estroma y carentes de virus, y micelio de distintos aislados en los cuales están presentes cada uno de los virus de forma independiente o de forma conjunta. Para ello se fertilizaron estromas con cultivos infectados por virus. Después de dos o tres semanas el cambio de color de los estromas fue indicativo de la maduración del peritecio. De los peritecios pertenecientes a los cruzamientos exitosos se obtuvieron ascosporas que fueron plaqueadas en agar con extracto de malta (Leuchtman *et al.*, 1994). El micelio resultante fue de nuevo analizado para comprobar la presencia de virus de dsRNA.

Por último, en una población de *E. festucae* que ya había sido analizada con marcadores moleculares generados por polimorfismos en la longitud de fragmentos amplificados (AFLP), se determinó la distancia genética, generándose un dendrograma por UPGMA, y analizándose todos los aislados para determinar la presencia de virus (Arroyo García *et al.*, 2001)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este estudio las poblaciones muestreadas (Servández y Palancar) resultaron estar infectadas por *E. festucae* en un 67,5% (n=40) y un 78,8% (n=33), respectivamente.

Como resultado del análisis de la presencia de virus en aislados de ambas poblaciones, se observó que un 66,7% de los aislados de Servández, y un 84,6% de Palancar presentan infección vírica. Hay que indicar que esta infección vírica puede ser producida por Efv-1 y Efv-2 de forma independiente o por su presencia conjunta; su distribución dentro de cada población de *E. festucae* es mostrada en la Figura 1; nótese que sólo un aislado de las dos poblaciones está infectado con Efv-1.

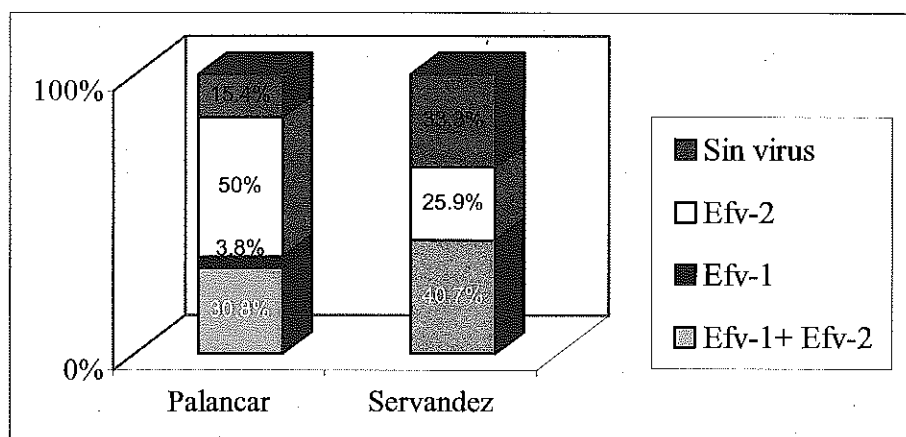


Figura 1.—Incidencia de la infección vírica en poblaciones de *Epichloë festucae*.

La presencia de la infección vírica fue también confirmada en varios aislados de otras poblaciones de *F. rubra* pertenecientes igualmente a pastos naturales de dehesa, lo que implica que este hecho es común al menos en las zonas de dehesas.

La transmisión intercelular por medio de fusión de hifas a otros individuos no infectados es característica de los virus de hongos. Al estudiar si el virus puede ser transmitido de una forma alternativa se comprobó que los 42 aislados monoespóricos -obtenidos a partir de un único aislado de *E. festucae* infectado con uno de los virus- conservaban todos ellos el virus.

Al analizar la presencia de dsRNA en aislados de *E. festucae*, cuyas distancias genéticas habían sido previamente estimadas con marcadores moleculares AFLP (Arroyo García *et al.*, 2002), se puede ver la distribución de los aislados endofíticos en distintos linajes dentro de la población natural de *F. rubra* (Figura 2), donde se observa la aparición de agrupamientos que indican claramente el origen clonal de *E. festucae*. De manera adicional, se constata que en estas agrupaciones se presenta el mismo tipo de infección viral, como consecuencia de la transmisión y persistencia de este linaje clonal de *E. festucae*.

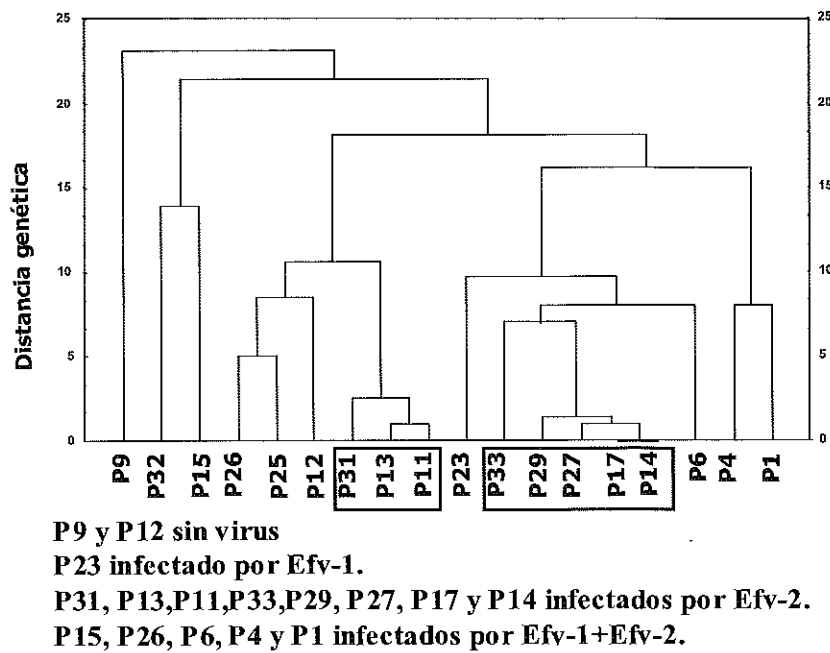


Figura 2.—Dendrograma de la distribución de *E. festucae* en la población de *Festuca rubra* (Palancar) y presencia o ausencia de cada uno de los virus en dicha población.

Ante la posibilidad de que los virus pudieran ser transmitidos en la reproducción sexual por medio de las ascosporas, se realizaron cruces entre variedades con y sin virus (Tabla 1). En ninguno de los aislados derivados de ascosporas, obtenidas de estos cruces, fue detectada la presencia de virus, lo que implica que existe una barrera que impide el paso del virus a la nueva generación. Sin embargo, el cruzamiento recíproco entre estroma con virus y conidios sin virus, como una posibilidad alternativa no ha sido realizado. A la vista de los resultados obtenidos, junto con el desconocimiento de un vector natural de estos virus, se pone de manifiesto que la forma de transmisión a otras variedades no infectadas debe de producirse de una manera intercelular (anastomosis).

Tabla 1. Test de transmisión sexual de virus de dsRNA presentes en *Epichloë festucae*.

Variedades a cruzar	Forma presente	Tipo de virus presente	Cruzamiento realizado	Número de descendientes	Presencia de virus en los descendientes
2210	estroma	Sin virus			
2211	estroma	Sin virus	2210 x SE33	4	negativo
SE33	micelio	Efv-1 + Efv-2	2211 x SE33	3	negativo
2311	micelio	Efv-1	2211 x 2311	9	negativo
SE10	micelio	Efv-2	2211 x SE10	3	negativo

Un hecho destacable de la relación existente entre el hongo y el virus es la persistencia que presentan los virus en el tiempo, en aislados que son mantenidos en placas de PDA en el laboratorio. Los aislados en los que fue detectada la presencia de los virus han sido mantenidos durante al menos dos años.

CONCLUSIONES

La infección vírica producida por los virus Efv-1 y Efv-2 se presenta en todas las poblaciones analizadas; y para dos de estas poblaciones se ha estimado que aproximadamente el 76% de los aislados están infectados por virus.

Los altos porcentajes obtenidos, tanto para la infección endofítica, en torno al 70%, como los de la infección vírica, pueden sugerir que la relación tripartita planta-hongo-virus es estable, ésta ha surgido a lo largo del tiempo y podría ser mantenida gracias al beneficio que obtienen todos ellos. No se han detectado diferencias en el crecimiento "in vitro" entre los aislados con y sin virus, que impide asociar un determinado fenotipo debido a la presencia de éstos virus.

Los micovirus en otros hongos son transmitidos a variedades no infectados de forma intracelular por medio de fusión de hifas (anastomosis), siempre que exista entre ellos compatibilidad vegetativa. Esta forma de transmisión parece ser la más probable en este caso, puesto que los virus no son transmitidos a través de ascosporas en la reproducción sexual del hospedador; a falta de realizar el cruzamiento recíproco no se puede descartar ésta posibilidad de transmisión de los virus (a pesar de que la reproducción sexual del hongo sucede de forma esporádica en poblaciones que presentan un alto grado de infección vírica).

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por el MCYT proyecto AGL2002-02766.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARROYO GARCÍA, R.; MARTÍNEZ ZAPATER, J.M.; GARCÍA CRIADO, B.; ZABALGOGEAZCOA, I., 2002. Genetic structure of natural populations of the grass endophyte *Epichloë festucae* in semiarid grasslands. *Molecular Ecology*, **11**, 355-364.
- BACON, C.W.; WHITE, J.F., 1994. Stains, media and procedures for analyzing endophytes. En: *Biotechnology of endophytic fungi of grasses.*, 47-56. Ed. BACON, C.W.; WHITE, J.F. pp. CRC Press, Boca Ratón (EE.UU).
- GHABRIAL, S.A., 1998. Origin, adaptation and evolutionary pathways of fungal viruses. *Virus Genes*, **16(1)**, 119-131.
- LEUCHTMANN, A.; SCHARDI, C.; SIEGEL, M.R., 1994. Sexual compatibility and taxonomy of a new species of *Epichloë* symbiotic with fine fescue grasses. *Mycologia*, **86**, 802-812.
- MOON, C.D.; TAPPER, B.A.; SCOTT, B., 1999. Identification of *Epichloë* endophytes in plants by a microsatellite-based PCR fingerprinting assay with automated analysis. *Applied and Environmental Microbiology*, **65**, 1268-1279.
- MORRIS, T.J.; DODDS, J.A.; HILLMAN, B.; JORDAN, R.L.; LOMMEL, S.E.; TAMAKI, S.E., 1983. Viral specific dsRNA: diagnostic value for plant virus disease identification. *Plant Molecular Biology Reports*, **1**, 27-30.
- WHITE, J.F.; MORGAN JONES, G., 1987. Endophyte-host associations in forage grasses. X. Cultural studies on some species of *Acremonium* sect. *Albo-lanosa*, including a new species, *A. starrii*. *Mycotaxon* **30**, 87-95.
- ZABALGOGEAZCOA, I.; BENITO, E.P.; GARCÍA CIUDAD, A.; GARCÍA CRIADO, B.; ESLAVA, A.P., 1998. Double-stranded RNA and virus-like particles in grass endophyte *Epichloë festucae*. *Mycological Research*, **102**, 914-918.
- ZABALGOGEAZCOA, I.; VÁZQUEZ DE ALDANA, B.R.; GARCÍA CRIADO, B.; GARCÍA CIUDAD, A., 1999. The infection of *Festuca rubra* by the fungal endophyte *Epichloë festucae* in Mediterranean permanent grasslands. *Grass and Forage Science*, **54**, 91-95.
- ZABALGOGEAZCOA, I.; VÁZQUEZ DE ALDANA, B.R.; GARCÍA CIUDAD, A.; GARCÍA CRIADO, B.; 2003. Fungal endophytes in grasses from semi-arid permanent grasslands of western Spain. *Grass and Forage Science*, **58**, 94-97.

Identificación de especies y relaciones interespecíficas en hongos endofíticos en poblaciones naturales de *Lolium perenne*

M. ESPADAS RESENDIZ², M. ROMO VAQUERO¹, B.R. VAZQUEZ DE ALDANA¹, A. GARCIA CIUDAD¹, B. GARCIA GRIADO¹ e I. ZABALGOGEAZCOA¹

¹Grupo de Pastos. Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología, CSIC. Apdo. 257, 37008 Salamanca (España).

²Universidad Nacional Autónoma de México. DGAPA-PASPA. FESC Cuautitlan. Campo 4. Km. 2.5 Carretera Cuautitlan-Teoloyucan s/n C.P. 54712 Cuautitlan Izcalli, Edo. de Mex

RESUMEN: Se han identificado diversas especies de hongos endofíticos que infectan a *Lolium perenne*, en los pastos de las provincias de Salamanca, Zamora y León. La incidencia media de infección fue de 55,01%. En función de su morfología se identificaron tres tipos de endofitos: Tipo A con un crecimiento lento y sin conidios; Tipo B de crecimiento rápido y sin conidios; Tipo C con crecimiento rápido y con conidios. Su identificación molecular fue realizada por medio de secuencias nucleotídicas pertenecientes a la región ITS-1/5.8 S rRNA/ITS-2; la secuenciación de las distintas muestras permitieron su agrupación en: *Neotyphodium* sp., *Epichloë festucae* y *Epichloë typhina*. Finalmente, en plantas de *Lolium perenne* se detectó ergovalina, compuesto relacionado con el síndrome de festucosis en ganado vacuno, presente en una concentración que oscila entre 0,05 y 3,90 mg g⁻¹.

Palabras clave: Endofitos, *Neotyphodium*, *Epichloë*, pastos.

Identification of endophytic fungi in natural populations of *Lolium perenne*

SUMMARY: Endophyte fungi that infect *Lolium perenne* in the provinces of Salamanca, Zamora and León were identified. Average infection incidence by endophyte was 55.01%. Based on their morphology three groups of endophytes were identified. Type A slow growth without conidia; type B fast growth without conidia; type C fast growth with conidia. Molecular identification was done using sequences from ITS-1 / rRNA / ITS2 region, sequences samples were grouped within: *Neotyphodium* sp., *Epichloë festucae* and *Epichloë typhina*. Finally, ergovaline was detected on samples of *Lolium perenne*, in 0.05 to 3.90 mg g⁻¹ concentration. Ergovaline is related to festucosis syndrome in cattle.

Key words: Endophytes, *Neotyphodium*, *Epichloë*, grasses.

INTRODUCCIÓN

Las provincias de Salamanca, Zamora y León son áreas con pasto y arbolado de una composición florística muy diversa y en las que las gramíneas comprenden hasta un 80 % (en peso seco), siendo *Lolium perenne* una especie común en estas áreas. Esta gramínea perenne se caracteriza por un alto potencial reproductivo, un rápido establecimiento, una capacidad de persistencia en condiciones adversas y por ser una excelente especie forrajera. Algunas especies de gramíneas de zonas frías forman asociaciones mutualistas con hongos pertenecientes al género *Neotyphodium* y *Epichloë* (Clay y Schardl, 2002); *Lolium perenne*, como planta hospedadora es infectada por la especie asexual *Neotyphodium lolii* y una especie sexual *Epichloë typhina* (Schardl et al., 1994), las cuales colonizan los espacios intercelulares de las diversas estructuras del hospedador, incluyendo la semilla, en el caso de las especies asexuales. Todas son asintomáticas en la fase de crecimiento vegetativo de la planta, pero durante el desarrollo de la espiga las especies sexuales pueden impedir el desarrollo de ésta y esterilizan a la planta (Moon et al., 2002); *Neotyphodium* se transmite de forma vertical por semilla.

La asociación entre endofitos asintomáticos y gramíneas es de carácter mutualista, el hongo se beneficia de la planta al encontrar en su interior un hábitat, obtención de nutrientes y un medio de dispersión en el interior de la semilla; por su parte las plantas infectadas se benefician al obtener protección contra mamíferos e insectos herbívoros, resistencia a nematodos y patógenos fúngicos, así como tolerancia a estrés abiótico (Schardl et al., 1994; Tsai et al., 1994); éstos beneficios obtenidos son debidos la síntesis de alcaloides. Sin embargo, estos alcaloides también son responsables de la baja productividad del ganado en régimen de pastoreo provocando el síndrome de "ryegrass stager" y la toxicosis de festuca estos síndromes están usual-

mente asociados a pastos infectados; Clay y Schardl, (2002) han estudiado la presencia de endofitos en festuca alta y "ryegrass"; estas toxicosis son responsables de grandes pérdidas económicas en la producción ovina en Nueva Zelanda debido a la presencia de endofitos en praderas de *L. perenne*; del mismo modo sucede para la producción de ganado de carne en Estados Unidos debido a praderas de *Festuca arundinacea* infectadas. En consecuencia hay un considerable interés en ampliar el conocimiento en algunas relaciones endofito - pasto. Por lo tanto se hace necesaria la identificación de las especies de endofitos que infectan a las poblaciones naturales de *Lolium perenne*. Se ha propuesto que el origen de las especies endofíticas asexuales es por hibridación de las especies sexuales (Tsai *et al.*, 1994; Shardl y Wilkinson, 2000; Clay y Shardl, 2002).

Los objetivos del presente trabajo son: aislar, identificar, determinar la incidencia de infección y la clasificación de las especies de hongos endofíticos que infectan a poblaciones naturales de *Lolium perenne* en pastos naturales, así como la detección y cuantificación de los alcaloides que aparecen como consecuencia de esta asociación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Plantas asintomáticas

Se recogieron plantas asintomáticas de *Lolium perenne* en 17 poblaciones de pastos naturales de las provincias de Salamanca, Zamora y León (Tabla 1).

Aislamiento

A partir de plantas asintomáticas de *Lolium perenne* se tomaron fragmentos desinfectados de tallo y de hoja que fueron paqueados en agar de patata y dextrosa (PDA) con cloranfenicol con una concentración final de 200 mg/ml. Se determinó la presencia de hongos endofíticos, por observación de micelio intercelular en preparaciones de vainas foliares o médula del tallo.

Identificación y clasificación

El DNA de cultivos puros se aisló siguiendo el protocolo para la extracción del DNA con el kit DNeasy Plant (Quiagen). La región ITS-1/5.8S rRNA/ITS-2 fué amplificada usando los primers ITS 4, ITS 5 (White *et al.*, 1990) y su producto PCR secuenciado. Las secuencias resultantes fueron comparadas con el método de alineamientos Fasta en la base de datos de European Molecular Biology Laboratory, con el fin de identificar las secuencias. Para la clasificación de los aislados según sus secuencias nucleotídicas de la región (ITS-1/5.8S rRNA/ITS-2), se construyó un dendograma por el método de "Neighbor - joining" con el programa Mega I (Zabalgozcoa *et al.*, 2002).

Detección y cuantificación de ergovalina

Fue realizada a partir de muestras de plantas infectadas y liofilizadas, mediante HPLC con detección de fluorescencia (Hill *et al.*, 1993).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Incidencia de infección endofítica en plantas asintomáticas de Lolium perenne

Se definió como planta infectada por endofitos, a las plantas en cuyas vainas foliares o médula del tallo se observó micelio intercelular, o bien aquellas en cuyos fragmentos de tallos y hojas se observó el crecimiento de éstos en PDA; la infección endofítica está presente en un 55,01% de las plantas asintomáticas. Los resultados se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Incidencia de infección endofítica en 17 poblaciones de *Lolium perenne*.

Población	Número de plantas Infectadas / total	% Infección
Montalvo de la Estrella	4/7	57,1
Servández -1	6/12	50,0
Servández -2	17/30	56,7
Zarzoso	6/12	50,0
Cabaco -1	5/12	41,7
Cabaco -2	8/12	66,7
Tordelaíosa	6/12	50,0
Aldeagordo	4/12	33,3
Cristo de Cabrera -1	5/12	41,7
Cristo de Cabrera -2	16/30	53,3
Membribe	6/12	50,0
Calzadilla de Mendigos	7/12	58,3
Los Valles -1	14/30	46,7
Los Valles -2	12/15	80,0
Sierra de la culebra	14/22	63,6
Tábara	22/30	73,3
Sagos	8/12	66,7
	Media	55,01

Identificación y clasificación de hongos endofíticos

Identificación morfológica

De los cultivos puros obtenidos, se observaron tres tipos diferentes de colonias:

Tipo A: Colonias de crecimiento lento, superficie rugosa y sin conidios.

Tipo B: Colonias de crecimiento rápido, superficie lisa en el centro de la colonia y sin conidios.

Tipo C: Colonias de crecimiento rápido, superficie algodonosa y con conidios.

Identificación molecular

Los 26 aislados secuenciados de la región ITS-1/5.8S rRNA/ITS-2 mostraron una similitud a los géneros *Epichloë* o *Neotyphodium*.

Se definieron tres especies de endofitos que infectan a *L. perenne*: *Epichloë typhina*, *Epichloë festucae* y *Neotyphodium* sp.

La clasificación de aislados de hongos endofíticos de *Lolium perenne* fue realizada a partir de las secuencias nucleotídicas de la región antes señalada. El dendrograma construido se muestra en la Figura 1.

Los aislados estériles del tipo A y B son asintomáticos y aparecen clasificados en el grupo *Neotyphodium* sp., mientras que los aislados que corresponden al tipo C son clasificados como *Epichloë typhina*, éstos producen conidios, experimentan un crecimiento rápido en PDA y es común que causen síntomas en la planta hospedadora; *E. typhina* algunas veces puede comportarse como patógeno, siendo el agente causal de la enfermedad del estrangulamiento de la espiga en pastos.

Los aislados que no producen conidios son clasificados como *Neotyphodium* sp. /*Epichloë festucae*; el criterio morfológico para diferenciar a A y B los cuales fue en función de la forma de la colonia y su velocidad de crecimiento. *Neotyphodium* sp. presenta un crecimiento lento y la morfología de la colonia se asemeja a un "cerebro" y de apariencia cerosa. *Epichloë festucae* muestra un crecimiento rápido y la morfología de la colonia es de apariencia algodonosa. Por el contrario, hay algunos aislados que presentan crecimiento rápido y formación de conidios, que al hacer la identificación molecular corresponde a *E. festucae*, como en los aislados LpTA21 y LpP6; este último aislado de *L. perenne* (hospedador común en las poblaciones donde se

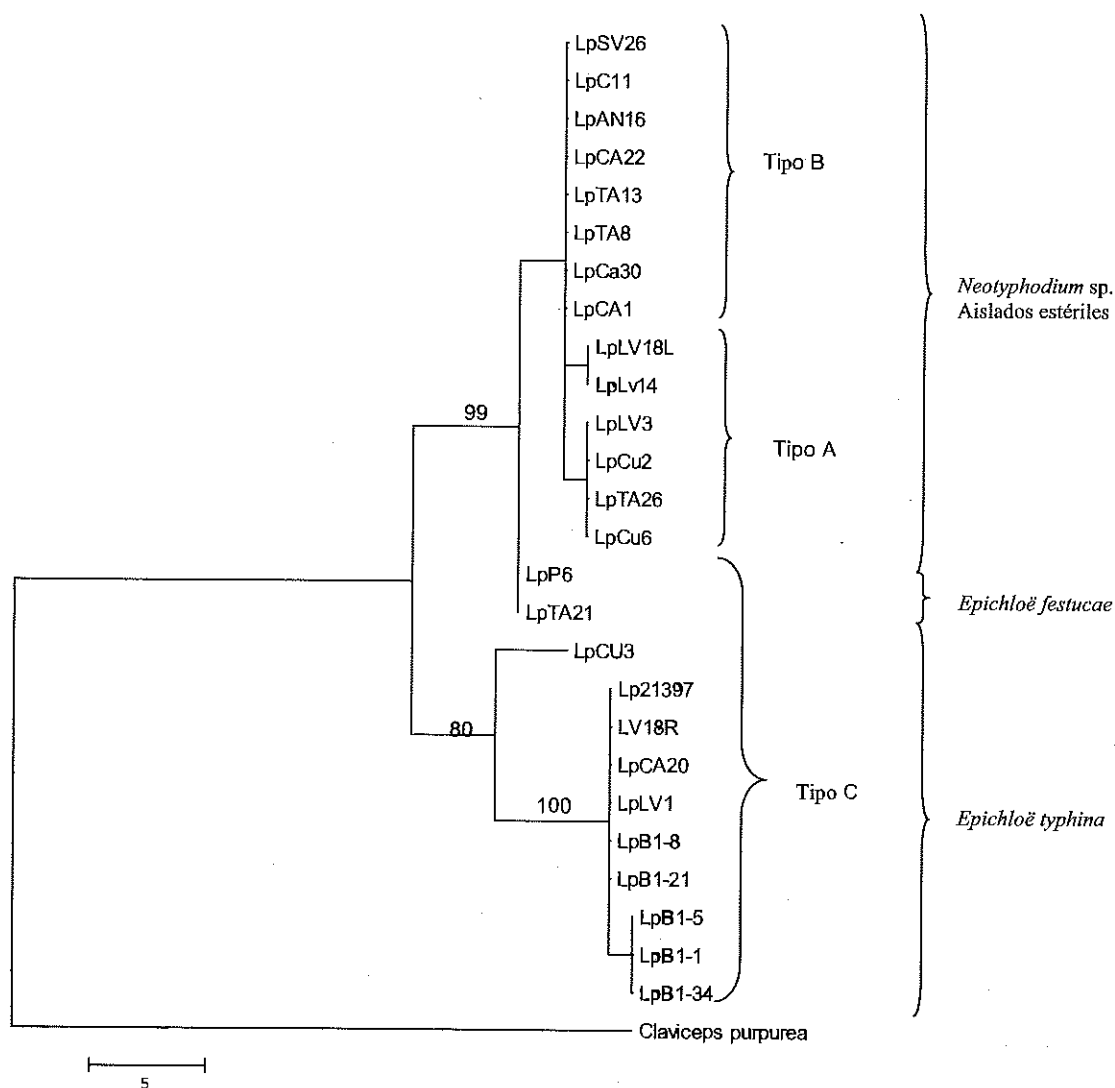


Figura 1.—Clasificación de endofitos de *Lolium perenne*: Según su tipo de crecimiento (velocidad de crecimiento en PDA y presencia de conidios) y las secuencias nucleotídicas obtenidas a partir de la región ITS-1/5.8 rRNA/ITS-2.

realizó este estudio); está infectado por dos virus que infectan a aislados de *E. festucae*, obtenidos de plantas de *F. rubra*, lo que indica que *E. festucae* podría haber “saltado” de otra especie hospedadora (*F. rubra*) a *L. perenne*.

Se detectó y analizó el contenido de ergovalina (mg/g materia seca); en plantas con los tres tipos de endofitos: A, B y C (Tabla 2). Las concentraciones obtenidas oscilan entre 0,05 y 3,90mg g⁻¹. No obstante, en algunas poblaciones no se encontró este alcaloide, la ergovalina está asociado directamente al síndrome de la festucosis del ganado vacuno.

CONCLUSIONES

En las poblaciones naturales estudiadas de *Lolium perenne*, una media de 55,01% de las plantas resultaron estar infectadas por hongos endofíticos.

Tabla 2. Concentración de ergovalina en plantas infectadas, tipo de hongo y población donde se recolectó la planta; nd: no detectado y donde 0,20 mg g⁻¹ es el nivel considerado tóxico para ganado vacuno.

Identificación	Población	Morfología del hongo	Ergovalina (µg g ⁻¹)
CU8	S. Culebra	A	nd
CU12	S. Culebra	A	nd
CU15	S. Culebra	A	nd
LV3	Los Valles	A	nd
TA10	Tábara	A	3,90
AN12	Ancares	B	nd
AN27	Ancares	B	0,23
AN5	Ancares	B	nd
AN8	Ancares	B	0,22
CA2	Ancares	B	0,12
TA1	Tábara	B	0,05
C11	Cabrera	B	0,42
B7	Servández	C	nd
B8	Servández	C	0,10
B26	Servández	C	0,16
B27	Servández	C	nd
CA12	Cabaco	C	nd
CU3	S.C ulebra	C	0,57
LV1	Los Valles	C	nd
LV18	Los Valles	C	0,28
P6	Servández	C	0,09
21397	Servández	C	nd

Cuatro grupos de endofitos fueron identificados: *Neotyphodium* sp., con dos grupos A y B. El tipo A es de crecimiento lento, no forma conidios y no induce síntomas en las especies que infecta; el tipo B infecta a la planta, no provoca síntomas, es de crecimiento rápido y no forma conidios; el grupo considerado como *Epichloë festucae* no provoca síntomas, es de crecimiento rápido, forma conidios y mientras que los pertenecientes a *Epichloë typhina* induce síntomas, forma conidios, es de crecimiento rápido y es el agente causal de la enfermedad del estrangulamiento de la espiga.

Los resultados indican la posible existencia de interconexiones entre las distintas especies de endofitos en poblaciones naturales. Algunos aislados identificados poseen características morfológicas y moleculares que indican que podrían ser híbridos.

Se ha detectado el alcaloide ergovalina en los diferentes tipos de endofitos en un 50% de las plantas analizadas, en concentraciones que oscilan entre 0,05 y 3,90 mg g⁻¹. La concentración de ergovalina en las plantas infectadas de *L. perenne* no muestra relación con el tipo morfológico del endofito.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por el proyecto de la Junta de Castilla y León (CSI 6/01).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CLAY, K.; SCHARD, C. L., 2002. Evolucionary origins and ecological consequences of endophyte symbiosis with grasses. *The American Naturalist*, **160**, S99-S127.
- HILL, N.S.; ROTTINGHAUS, G. E.; AGEE, C. S.; SCHULT, L. M., 1993. Simplified sample preparation for HPLC analysis of ergovaline in tall fescue. *Crop Science*, **54**, 365-370.
- MOON, D.C.; MILES, O.C.; JÄRLEFORS, U.; SCHARDL, C.L., 2002. The evolutionary origins of three new *Neotyphodium* endophyte species from grasses indigenous the Southern Hemisphere. *Mycologia*, **94** (4), 694-711.
- SCHARDL, C.L.; LEUCHTMANN, A.; TSAI, H.F.; COLLET, M. A.; SCOTT, D.B., 1994. Origin of a fungal Symbiont of Perennial Ryegrass by Interspecific Hybridization of a Mutualist with the Ryegrass Choke Pathogen, *Epichloë typhina*. *Genetics*, **136**, 1307-1317.
- SCHARDL, C.L.; WILKINSON, H., 2000. Hybridization and Cospeciation Hypotheses for the Evolution of Grass Endophytes. En: *Microbial Endophytes*, 63-83. Ed. C.W. BACON; J. F. WHITE. Marcel Dekker Inc. New York-Basel.
- TSAI, H.F.; LIU, J.S.; STABEN, C.; CHRISTENSEN, M.J.; LATCH, G.C.M.; SIEGEL, M.R.; SCHARDL, C.L., 1994. Evolutionary diversification of fungal endophytes of tall fescue grass by hybridization with *Epichloë* species. *Proceeding of the National Academy of Sciences of the USA*, **91**, 2542-2546.
- WHITE, J.; BRUNS, T.; LEE, S.; TAYLOR, J., 1990. Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA for phylogenetics. En: *PCR protocols: a guide to methods and applications*, 315-321. Ed. M.A. INNIS; D.H. GELFAND; J.J. SNINSKY; T.J. WHITE Academic Press, San Diego, CA.
- ZABALGOGEAZCOA I.; VÁZQUEZ DE ALDANA B.R.; ROMO VAQUERO M.; GARCÍA CIUDAD, A.; GARCÍA CRIADO, B., 2002. Diversidad de hongos endofitos en *Lolium perenne*. XI Congreso de la Sociedad Española de Fitopatología. Almería. p. 142.

Incidencia del Zn de suelos contaminados de la región central sobre comunidades herbáceas de pastizales

A. J. HERNÁNDEZ¹ y J. PASTOR²

¹Dpto. Interuniversitario de Ecología, Sección de la Universidad de Alcalá (Madrid). Edificio Ciencias, Campus. E-mail: anaj.hernandez@uah.es. ²CCMA, CSIC, Serrano 115, Madrid 28006. E-mail: jpastor@ccma.csic.es

RESUMEN: Se presentan los resultados de un ensayo en condiciones controladas con comunidades de pastizales del centro peninsular creciendo en suelo contaminado con cloruro de cinc. Esta sal ha sido elegida con el fin de conocer la respuesta, a nivel de la comunidad, a este tipo de contaminación, de Zn y cloruros, frecuente en suelos antropizados de este territorio, especialmente en antiguos vertederos. Desde los niveles de 300 ppm de Zn total en suelos, no solo decrece la biodiversidad y cobertura vegetal, sino que están afectadas las especies de mayor valor pastoral, especialmente las leguminosas. El diseño experimental es considerado muy idóneo para planteamientos de estudios ecotoxicológicos a nivel de las respuestas plurispecíficas de plantas de pasto a la contaminación de los suelos.

Palabras clave: bioensayo experimental, ecotoxicidad, Zn total en suelo, biodiversidad.

Effects of Zn in polluted soils of the central region of Spain on herbaceous pasture communities

SUMMARY: This paper reports the results of a bioassay performed under controlled conditions, in which pasture communities of central Spain were grown in soil contaminated with zinc chloride. This salt was chosen to try to establish the response at the plant community level to this type of pollutants, commonly found in this region, especially over abandoned landfills. It was found that total soil Zn levels in the range 300 ppm not only caused a reduction in biodiversity and plant cover but also affected species of most grazing value, particularly legumes. The experimental design used seems to be ideal for this type of ecotoxicologic study aimed at evaluating the response shown by multiple pasture species to soil contamination.

Key words: experimental bioassay, ecotoxicity, total soil Zn, biodiversity.

INTRODUCCIÓN

El Zn es el contaminante metálico más representado en los suelos contaminados existentes en el centro de España, correspondiendo muchos de ellos a antiguas zonas industriales y a antiguos vertederos mixtos de residuos urbanos e industriales, ya sellados, (MOPTMA, 1994; CAM, 1998), además de algunas zonas mineras abandonadas. El interés del estudio que planteamos se apoya en que estos suelos han sido muy utilizados para la cubierta de sellado de muchos vertederos de la provincia de Madrid (Pastor y Hernández, 2002) y nuestra hipótesis de trabajo estriba en poder conocer lo que sucede a causa del Zn, desde la germinación del banco de semillas hasta el establecimiento de la comunidad vegetal. O también, la respuesta de este nivel de organización biológica, como es la comunidad, a la contaminación producida por una sal soluble de Zn, como es el cloruro de este elemento, ya que también sabemos que los niveles de cloruros son elevados en las cubiertas de vertederos (Pastor *et al.*, 1993).

MATERIAL Y MÉTODOS

Han sido inventariadas 53 parcelas de 1m² distribuidas al azar en pastizales oligotrofos en claros de retamar y encinares adherados ubicados en territorio arcósico del centro peninsular, así como 36 parcelas de análogas características en 4 vertederos sellados del mismo territorio. Los parámetros esenciales que han sido valorados para el planteamiento del ensayo experimental se exponen en la Tabla 1. Los análisis de los suelos se realizaron en la capa superficial (0-10 cm.). La determinación del contenido total de Zn se realizó por absorción atómica y la de los cloruros por cromatografía iónica.

Se ha realizado un bioensayo experimental de seis meses, en condiciones controladas (25° C de máxima y 15° C de mínima, con 60-70 % de humedad relativa), con suelo procedente de campo (muestra media del recogido en los 53 inventarios de los pastizales). Hemos contaminado este suelo previamente con cloruro de cinc en concentraciones crecientes del metal (300, 500 y 700 ppm). Se trata de una sal soluble que hemos incorporado al suelo, recogido en campo en una sola vez, al comienzo del experimento. El diseño experimental simula una de las situaciones más frecuentes que se da en el escenario real: la producción de lixiviados superficiales por acción de la lluvia sobre el suelo contaminado, o también en la cubierta edáfica del sellado de vertederos mixtos como los estudiados por nosotros (Pastor *et al.* 1993; Pastor y Hernández, 2002; Hernández *et al.* 1999). El microcosmos elegido es una cubeta de plástico de proporciones similares al tamaño que se asemeja a una de las unidades de medida utilizada para la recogida de la biodiversidad de las comunidades herbáceas que crecen en este tipo de pastizal (25 x 25 cm). El inventario de tres unidades de estas proporciones, similares a las que son distribuidas al azar en los muestreos de las comunidades en campo, recogen con bastante aproximación la diversidad de herbáceas de las mismas. Las cubetas tienen una altura de 6 cm y están provista de un rejilla para el drenaje situada a 1 cm de la base; con ello se dispone de una proporción de suelo análoga a los 5 primeros cm de la capa superficial edáfica, debido al papel fundamental que juegan éstos en los pastos herbáceos (esencialmente, mayor densidad del banco de semillas y mayor actividad biológica). Tres replicaciones por tratamiento y control, un riego con agua desionizada de 200 ml /cubeta cada 48 h mientras duró el tiempo de exposición (seis meses). Este período trata también de aproximarnos a la situación real de máxima actividad y crecimiento de comunidades herbáceas con predominio de terófitos en territorio mediterráneo (intervalo otoño-final de primavera).

Los niveles de Zn en suelo han sido elegidos en base a las referencias bibliográficas que se sitúan entre 300 y 500 mg kg⁻¹ para estudios del efecto tóxico en plantas herbáceas producidas por este metal, (McGrant *et al.*, 1993; Sutherland y Tolosa, 2001), así como a aquellos valores que aparecen en suelos contaminados del centro peninsular a los que hemos hecho referencia en la introducción.

Los parámetros evaluados en este ensayo han sido: n° de individuos que nacieron y sobrevivieron durante los primeros 15 días, cobertura vegetal del suelo y de las especies más abundantes que crecieron al finalizar el ensayo, además del n° total y biodiversidad (índice de Shanon). Ha sido necesaria una monitorización continua que permitiera obtener los datos antes de ser analizados. Estos han sido estudiados mediante análisis de la varianza (ANOVA) de una vía y un test post-hoc (DMS). En las tablas expuestas en los resultados, los valores de de la misma columna seguidos por una letra distinta, son significativamente diferentes al nivel del 95%.

Tabla 1. Parámetros edáficos y de la comunidad herbácea (valores medios) de pastizales del territorio arcósico y de la que se desarrolla en vertederos sellados con suelos de ese entorno.

Referencia	pH en agua	Zn mg/kg	Cl- mg/100g	N° total especies	Cobertura %	N° Taxones Gramíneas	N° Taxones Leguminosas
Pastizal	5,7	27,5	7	106	81	17	26
Vertedero	7,1	83,5	17,8	65	40	19	14

Tabla 2. Resultados obtenidos al finalizar la primera quincena del ensayo.

Tratamientos	N° de Individuos (x±d.t.)
Control	545,7 ± 35,2 a
300 ppm	427,3 ± 19,9 b
500 ppm	310,3 ± 61,6 c
700 ppm	285,7 ± 56,7 c

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis estadístico del número de individuos que nacieron y sobrevivieron durante los primeros 15 días del ensayo y después de finalizar el 2º mes, (Tablas 2 y 3), así como los resultados expuestos en la Tabla 4, permiten mostrar el importante efecto de esta sal sobre la comunidad vegetal. Se puede decir que la mayoría de las especies anuales propias de las comunidades de origen no crecen en los suelos con la contaminación más elevada de Zn (500-700 ppm) y se perciben ya las diferencias entre la comunidad testigo y la que crece en los suelos con 300 ppm de Zn al cabo de la 1ª quincena.

Sin embargo, teniendo en cuenta el hecho que las cubiertas edáficas de los vertederos ubicados en sustratos arcósicos no presentan vegetación cuando las cantidades de cloruros son muy elevadas - entre 100 y 400 mg/100g - (Pastor y Hernández, 2002), pensamos que no podemos atribuir solamente al Zn la acción desfavorable sobre la diversidad de la comunidad.

Esta cuestión precisará de mayor investigación futura en relación a comprobar los efectos del cloro, máxime cuando sabemos que la salinización influye en el crecimiento de leguminosas y gramíneas, así como en la disminución del peso seco de las mismas (Hernández *et al.*, 1999).

Tabla 3. Resultados obtenidos quincenalmente, durante los dos primeros.

Quincena	Nº de Individuos (x ± d.f.)
1ª	285,7 ± 56,7a
2ª	173,7 ± 34,0 b
3ª	75,0 ± 13,4 c
4ª	43,7 ± 7,5 c

Tabla 4. Diversidad y cobertura vegetal al finalizar el bioensayo.

	Tratamiento		Media (± d.t.)
	0	300	
Diversidad (bits)	0	3,11 ± 0,27 a	
	300	3,15 ± 0,28 a	
	500	2,40 ± 0,42 b	
	700	2,19 ± 0,26 b	
Nº de especies	0	18,0 ± 2,0 a	
	300	14,3 ± 2,1 a	
	500	9,0 ± 2,6 b	
	700	5,7 ± 0,6 b	
Cobertura %	0	73,3 ± 7,6 a	
	300	60,7 ± 2,5 b	
	500	55,0 ± 2,6 b	
	700	26,3 ± 4,5 c	

No hay ni una especie de leguminosa en el nivel 700 ppm de Zn, y solamente *Lathyrus angulatus* L. en el nivel 500, así como tampoco ha germinado ninguna especie de tréboles en los diferentes tratamientos (Tabla 5-a), aunque aparezcan en las cubetas testigo. La disminución de leguminosas ya la habíamos observado en los vertederos de referencia (Tabla 1) indicando en un trabajo anterior, (Urcelai *et al.*, 1994), que probablemente dicha disminución en la riqueza de especies de esta familia botánica tan importante en los pastizales, era debida a la contaminación del suelo por compuestos inorgánicos.

Las especies que llegan a crecer en el tratamiento con mayor contenido de Zn en suelo son *Vulpia myuros* (L.) C.C. Gmel., *Trisetum paniceum* (Lam.) Pers., *Anagallis arvensis* L., *Plantago coronopus* L. y *Plantago*

lagopus L., siendo ésta última la que ocupa 1/3 de la superficie del suelo. La presencia de *Ranunculus sp.* en los niveles de 300 y 500 puede ser debida al efecto conjunto del oligoelemento añadido al suelo con el nivel permanente de agua dado el riego constante mantenido en el ensayo, ya que esta especie no aparece en la comunidad testigo del bioensayo, ni tampoco en los 53 inventarios realizados a mediados de primavera en los pastizales de referencia.

Tabla 5a. Cobertura de las especies de gramíneas y leguminosas ($\bar{x} \pm \text{d.t.}$) al finalizar el bioensayo.

Tratamiento	GRAMÍNEAS	Recubrimiento %	LEGUMINOSAS	Recubrimiento %
0	<i>Gaudinia fragilis</i>	1,33 \pm 2,31 a	<i>Lathyrus angulatus</i>	0,17 \pm 0,29 a
300		3,67 \pm 4,04 a		0,00 \pm 0,00 a
500		1,00 \pm 1,00 a		1,33 \pm 1,53 a
700		0,00 \pm 0,00 a		0,00 \pm 0,00 b
0	<i>Polygonum maritimum</i>	0,33 \pm 0,29 a	<i>Trifolium arvense</i>	3,33 \pm 4,04 a
300		1,33 \pm 2,31 a		0,00 \pm 0,00 a
500		4,00 \pm 6,93 a		0,00 \pm 0,00 a
700		0,00 \pm 0,00 a		0,00 \pm 0,00 a
0	<i>Trisetum panicum</i>	1,00 \pm 1,00 a	<i>Trifolium campestre</i>	2,33 \pm 0,58 a
300		1,67 \pm 2,89 a		0,00 \pm 0,00 b
500		1,67 \pm 1,53 a		0,00 \pm 0,00 b
700		6,33 \pm 3,51 b		0,00 \pm 0,00 b
0	<i>Vulpia bromoides</i>	0,33 \pm 0,29 a	<i>Trifolium glomeratum</i>	1,00 \pm 0,00 a
300		0,03 \pm 0,29 a		0,00 \pm 0,00 a
500		0,02 \pm 0,29 a		0,00 \pm 0,00 a
700		0,00 \pm 0,00 a		0,00 \pm 0,00 a
0	<i>Vulpia myuros</i>	1,33 \pm 0,58 a		
300		5,67 \pm 8,14 a		
500		23,33 \pm 10,26 a		
700		4,00 \pm 1,00 b		

Por lo que respecta a los valores de cobertura de las especies que han tenido entidad en los tratamientos efectuados al final del ensayo experimental (Tablas 5a y 5b), hay que considerar por una parte las frecuencias absolutas de esas especies en los 53 inventarios realizados en los pastizales de referencia, ya que la proporción de semillas en el suelo de partida para el bioensayo estará relacionada. Así, para las gramíneas, no es lo mismo que la frecuencia de *V. myuros*, sea del 94,4 % frente a *V. bromoides* (L.) Gray que es del 5,7 % al igual que para *Gaudinia fragilis* (L.) P. Beauv., o para *Andryala integrifolia* L. una frecuencia de 97 % comparada con otra especie de esta familia, como es *Sonchus asper* (L.) Hill, que presenta un 2,9 %. Sin embargo, al observar los resultados expuestos en las últimas tablas, hay que reconocer que la contaminación del suelo influye en los taxones presentes en las cubetas del ensayo, como decíamos anteriormente, dado que una cobertura media del 73,3 % en las cubetas control se asemeja mucho más a la alcanzada en los pastizales de procedencia (80%) que a la de los vertederos sellados con suelos del mismo entorno (40 %).

Estos resultados confirman que niveles por encima de 300 ppm de Zn total en suelo, afectan no solo a la composición florística de estos pastizales, sino que cambia también la estructura de la comunidad en cuanto a la dominancia de unas especies de menor valor pastoral. No obstante, este resultado puede interpretarse también en relación a que las especies que logran crecer en los suelos con altos niveles de Zn, pueden ser consideradas para proyectos de descontaminación de suelos afectados por dosis altas de este elemento traza. Por otra parte, el porcentaje de cobertura vegetal puede considerarse como un biomarcador para el contenido de Zn de los suelos contaminados con este metal, al igual que exponemos para el caso del Cu en Pastor *et al.* (2003), a partir de la 7ª semana de la germinación de sus bancos de semillas.

Tabla 5b. Cobertura de especies pertenecientes a las Compuestas y a otras familias botánicas ($\bar{x} \pm d.t.$) al finalizar el bioensayo.

Tratamiento	COMPUESTAS	Recubrimiento %	OTRAS FAMILIAS	Recubrimiento %
0	<i>Andryala integrifolia</i>	0,17 ± 0,29 a	<i>Anagallis arvensis</i>	2,33 ± 2,31 ab
300		0,17 ± 0,19 a		5,67 ± 2,31 bc
500		0,00 ± 0,00 a		2,67 ± 1,53 ab
700		0,00 ± 0,00 a		1,33 ± 0,58 a
0	<i>Anthemis arvensis</i>	1,67 ± 2,08 a	<i>Cerastium glomeratum</i>	1,67 ± 2,08 a
300		0,33 ± 0,58 a		0,67 ± 0,58 a
500		0,00 ± 0,00 a		0,00 ± 0,00 a
700		0,00 ± 0,00 a		0,00 ± 0,00 a
0	<i>Centaurea melitensis</i>	0,33 ± 0,58 a	<i>Galium parvisinse</i>	1,00 ± 1,00 a
300		0,17 ± 0,29 a		0,67 ± 0,29 ac
500		0,00 ± 0,00 a		0,33 ± 0,58 bc
700		0,00 ± 0,00 a		0,00 ± 0,00 b
0	<i>Crepis capillaris</i>	1,00 ± 1,00 a	<i>Geranium sp.</i>	0,33 ± 0,29 a
300		0,00 ± 0,00 b		0,67 ± 0,58 a
500		0,00 ± 0,00 b		1,00 ± 1,00 a
700		0,00 ± 0,00 b		0,00 ± 0,00 a
0	<i>Hypochaeris glabra</i>	8,67 ± 6,11 a	<i>Juncus buffonius</i>	24,33 ± 8,14 a
300		4,00 ± 3,61 ab		8,00 ± 2,00 b
500		2,00 ± 2,00 ab		0,00 ± 0,00 c
700		0,00 ± 0,00 b		0,00 ± 0,00 c
0	<i>Sonchus asper</i>	0,67 ± 0,58 a	<i>Ranunculus sp.</i>	0,00 ± 0,00 a
300		6,00 ± 7,81 a		0,33 ± 0,58 a
500		8,00 ± 3,46 a		0,33 ± 0,58 a
700		2,67 ± 2,52 a		0,00 ± 0,00 a
0	PLANTAGINACEAS <i>Plantago coronopus</i>	0,33 ± 0,58 a	<i>Spergularia rubra</i>	2,00 ± 2,00 a
300		5,00 ± 5,00 a		0,67 ± 0,58 ab
500		1,33 ± 2,31 a		0,00 ± 0,00 bc
700		3,33 ± 1,53 a		0,00 ± 0,00 bc
0	<i>Plantago lagopus</i>	11,67 ± 12,58 a		
300		12,67 ± 9,50 a		
500		7,67 ± 2,08 a		
700		8,67 ± 6,03 a		

Por último, señalar que consideramos importante el tipo de diseño realizado en este ensayo, en cuanto a planteamientos realistas en orden a la ecotoxicología, debido a la prácticamente inexistencia de resultados de la acción de contaminantes inorgánicos a nivel de comunidad herbácea pluriespecífica.

CONCLUSIONES

Se concluye que el cloruro de Zn afecta a la diversidad de plantas de pastizales oligotrofos y mesofíticos ya desde los estados iniciales de la comunidad. Este resultado es importante para comprender lo que sucede cuando los suelos del sellado de los vertederos son utilizados para acciones de fitorremediación de estos sistemas. Este resultado necesita ser acompañado con una mayor investigación acerca del efecto del cloro independientemente del metal. En cualquier caso, la salinidad debida a un alto contenido de este cloruro y a elevadas concentraciones de Zn en la capa superficial edáfica, hace decrecer la presencia de las leguminosas sobre todo en este tipo de pastizales en el que esta familia juega un papel primordial en la estructura y función de los mismos.

AGRADECIMIENTOS

El trabajo ha sido financiado por Proyecto REN2002-02501 del M.C.y T.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CAM, 1998. Inventario y caracterización de suelos contaminados. Informe técnico nº 60/98. Técnicas de Protección Ambiental, S.A. (España).
- HERNÁNDEZ, A. J.; ADARVE, M^a. J.; PASTOR, J., 1999. Soil Salination from Landfill Leachates: Effects on the Macro-nutrient Content and Plant Growth of four Grassland Species. *Chemosphere*, **38**, 1693-1711.
- McGRATH, S.P.; SIDOLI, C.M.D.; REEVES, R.D., 1993. The Potential for the use of metal-accumulating plants for this in situ decontamination of metal-polluted soils. En: *Integrated Soil and Sediment Research: A Basis for Proper Protection*, H.J.P. Eijsackers and T. Hamers, 673-676. Ed. Kluwer Academic Publisher, (Netherlands).
- MOPTMA, 1994. *Inventario nacional de espacios contaminados*. Fase II. UTE, INITEC, ADARO, COVITECMA.
- PASTOR, J.; URCELAY, A.; OLIVER, S.; HERNÁNDEZ, A. J., 1993. Impact of Municipal Waste on Mediterranean Dry Environments. *Geomicrobiology Journal*, **11**, 247-260 (U.K.).
- PASTOR, J.; HERNÁNDEZ, A. J., 2002. Estudio de suelos y vertederos sellados y de sus especies vegetales espontáneas para la fitorrestauración de suelos degradados y contaminados del centro de España. *Anales de Biología*, **24**, 145-153 (España).
- PASTOR, J.; GUTIÉRREZ-MAROTO, A.; HERNÁNDEZ, A. J., 2003. Biomarcadores a nivel de una comunidad herbácea de pasto y de una población forrajera para suelos contaminados por cobre. *Anales de Biología*, **25**, 103-108 (España).
- SUTHERLAND, R.A.; TOLOSA, C., 2001. Variation in Total and Extractable Elements with Distance from Roads in an Urban Watershed, Honolulu, Hawaii. *Water, Air, and Soil Pollution*, **127**, 315-338 (Netherlands).
- URCELAI, A.; PASTOR, J.; HERNÁNDEZ, A. J., 1994. Los contaminantes inorgánicos de suelos de vertederos de R.S.U. en relación a los organismos vivos. En: *II Congreso Internacional de Suelos Contaminados*, Vitoria-Gasteiz 21-22 septiembre: 17-20. Ed. IHOBE (España).

Influencia de *Cytisus multiflorus* sobre la calidad y cantidad del pasto en formaciones adehesadas

B. FERNÁNDEZ SANTOS¹, C. MARTÍNEZ², M. ECHEVARRIA¹, A. PUERTO¹ y J.A. GARCIA¹

¹Area de Ecología, Facultad de Biología, Universidad de Salamanca, Campus Unamuno, 37007 Salamanca. belenfs@usal.es. ²Area de Ecología, E.T.S.II.AA. de Palencia, Universidad de Valladolid, 34004 Palencia.

RESUMEN: Se estudió la influencia de *Cytisus multiflorus* sobre el estrato herbáceo en el Noroeste de la provincia de Salamanca en dos años consecutivos, el primero seco y el segundo húmedo. Se analizó: la biomasa aérea de herbáceas, la cobertura total y la cobertura de gramíneas y de leguminosas, en función de la distancia a la leñosa, de la orientación y del año. Los resultados obtenidos ponen de manifiesto la existencia de diferencias significativas respecto a la distancia para la cobertura total y la de leguminosas; y respecto al rumbo para la cobertura de gramíneas y leguminosas. No obstante, los efectos del matorral son más o menos claros según el año de muestreo.

Palabras clave: Escoba blanca, herbáceas, biomasa, gramíneas, leguminosas.

Influence of Cytisus multiflorus on pasture quantity and quality in dehesa systems

SUMMARY: The influence of *Cytisus multiflorus* on the herbaceous layer in the Northwest of Salamanca province was studied in two consecutive years, the first one moister and the second drier. Herbaceous species aboveground biomass and total cover, and Grasses and Legumes cover were analysed as a function of the distance from the woody species, orientation (N, S, E, and W) and year of sampling. The results showed significant differences in relation to the distance for total cover and Legumes cover. The orientation influenced Grasses and Legumes cover. However, the effects of the shrub were more or less clear depending on the sampling year.

Key words: White broom, herbaceous layer, biomass, Grasses, Legumes.

INTRODUCCION

La influencia de las especies arbóreas en la comunidad herbácea subyacente se comenzó a estudiar hace varias décadas, detectándose con frecuencia gradientes determinados por la distancia al árbol (González Bernáldez *et al.*, 1969; Puerto *et al.*, 1980, etc.). Sin embargo, los estudios sobre los posibles efectos de especies de matorral son mucho más recientes y se limitan, por el momento, a unas pocas especies; entre ellas, destaca dentro de la Península *Retama sphaerocarpa*, especie que favorece la producción de la comunidad herbácea y modifica otras características bajo su copa (Pugnaire *et al.*, 1996; Moro *et al.*, 1997).

Cytisus multiflorus (L'Her.) Sweet, es una especie leguminosa endémica del cuadrante Noroeste de la Península Ibérica, que ocupa amplias áreas como dominante en cuanto a leñosas. En estudios previos, realizados en la comarca de Sanabria (Zamora), se detectaba una cierta influencia sobre las herbáceas (Fernández Santos *et al.*, 1996). En este estudio se pretende analizar si la escoba blanca tiene algún efecto sobre la cantidad y calidad del pasto, en una amplia zona situada al Noroeste de la provincia de Salamanca. En esta parte de la Meseta, *Cytisus multiflorus* ocupa amplias extensiones con baja o muy baja densidad de arbolado, que son o podrían ser aprovechadas por ganado en régimen extensivo.

MATERIAL Y METODOS

El estudio se ha realizado en el cuadrante Noroeste de la provincia de Salamanca, en áreas con relieve suavemente ondulado. Los suelos son arenosos y ácidos, con predominio de cambisoles sobre granitos (Dorrónsoro, 1992). El clima es Mediterráneo subhúmedo (600-700 mm anuales), con pronunciada sequía estival. La vegetación natural de *Quercus rotundifolia* y *Quercus pyrenaica* constituye formaciones adehesadas poco densas y en bastantes zonas los árboles sólo permanecen en los linderos. El sustrato herbáceo frecuente-

mente está invadido por matorrales, con *Cytisus multiflorus* como dominante. El uso tradicional es el pastoreo con ganado ovino y bovino en régimen extensivo, y el matorral suele quemarse en pequeñas manchas cada pocos años.

El estudio se llevó a cabo en dos años consecutivos con notable diferencia en los valores de precipitación, sobre todo en primavera; el primer año (año seco) con 10 mm de precipitación en Mayo y 58 mm en Junio, y el segundo año (año húmedo), con 51 mm en Mayo y 111 mm en Junio, siendo los valores medios de 54 mm en Mayo y 46 mm en Junio (promedio de una serie de 20 años correspondientes a la estación de Villarmuerto). Cada año se seleccionaron 13 plantas grandes y aisladas de *Cytisus multiflorus* y en cada planta se estudiaron cuatro transectos siguiendo los rumbos principales, Norte, Sur, Este y Oeste; cada transecto constaba de cinco cuadrados (de 20 x 20 cm) contiguos: los dos primeros debajo de la planta, el tercero en el límite del área de proyección de la misma y los dos siguientes fuera del área de proyección. En los 520 cuadrados se anotaron todas las especies presentes, cuantificando su valor de importancia como de cobertura de su proyección vertical, y se recogió la biomasa aérea; el peso seco se obtuvo tras secar a 80°C durante 24 horas.

Con los datos obtenidos se han analizado: biomasa aérea, cobertura total, cobertura de gramíneas y cobertura de leguminosas. Como tratamiento estadístico se han empleado Análisis de la Varianza de tres vías (año, rumbo y distancia al matorral) para cada variable dependiente, seguido de los contrastes *a posteriori* con el test de Tukey si se obtenían diferencias significativas ($p < 0,05$) o altamente significativas ($p < 0,01$).

RESULTADOS Y DISCUSION

Para la biomasa aérea de herbáceas no se detecta ningún efecto significativo del matorral, ni en distancias, ni en rumbos, aunque los valores de biomasa media son ligeramente menores en el inventario 1 (Figura 1a); además, tampoco hay diferencias significativas entre el año húmedo y el seco, pero los valores en el año

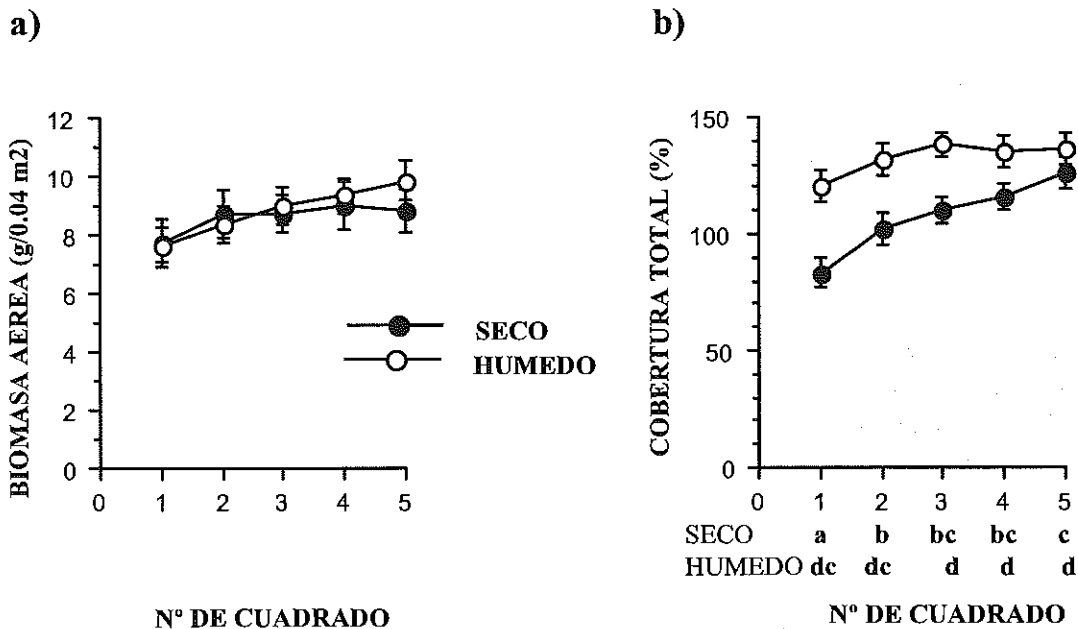


Figura 1.-Valores medios (n=52) y errores estándar de a) Biomasa aérea (peso seco) y b) Cobertura total, obtenidos en función de la distancia al matorral y año de muestreo. Resultados de los contrastes *a posteriori*, diferentes letras indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

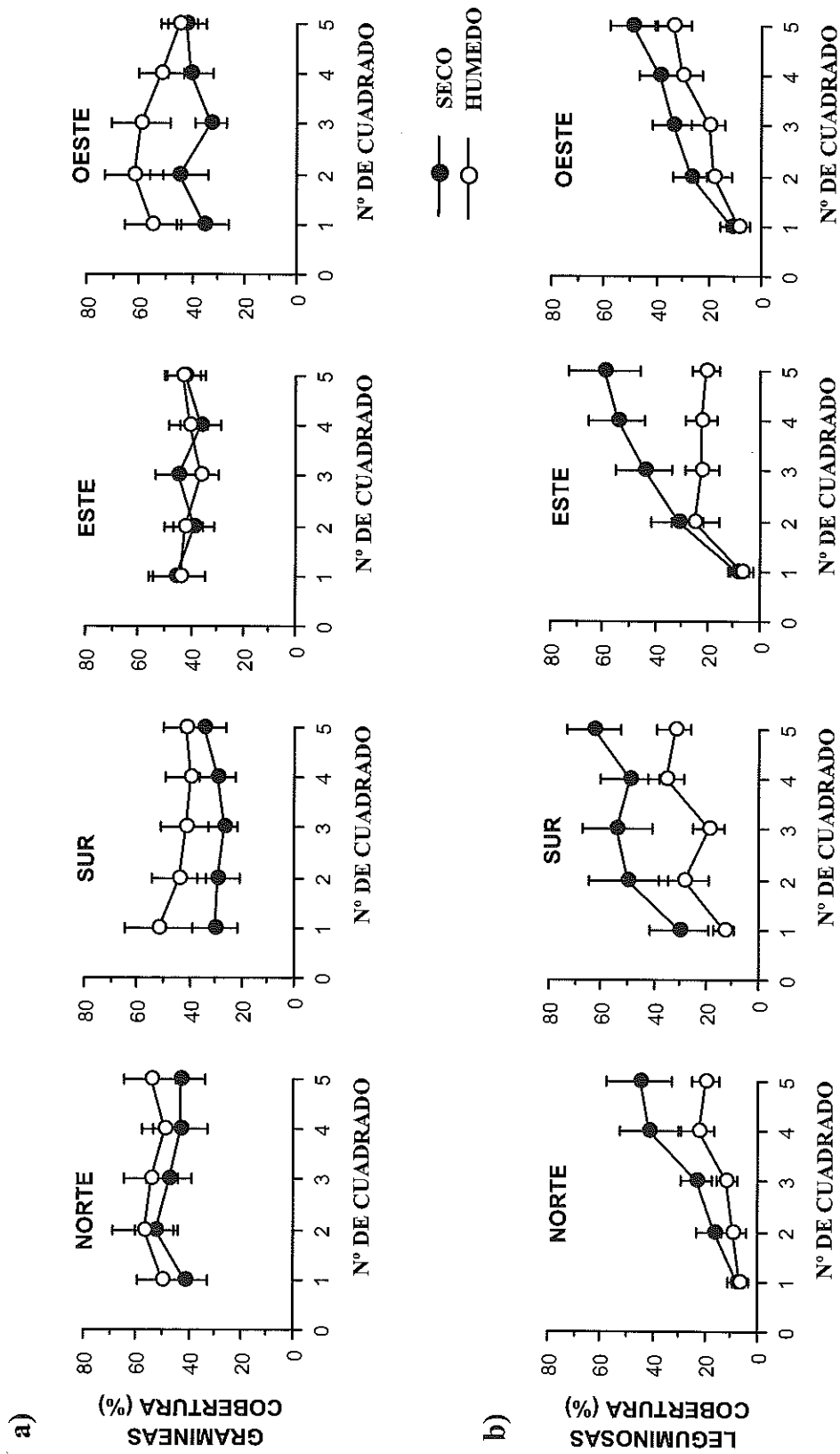


Figura 2.—Valores medios (n=13) y errores estándar de a) Cobertura total de gramíneas y b) Cobertura total de leguminosas, obtenidos en función de la distancia al matorral, orientación y año de muestreo.

húmedo tienden a ser mayores al aumentar la distancia a la planta, lo que parece indicar que *Cytisus multiflorus* puede tener un ligero efecto negativo sobre la biomasa de herbáceas en los años húmedos.

Por el contrario, los resultados sobre cobertura total de herbáceas sí detectan diferencias altamente significativas respecto a la distancia y al año de muestreo (Figura 1b). Las mayores coberturas se observan siempre en el año húmedo, superando ampliamente el 100% en todos los cuadrados, debido a la superposición de estratos, y sin diferencias significativas en función de la distancia. Sin embargo, los valores obtenidos para el año seco sí difieren significativamente y son mayores al aumentar la distancia a la planta. Por tanto, cuando disminuye la precipitación en estas áreas, la presencia de *Cytisus multiflorus* condiciona una menor cobertura de herbáceas principalmente en los enclaves bajo cubierta.

En cuanto a cobertura de gramíneas hay diferencias altamente significativas en función del año y del rumbo. La cobertura es mayor en el año húmedo y en orientación Norte respecto a la Sur, siendo esto último más destacable en el año seco. Las mayores diferencias en cuanto a distancia, aunque no significativas, se aprecian el año húmedo en las orientaciones Sur y Oeste, donde el matorral parece tener un cierto efecto positivo sobre la cobertura de gramíneas en los enclaves bajo cubierta (Figura 2a). Estos resultados difieren de la clara tendencia al aumento de las gramíneas bajo cubierta detectada en árboles (González Bernáldez *et al.*, 1969; Díez *et al.*, 1991) y en otros matorrales de leguminosas, como *Retama sphaerocarpa* (Pugnaire *et al.*, 1996; Moro *et al.*, 1997), pero son similares a lo encontrado en la comarca de Sanabria (Fernández Santos *et al.*, 1996).

Para la cobertura de leguminosas se obtienen diferencias altamente significativas en función de la distancia, del rumbo y del año (Figura 2b). Los valores medios tienden a aumentar a medida que se incrementa la distancia al centro de la planta; los resultados de los contrastes *a posteriori* ponen de manifiesto el gradiente condicionado por la leñosa: se obtienen diferencias significativas entre el inventario primero y todos los demás, y entre el segundo y tercero respecto a los situados fuera de la cubierta. En cuanto a la orientación, la cobertura es menor en el Norte que en Sur, representando estos dos rumbos los valores extremos. Así pues, en este aspecto *Cytisus multiflorus* presenta un efecto similar al detectado en árboles (Díez *et al.*, 1991), reduce la cobertura de leguminosas y su efecto es máximo en el Norte y mínimo en el Sur. Por lo que se refiere al año de muestreo, se obtienen valores claramente más altos el año seco que el húmedo, a diferencia de lo obtenido para gramíneas.

CONCLUSION

Con los resultados obtenidos se puede concluir que el matorral de escoba blanca no tiene efecto claro sobre la biomasa de herbáceas, aunque sí dé lugar a una disminución de la cobertura total, principalmente bajo cubierta, durante los años con menor precipitación. Esto es debido en gran parte al efecto negativo que el matorral representa para la cobertura de leguminosas.

Por otro lado, la cobertura de leguminosas aumenta siempre en condiciones más secas, es decir, en años con menor precipitación, en orientación Sur y fuera de la cubierta de matorral.

AGRADECIMIENTOS

A la Dra. Tárrega por sus comentarios y apoyo para la realización de este trabajo.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- DÍEZ, C.; LUIS, E.; VALBUENA, L., 1991. Degradation process in traditional systems of sylvopastoral managements in "dehesa" systems dominated by *Quercus pyrenaica*. En: *IV International Rangeland Congress*. Montpellier (Francia).
- DORRONSORO, C.F., 1992. Suelos. En *El libro de las dehesas salmantinas*, 487-542. Coord. J.M. Gómez. Junta de Castilla León, Salamanca.
- FERNÁNDEZ SANTOS, B.; GÓMEZ, J.M.; GRANDE, G.; TARREGA, R. 1996. Efectos del matorral sobre l herbáceas, en la comarca de Sanabria. En *Actas XXXVI R.C. SEEP*, La Rioja (España), 107-111.
- GONZÁLEZ BERNÁLDEZ, F.; MOREY, M.; VELASCO, F., 1969. Influences of *Quercus ilex rotundifolia* on the herb layes at the El Pardo forest (Madrid). *Bol. R. Soc. Española Hist. Nat. (Biol.)*, **67**, 265-284.
- MORO, M.J.; PUGNAIRE, F.I.; HAASE, P.; PUIGDEFÁBREGAS, J., 1997. Effect of the canopy of *Retama sphaerocarpa* on its understorey in a semi-arid environment. *Functional Ecology*, **11**, 425-431.
- PUERTO, A.; ALONSO, H.; GÓMEZ, J.M., 1980. Efecto del arbolado sobre los estratos inferiores de vegetación en distintas comunidades de pastizal. *Anales de Edafología y Agrobiología*, **34**, 1321-1330.
- PUGNAIRE, F.I.; HAASE, P.; PUIGDEFÁBREGAS, J.; CUETO, M.; CLARK, S.C.; INCOLL, L.D., 1996. Facilitation and succession under the canopy of a leguminous shrub, *Retama sphaerocarpa*, in a semi-arid environment in south-east Spain. *Oikos*, **76**, 455-464.

Descomposición de la hojarasca de tres especies de gramíneas de la zona sur de Madrid

J. CORONA, M.E. PÉREZ-CORONA y F. BERMÚDEZ DE CASTRO

Departamento de Ecología. Facultad de Biología. Universidad Complutense. 28040 Madrid.

RESUMEN: En este trabajo se exponen los resultados de la descomposición de la hojarasca del primer año de muestreo -diciembre 2001 a diciembre 2002- de *Bromus sterilis* L., *Hordeum murinum* L. y *Elymus pungens* (Pers.) Melderis, tres especies de gramíneas dominantes en el sotobosque de un bosque de *Elaeagnus angustifolia* L., localizado en el municipio de Valdemoro, al sur de Madrid. El objetivo del estudio fue determinar la velocidad de descomposición de la hojarasca de estas tres especies considerando además dos factores: el efecto del dosel de *E. angustifolia* (dentro y fuera) y el efecto de un gradiente humedad y perturbación. Como variable de estudio se consideró el cambio de peso de la biomasa enterrada libre de cenizas a lo largo del tiempo. Los resultados del análisis de varianza indican que existen diferencias significativas tanto entre las especies como entre las diferentes zonas del bosque ($P < 0,001$) de tal manera que las zonas menos perturbadas y con más humedad presentan tasas superiores de descomposición. No existen diferencias significativas en las tasas de descomposición de las hojarascas de las diferentes especies dentro y fuera del dosel. Las medias de las tasas de descomposición (k_{media}) fueron: 0,59-0,54 para *H. murinum*, 0,50-0,52 para *B. sterilis* y 0,42-0,40 para *E. pungens*, dentro y fuera del dosel respectivamente. *E. pungens* presenta la tasa de descomposición más baja, lo cual implica que los nutrientes de su hojarasca están retenidos en ella por un mayor periodo de tiempo que en las otras especies.

Palabras clave: *Hordeum murinum*, *Bromus sterilis*, *Elymus pungens*, k de Olson.

Litter decomposition of three species of grass of the south area of Madrid

SUMMARY: We study the first year - December 2001 to December 2002-litter decomposition of three grass-land species: *Bromus sterilis* L., *Hordeum murinum* L. and *Elymus pungens* (Pers.) Melderis. The three species are common in the understory of a little forest of *Elaeagnus angustifolia* L. located in the municipality of Valdemoro, southern Madrid. The main goal of this study was to quantify the decomposition rate of the three different litter types also considering two factors: the effect of the canopy of *E. angustifolia* (inside or outside) and the effect of a gradient of soil moisture and disturbance. As study variable we considered the changes of the ash-free dry biomass throughout the time. The ANOVA results indicate that there are differences among species and different areas ($P < 0.001$) indicating that less disturbance and higher soil moisture conditioned higher decomposition rates. Significant differences don't exist in the rates of decomposition of the litter of the different species under the canopy effect but for *E. pungens*. The mean decomposition rate (k) for each species were: (0.59 and 0.54) for *H. murinum*, (0.50 and 0.52) for *B. sterilis* and (0.42 and 0.4) for *E. pungens* inside of and outside of the canopy respectively. *E. pungens* is the species that shows the lowest rate of decomposition, that which probably implies that nutrients are slowly liberated and thus retained in litter.

Key words: *Hordeum murinum*, *Bromus sterilis*, *Elymus pungens*.

INTRODUCCIÓN

La descomposición de la hojarasca es uno de los procesos más importantes en los ecosistemas terrestres, ya que condiciona la productividad mediante la regulación de la disponibilidad de los nutrientes necesarios para el crecimiento de las plantas. La tasa de descomposición en cada sistema depende de varios factores como son: la naturaleza de la hojarasca, la cantidad de materia orgánica del suelo, su composición química, la aireación, humedad del suelo, pH, la comunidad de organismos descomponedores y otras características del medio (Koukura, 1998).

Estudios en pastizales de clima mediterráneo han demostrado que la tasa de descomposición de las plantas difiere debido a las variaciones interespecíficas de sus tipos de hojarasca (Koukura *et al.*, 2003). Además se ha encontrado que la descomposición de las especies abundantes en estas comunidades influyen en la productividad de los pastos (Chen y Stark, 2000).

Este trabajo se realizó en un bosque de *Elaeagnus angustifolia*, donde la vegetación del sotobosque está constituida principalmente por gramíneas herbáceas. Entre las especies dominantes se encuentran: *Bromus sterilis*, *Hordeum murinum* y *Elymus pungens* (Girón *et al.*, 2003), por lo que probablemente sea la descomposición de su hojarasca la que aporte mayor cantidad de nutrientes al sistema, influyendo con esto en la productividad de la vegetación. El objetivo principal de este estudio fue investigar la tasa de descomposición de las tres especies en diferentes zonas del bosque caracterizadas por un gradiente de humedad y perturbación y, por otra parte, determinar la influencia del dosel de la especie arbórea de la zona en la descomposición de la hojarasca.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

Este trabajo se realizó en el sotobosque herbáceo de un bosque de *Elaeagnus angustifolia* ubicado en la zona sur de Madrid en el término municipal de Valdemoro (40° 11' 50" N y 3° 39' W) (Bermúdez de Castro *et al.*, 1987). El bosque tiene una extensión aproximada de 35 ha. El clima es mediterráneo. La temperatura media anual es de 14,2°C y la precipitación anual es de 445 mm. Se halla en la cuenca alta del Tajo, en la depresión terciaria miocénica de la región Castellano - Manchega. El suelo es un solonchack, yesoso, gley alcalino, muy rico en sulfato cálcico y con gran concentración de sales solubles (Ron, 1971).

El bosque de *Elaeagnus angustifolia* se encuentra sobre una pradera juncal salina mediterránea que pertenece a la clase *Juncetea maritimi* Br.-Bl (Ron, 1971), con una alta proporción de gramíneas. Entre las especies de gramíneas más comunes se encuentran: *Hordeum murinum* L., *Elymus pungens* (Pers.) Melderis. y *Bromus sterilis* L. (Girón *et al.*, 2003). Antiguamente el bosque fue la Dehesa Boyal del municipio, y era utilizado por el pueblo como zona de explotación ganadera y de cultivo. Desde hace algunos años es zona verde protegida del municipio.

Diseño Experimental y recogida de muestras

La hojarasca de las tres especies de gramíneas se recogió al azar en los meses de julio - septiembre de 2001, cuando las plantas estaban secas y se llevó al laboratorio donde se secó al aire. Se elaboraron bolsas para cada especie con 3 g de peso seco de hojarasca. Las bolsas eran de nailon de 30 cm de largo por 5 cm de ancho y 2 mm de luz de malla, tamaño suficiente para permitir la entrada de mesofauna y evitar la salida de hojarasca.

El enterramiento de la hojarasca se realizó en tres sitios del bosque, tomando en cuenta un gradiente de humedad y perturbación antrópica (zona 1: menor humedad, mayor perturbación; zona 3: mayor humedad, menor perturbación; zona 2: intermedia). Además el enterramiento se realizó dentro y fuera del dosel de *E. angustifolia*, con el fin de determinar la influencia del árbol en la descomposición.

Las bolsas se enterraron superficialmente en el mes de diciembre del 2001, en parcelas de 1 x 1 m de lado, de manera que estuvieran en contacto con el suelo por todas partes. Cada mes se desenterraron 3 bolsas de cada tipo de hojarasca y se llevaron al laboratorio para proceder a su análisis. El material remanente en las bolsas se lavó con agua de grifo, se secó (75 °C durante 48 h) y pesó para obtener la pérdida de peso de la hojarasca con el tiempo. Además, se estimó el contenido en cenizas de la hojarasca en cada caso, para así conocer la posible contaminación de las muestras con material exógeno de naturaleza inorgánica. Para ello, 100 mg de cada muestra se calcinaron a 560 °C en un horno mufla durante 6 horas.

Análisis de datos

La tasa anual de descomposición fue calculada usando la ecuación de Olson (1963):

$$\ln(X_0/X_t) = kt$$

donde X_0 es la cantidad inicial de hojarasca, X_t es la cantidad de hojarasca remanente en el tiempo, k es la tasa de descomposición y t es el tiempo transcurrido expresado en años.

Para determinar si existían diferencias significativas en las tasas de descomposición para los tres factores de variación (especies, sitios y dosel) se ha utilizado un ANOVA. Cuando las diferencias eran significativas se utilizó un test LSD para determinar las diferencias entre los niveles de cada factor (STATISTICA 5.0).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La masa remanente de la hojarasca de las tres especies de gramíneas mostró a lo largo de un año una tendencia general a la disminución, con una fase de caída rápida durante los primeros tres meses (Figura 1).

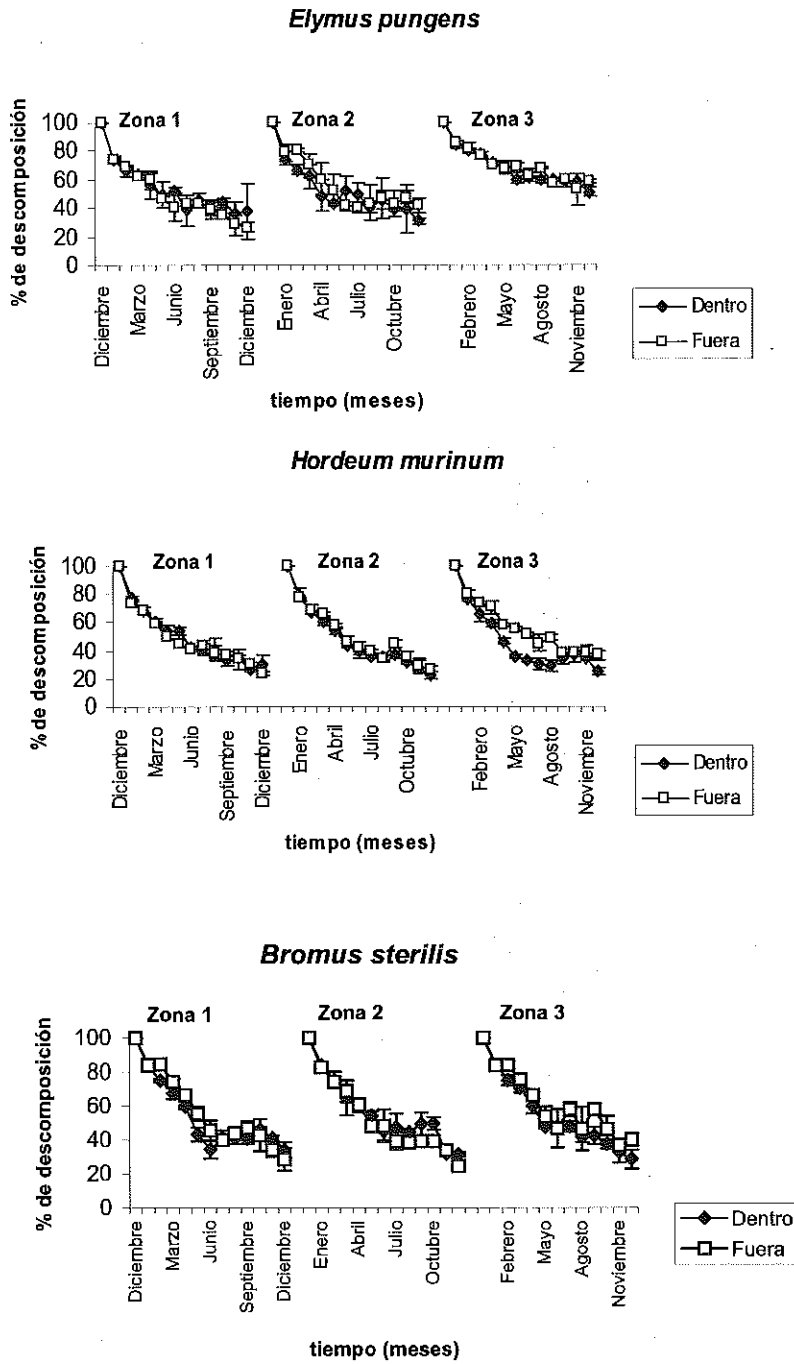


Figura 1.-Variación de la masa remanente de hojarasca de las tres especies de gramíneas en tres zonas de enterramiento con dos tratamientos (dentro y fuera) a lo largo de un año.

Los porcentajes de masa remanente finales oscilaron aproximadamente entre: 40-42% para *E. pungens*, 26-30% para *B. sterilis*, y entre 32-31% para *H. murinum*, dentro y fuera del dosel respectivamente. *E. pungens* presenta los porcentajes más altos de masa residual en los tres sitios -perdiendo aproximadamente un 42% de su masa inicial-, siendo por lo tanto, la especie que tiene mayor resistencia a la descomposición de su hojarasca. Sin embargo *B. sterilis* y *H. murinum* muestran un patrón de descomposición rápida perdiendo a lo largo del año de aproximadamente un 70% de su masa. Probablemente la diferencia en la descomposición entre las especies sea por la distinta composición química de la hojarasca (Gallardo y Merino, 1993).

Las tasas medias de descomposición (k_{media}) de la hojarasca dentro y fuera del dosel expresados en año^{-1} , oscilaron entre valores de 0,40-0,42 en *E. pungens*, 0,59-0,54 en *B. sterilis* y 0,50-0,52 en *H. murinum* (Tabla 1). Estos resultados de la velocidad de descomposición de los diferentes tipos de hojarasca coinciden con los encontrados en otras especies de gramíneas de pastizales en ambiente mediterráneo con un año de enterramiento, como *Festuca ovina* (0,55), *Chrysopogon gryllus* (0,51) y *Dichanthium ischaemum* (0,59) (Koukura, 1998).

Tabla 1. Valores de las tasas de descomposición de *E. pungens*, *B. sterilis* y *H. murinum* en las tres zonas de enterramiento dentro y fuera del dosel.

Especie	Zonas	Valores de K (año^{-1})	
		dentro	fuera
<i>E. pungens</i>	1	0,45	0,58
	2	0,52	0,39
	3	0,29	0,23
	K media	0,42	0,40
<i>H. murinum</i>	1	0,53	0,62
	2	0,65	0,57
	3	0,60	0,44
	K media	0,59	0,54
<i>B. sterilis</i>	1	0,47	0,55
	2	0,50	0,61
	3	0,55	0,40
	K media	0,50	0,52

Tabla 2. Análisis de varianza del efecto de la especie, el dosel y la zona de enterramiento en las tasas de descomposición de las hojarascas de *H. murinum*, *B. sterilis* y *E. pungens* (g.l. = grados de libertad. F = Estadístico de contraste. P = nivel de significación).

Factor	gl	F	P
Especie	2	22,592661	0,00000
Zona	2	15,438139	0,00001
Dosel	1	0,9802485	0,32875
Especie y zona	4	4,0873013	0,00783
Especie y dosel	2	0,8541701	0,43408
Zona y dosel	2	10,802244	0,00021
Especie, zona y dosel	4	2,2940361	0,07818

Los datos obtenidos indican que la velocidad de descomposición de la hojarasca es menor en *E. pungens* que en *B. sterilis* y *H. murinum*. Por lo tanto *E. pungens* resulta ser la especie más resistente a la descomposición por su composición orgánica, lo que permite que los nutrientes liberados por su hojarasca estén retenidos por un mayor periodo de tiempo (Tabla 1).

Por otro lado, el análisis de varianza demostró que hay diferencias significativas ($P < 0,001$) en la tasa de descomposición entre las especies y las zonas de enterramiento, no existiendo efecto significativo del dosel (Tabla 2). Sin embargo, las interacciones especie x zona y zona x dosel, mostraron que esta tendencia general

no se cumple para todas las zonas y especies. En la interacción especie x zona indicó que *E. pungens* presentó diferencias significativas entre zonas ($p < 0,05$), pero *B. sterilis* y *H. murinum* no mostraron diferencias entre los sitios de enterramiento ($p > 0,05$). Probablemente esto se deba a que el efecto de la zona de enterramiento no afecta por igual a las tres especies siendo *E. pungens* más sensible al efecto de las perturbaciones y de la humedad.

En cuanto a la interacción zona x dosel, se mostró que sí existen efectos significativos del dosel en algunos sitios de enterramiento, encontrando diferencias en la descomposición dentro y fuera del dosel de la zona tres ($p < 0,05$). Estas diferencias provocadas por el dosel de *E. angustifolia* probablemente se deban a las características de la zona tres, ya que se sitúa en la parte menos perturbada de bosque y más cercana a un arroyo, por lo que el efecto del dosel puede manifestarse cuando la falta de humedad o la perturbación antrópica no homogenizan las características edáficas de las zonas.

CONCLUSIONES

El trabajo muestra que los valores de la velocidad de descomposición de los diferentes tipos de hojarasca son, en general, parecidos a los encontrados en otras especies de gramíneas en pastizales mediterráneos. *H. murinum* y *B. sterilis* presentan una velocidad de descomposición mayor a lo largo del año de enterramiento, mientras que la hojarasca de *E. pungens* se descompone más lentamente, probablemente esta diferencia este relacionada con la composición química de la hojarasca. Así mismo se detecta una zonación interesante en el bosque que diferencia zonas menos perturbadas donde los efectos de la vegetación sobre el suelo parecen más conservados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BERMÚDEZ DE CASTRO, F.; DORDA, J.; ESTEBAN, M. L.; MÜLLER, A., 1987. El bosque de *Elaeagnus angustifolia* L. de Valdemoro (Madrid). *Boletín de la Estación Central de Ecología*, **31**, 83-91
- CHEN, J.; STARK, J. M., 2000. Plant species effects and carbon and nitrogen cycling in a sagebrush – crested wheat-grass soil. *Soil Biol. Biochem.*, **32**, 47-57.
- GALLARDO, A.; MERINO, J., 1993. Leaf decomposition in two mediterranean ecosystems of southwest Spain: influence of substrate quality. *Ecology*, **74**, 152-161.
- GIRÓN, M.; CORONA, J.; PÉREZ-CORONA, M. E; BERMÚDEZ DE CASTRO, F., 2003. Sotobosque herbáceo de un bosque de *Elaeagnus angustifolia* L. en Valdemoro (Madrid). XV Reunión Bienal de la Real Sociedad Española de Historia Natural. La Coruña. Resumen, pág., 85.
- KOUKURA, Z., 1998. Decomposition and nutrient release from C3 and C4 plant litters in a natural grassland. *Acta Oecologica*, **19**, 115-123.
- KOUKURA, Z.; MAMOLOS, A. P.; KALBURTJI, K. L., 2003. Decomposition of dominant species litter in a semi-arid grassland. *Applied Soil Ecology*, **23**, 13-23.
- OLSON, J. S., 1963. Energy storage and the balance of producers and decomposers in ecological systems. *Ecology*, **44**, 322-331
- RON, M., 1971. Sobre el carácter subespontáneo de *Elaeagnus angustifolia* L. *Anales de la Real Academia de Farmacia*, **37**, 229-240.

La calidad nutritiva y el crecimiento de *Trifolium subterraneum* se modula por las concentraciones ambientales de ozono y la fertilización con nitrógeno

J. SANZ¹, R.B. MUNTIFERING², B.S. GIMENO¹ y V. BERMEJO¹

¹Ecotoxicología de la Contaminación Atmosférica, CIEMAT- MCT (Ed. 70), Avda. Complutense 22, 28040, Madrid, España. ²Department of Animal and Dairy Sciences, Auburn University, Auburn, AL 36849, USA.

RESUMEN: Se ha estudiado conjuntamente la influencia de las concentraciones ambientales de ozono (O₃) y de la fertilización con nitrógeno (N) en el crecimiento y la calidad nutritiva de una especie sensible al O₃ y de gran importancia pascícola, como es *Trifolium subterraneum*. El experimento se desarrolló empleando cámaras descubiertas (OTCs), un sistema experimental diseñado específicamente para el estudio de los efectos de los contaminantes atmosféricos en especies vegetales. Se emplearon tres tratamientos de O₃: aire filtrado de O₃ cuya concentración no sobrepasa las 15 ppb (AF), aire no filtrado que reproduce las concentraciones ambientales del contaminante (ANF) y aire no filtrado al que se le añaden 40 ppb de O₃ por encima del ambiente (ANF+). Al mismo tiempo, se emplearon tres tratamientos de fertilización: 5, 15 y 30 kg ha⁻¹ de N. El incremento de O₃ provocó una reducción de la biomasa aérea del trébol y un deterioro de su calidad nutritiva debido a un incremento en el contenido en fibra ácido y neutro-detergente (FAD y FND) y lignina que se interpreta como una aceleración de la senescencia. El contenido en FAD fue modulado por una interacción entre los factores considerados, de forma que la fertilización nitrogenada intensificó el efecto del O₃.

Palabras clave: fibra ácido-detergente (ADF), fibra neutro-detergente (NDF), lignina, proteína bruta (PB).

*The nutritive quality and the growth of *Trifolium subterraneum* are modulated by ambient ozone concentrations and nitrogen fertilization*

SUMMARY: The influence of ambient ozone (O₃) concentrations and nitrogen fertilization, singly and in combination, on the growth and nutritive quality of *Trifolium subterraneum* was assessed. This is an O₃-sensitive species of a great pastoral value. Plant material was enclosed in open-top chambers (OTCs), an experimental system especially designed for the assessment of air pollution effects on plants. Three O₃ factor levels were established: Filtered air with O₃ concentrations below 15 ppb (AF), non-filtered air with O₃ concentrations in the range of ambient levels (ANF), and non-filtered air supplemented with 40 ppb O₃ over ambient levels (ANF+). Similarly, three N factor levels were defined: 5, 15 and 30 kg ha⁻¹. The increase in O₃ exposure induced a reduction of the clover aerial biomass. Its nutritive quality was also negatively affected since an increase in the acid and neutral detergent fibre (FAD and FND) content and in the lignin concentration were found. The latter effect appears to be related with senescence acceleration. The increment in nitrogen supplementation enhanced the increase of FAD levels in those plant simultaneously exposed to ambient and above-ambient O₃ concentrations.

Key words: acid detergent fibre (ADF), neutral detergent fibre (NDF), lignine, crude protein (CP).

INTRODUCCIÓN

Uno de los contaminantes atmosféricos más importantes en el área mediterránea es el ozono (O₃), por su fitotoxicidad y por constituir un problema de extensión regional que además afecta especialmente al entorno rural alejado de las fuentes de contaminación. En las dos últimas décadas se ha puesto de manifiesto los efectos adversos que las concentraciones ambientales de este contaminante inducen sobre distintos cultivos hortícolas y especies forestales de la península Ibérica, a distintas escalas de organización, y que frecuentemente se traducen en reducciones de su crecimiento y producción (Gimeno *et al.*, 1999). En trabajos recientes se señala la elevada sensibilidad al O₃ que presentan algunas especies anuales pertenecientes a los pastizales de las dehesas peninsulares, destacando las especies del género *Trifolium* analizadas (Bermejo *et al.*, 2003; Gimeno *et al.*, 2004).



La calidad nutritiva y el crecimiento de *Trifolium subterraneum* se modula por las concentraciones ambientales de ozono y la fertilización con nitrógeno

J. SANZ¹, R.B. MUNTIFERING², B.S. GIMENO¹ y V. BERMEJO¹

¹Ecotoxicología de la Contaminación Atmosférica, CIEMAT- MCT (Ed. 70), Avda. Complutense 22, 28040, Madrid, España. ²Department of Animal and Dairy Sciences, Auburn University, Auburn, AL 36849, USA.

RESUMEN: Se ha estudiado conjuntamente la influencia de las concentraciones ambientales de ozono (O₃) y de la fertilización con nitrógeno (N) en el crecimiento y la calidad nutritiva de una especie sensible al O₃ y de gran importancia pascícola, como es *Trifolium subterraneum*. El experimento se desarrolló empleando cámaras descubiertas (OTCs), un sistema experimental diseñado específicamente para el estudio de los efectos de los contaminantes atmosféricos en especies vegetales. Se emplearon tres tratamientos de O₃: aire filtrado de O₃ cuya concentración no sobrepasa las 15 ppb (AF), aire no filtrado que reproduce las concentraciones ambientales del contaminante (ANF) y aire no filtrado al que se le añaden 40 ppb de O₃ por encima del ambiente (ANF+). Al mismo tiempo, se emplearon tres tratamientos de fertilización: 5, 15 y 30 kg ha⁻¹ de N. El incremento de O₃ provocó una reducción de la biomasa aérea del trébol y un deterioro de su calidad nutritiva debido a un incremento en el contenido en fibra ácido y neutro-detergente (FAD y FND) y lignina que se interpreta como una aceleración de la senescencia. El contenido en FAD fue modulado por una interacción entre los factores considerados, de forma que la fertilización nitrogenada intensificó el efecto del O₃.

Palabras clave: fibra ácido-detergente (ADF), fibra neutro-detergente (NDF), lignina, proteína bruta (PB).

The nutritive quality and the growth of Trifolium subterraneum are modulated by ambient ozone concentrations and nitrogen fertilization

SUMMARY: The influence of ambient ozone (O₃) concentrations and nitrogen fertilization, singly and in combination, on the growth and nutritive quality of *Trifolium subterraneum* was assessed. This is an O₃-sensitive species of a great pastoral value. Plant material was enclosed in open-top chambers (OTCs), an experimental system especially designed for the assessment of air pollution effects on plants. Three O₃ factor levels were established: Filtered air with O₃ concentrations below 15 ppb (AF), non-filtered air with O₃ concentrations in the range of ambient levels (ANF), and non-filtered air supplemented with 40 ppb O₃ over ambient levels (ANF+). Similarly, three N factor levels were defined: 5, 15 and 30 kg ha⁻¹. The increase in O₃ exposure induced a reduction of the clover aerial biomass. Its nutritive quality was also negatively affected since an increase in the acid and neutral detergent fibre (FAD and FND) content and in the lignin concentration were found. The latter effect appears to be related with senescence acceleration. The increment in nitrogen supplementation enhanced the increase of FAD levels in those plant simultaneously exposed to ambient and above-ambient O₃ concentrations.

Key words: acid detergent fibre (ADF), neutral detergent fibre (NDF), lignine, crude protein (CP).

INTRODUCCIÓN

Uno de los contaminantes atmosféricos más importantes en el área mediterránea es el ozono (O₃), por su fitotoxicidad y por constituir un problema de extensión regional que además afecta especialmente al entorno rural alejado de las fuentes de contaminación. En las dos últimas décadas se ha puesto de manifiesto los efectos adversos que las concentraciones ambientales de este contaminante inducen sobre distintos cultivos hortícolas y especies forestales de la península Ibérica, a distintas escalas de organización, y que frecuentemente se traducen en reducciones de su crecimiento y producción (Gimeno *et al.*, 1999). En trabajos recientes se señala la elevada sensibilidad al O₃ que presentan algunas especies anuales pertenecientes a los pastizales de las dehesas peninsulares, destacando las especies del género *Trifolium* analizadas (Bermejo *et al.*, 2003; Gimeno *et al.*, 2004).

Otra fuente importante de contaminación de origen antrópico la constituyen los compuestos nitrogenados cuyos focos más importantes son la agricultura y ganadería intensivas, la combustión del carbono fósil y la quema de biomasa. Aunque la entrada crónica de nitrógeno (N) inicialmente puede provocar un efecto positivo, con el tiempo puede llegar a sobrepasarse la capacidad de asimilación de N de algunos ecosistemas, alterando su estructura en cuanto a la composición de especies o incrementando su sensibilidad a otros estreses bióticos y abióticos (Fangmeier *et al.*, 1994).

Un estudio reciente realizado a escala del continente europeo ha señalado que las plantas que se localizan en zonas afectadas por fuentes locales de óxidos de nitrógeno pueden presentar un incremento de su sensibilidad al O₃ (Mills *et al.*, 2000).

El trébol subterráneo (*Trifolium subterraneum* L.) es una leguminosa anual originaria de la cuenca mediterránea y de las costas europeas atlánticas que presenta un notable interés pascícola. Esta especie es de gran importancia en los majadales, el pastizal más valioso de la dehesa por su densidad, por la calidad pastoral de sus especies y por su valor estratégico, determinado por su agostamiento tardío (San Miguel, 1994). Este trébol es la especie más utilizada en el área mediterránea para la recuperación de eriales y pastizales degradados, con el objetivo de prevenir la erosión, así como para incrementar su productividad cuando se pretende aumentar la carga ganadera (Crespo y Cordero, 1998). Sin embargo, este trébol ha sido calificado en estudios recientes como una especie muy sensible al O₃ (Gimeno *et al.*, 2004; Bermejo *et al.*, 2003): una breve exposición a una moderada concentración de este contaminante provoca un desarrollo temprano de daños foliares y una importante reducción de su tasa de crecimiento. Se desconoce el efecto del O₃ sobre la calidad nutricional de esta especie aunque, algunos trabajos realizados con herbáceas señalan un efecto negativo de este contaminante sobre este tipo de parámetros (Muntifering *et al.*, 2000; Powell *et al.*, 2003).

No se ha realizado ningún estudio en el que considere de forma conjunta el efecto del O₃ y del N sobre una especie pascícola de gran interés. Por ello, el objetivo del presente estudio es determinar el efecto, sobre el crecimiento y la calidad nutritiva de *Trifolium subterraneum*, que provoca una exposición simultánea a distintos niveles de fertilización nitrogenada y a distintas concentraciones de O₃.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se emplearon semillas de *Trifolium subterraneum* (L.) suministradas por el Departamento de Pastos y Forrajes del Servicio de Investigación y Desarrollo Tecnológico de la Junta de Extremadura y recolectadas en Badajoz (38°58'N 05°50'W, 279 m de altitud). Las semillas se sumergieron durante 24 horas en una solución de Germinator® (Agro-Orgánicos Mediterráneos S.L., Granada) para asegurar una germinación homogénea. Tras su hinchamiento fueron sembradas en un sustrato constituido por un 50% de vermiculita y un 50% turba neutra y posteriormente se transplantaron a macetas de 2.5 l empleando un sustrato con 50% de turba, 30% de vermiculita y 20% de perlita cuyo pH fue corregido mediante la adición de 4 kg m⁻³ de CaO. Se elaboraron tres soluciones nutritivas para obtener los tres tratamientos de fertilización con N: 5 (N5), 15 (N15) y 30 (N30) kg ha⁻¹, partiendo de un abono de base que asegurara los requerimientos minerales adecuados para el buen desarrollo de las plantas (Peters, 4/25/35) y NO₃NH₄ (34,5 %). La fertilización se realizó mediante dos aplicaciones quincenales. Para asegurar la nodulación del trébol se aportó a cada maceta 10 cm³ de tierra natural recogida en una dehesa al norte de Madrid. Se estableció un sistema de riego por goteo para asegurar un riego adecuado y homogéneo a todas las plantas.

Todo el desarrollo experimental se ha realizado en un sistema de cámaras descubiertas (OTCs) ubicado en una zona alejada de fuentes de contaminación importantes (40°41'N, 0°47'E). Se emplearon tres tratamientos de O₃: aire filtrado sin O₃ (AF), aire no filtrado que reproduce las concentraciones ambientales de O₃ (ANF) y aire no filtrado al que se añaden 40 ppb de O₃ entre las 07:00 hasta las 17:00 (GMT) 5 días a la semana (ANF+). Se emplearon 3 réplicas por tratamiento de O₃ (3 OTC por tratamiento) y 3 plantas por tratamiento de N por cada OTC. Un sistema automático y secuencial permitió un control continuo de las concentraciones de O₃, SO₂ y NO_x en el interior de cada una de las cámaras. En Pujadas *et al.* (1997) puede consultarse una descripción completa de las cámaras y del sistema de operación del campo experimental.

La biomasa aérea seca de todas las plantas se determinó a los 30 días de exposición a los tratamientos de O₃ (desde su entrada en las OTC); para ello, una vez cortada a nivel del sustrato, se desecó a 60 °C hasta peso constante. Para el análisis de la calidad nutricional, se tomaron 3 muestras por tratamiento de N y O₃ que se obtuvieron mezclando la biomasa seca de las tres macetas por OTC pertenecientes a cada tratamiento de N. Se analizó el contenido en proteína bruta (PB), utilizando la técnica de Kjeldhal. La determinación de fibra ácido y neutro detergente (FAD y FND) y lignina se determinó secuencialmente de acuerdo a los procedimientos de Goering y Van Soest (1970).

Análisis estadístico

El efecto de la fertilización con N y de las concentraciones de O₃ sobre los parámetros considerados fue analizado mediante un análisis de la varianza de doble vía para cada parámetro. Se empleó el test de Levene para analizar las diferencias entre las medias cuando el ANOVA indicó la existencia de diferencias significativas (p<0,05). Para cumplir con los requerimientos de normalidad de las variables y de sus residuos y la homocedasticidad de las varianzas, se procedió a la transformación angular (arcosen x^{0.5}) de las variables de calidad.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 se presentan los valores medios encontrados por tratamiento de O₃ y N para los parámetros analizados. La producción de biomasa aérea depende significativamente tanto de la concentración de O₃, como del aporte de N al sustrato; pero estos dos factores tienen efectos contrarios sin observarse una interacción significativa entre ambos: La biomasa del trébol se reduce con el O₃ pero su aumento se favorece con la fertilización nitrogenada. En general, y como valor medio entre los tratamientos de N, se observó una reducción de 12 y 28% en la biomasa aérea para los tratamientos ANF y ANF+ respectivamente comparado con el control AF sin O₃. Los resultados encontrados señalan a *Trifolium subterraneum* como una especie muy sensible al O₃, ya que exposiciones breves, que tan solo implican un valor del índice acumulado AOT40 de 1.196 ppb.h, son suficientes para provocar un efecto negativo en su crecimiento. Esto coincide con estudios previos (Bermejo et al., 2003; Gimeno et al., 2004) que señalan el límite de daño para esta especie por debajo del actual nivel crítico de O₃ para especies semi-naturales (Karlsson et al., 2003). El incremento de fertilización

Tabla 1. Valores medios por tratamiento de ozono (O3) y nitrógeno (N) al término del periodo de exposición (30 días) para los parámetros analizados de biomasa aérea y calidad nutricional.

	Biomasa Aérea (g)	PB (%)	FND (%)	FAD (%)	Lignina (%)
O3	<0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001
Nitrógeno	<0.001	< 0.001	n.s.	n.s.	n.s.
O3 * Nitrógeno	n.s.	n.s.	n.s.	< 0.05	n.s.
AF N5	0,79±0,06	9,42±0,68	29,19±0,54	17,78±0,28 ^a	0,35±0,06
AF N15	1,00±0,06	10,86±0,43	29,71±0,63	17,67±0,27 ^a	0,44±0,07
AF N30	1,40±0,08	14,20±0,70	29,99±0,41	17,09±0,20 ^a	0,38±0,14
ANF N5	0,70±0,04	9,87±0,50	31,12±0,49	18,97±0,22 ^{ab}	0,57±0,07
ANF N15	0,88±0,06	12,70±0,48	31,50±0,55	18,68±0,21 ^{ab}	1,11±0,10
ANF N30	1,21±0,11	16,31±0,84	34,51±1,30	19,79±0,50 ^{bc}	1,82±0,38
ANF+ N5	0,61±0,03	12,47±0,37	35,62±0,06	21,06±0,10 ^c	1,72±0,31
ANF+ N15	0,67±0,02	14,26±0,63	36,31±1,17	20,59±0,47 ^c	1,91±0,21
ANF+ N30	1,02±0,06	17,48±1,02	35,87±0,72	19,71±0,13 ^{bc}	1,80±0,22

En la primera parte de la tabla se indica el límite de significación para cada fuente de variación (O3 y N), en la segunda mitad de la tabla se señalan las medias ± es (n=3) de cada tratamiento, PB= proteína bruta; FND= fibra neutro- detergente; FAD fibra ácido- detergente; AF= Aire filtrado; ANF= aire no filtrado; ANF+ =aire no filtrado + 40 ppb de O3; N5= aporte de N total de 5 kg ha⁻¹; N15= aporte de N total de 15 kg ha⁻¹; N30= aporte de N total de 30 kg ha⁻¹. Las letras indican la separación de medias de acuerdo al test de Levene cuando la interacción O3 x N es significativa (p<0,05).

induce un notable crecimiento en esta especie, que es del orden del 23% para una dosis de 15 kg ha⁻¹ como media entre todos los tratamientos de O₃, pero que alcanza un incremento del 75% para la dosis máxima empleada de 30 kg ha⁻¹.

El contenido en PB responde con el mismo patrón a los dos factores considerados, O₃ y N, ya que el incremento de cualquiera de ellos aumenta el contenido proteico de la biomasa aérea. Los niveles ambientales de O₃ (ANF) inducen un incremento del 13% de PB respecto al control y este porcentaje alcanza el 28% en ANF+. Esta respuesta al O₃ puede deberse a un efecto de concentración creada por la reducción de biomasa que este contaminante provoca en esta especie, un patrón de respuesta que se ha encontrado en otras especies anuales de trébol (datos no presentados). El incremento de PB que provoca la fertilización se acerca al 19% en N15 y al 51% en N30 y estaría relacionado directamente con un incremento de la asimilación y, por tanto, de la concentración de N en la planta.

No se ha encontrado una relación entre la fertilización del sustrato y los parámetros de calidad ADF, NDF y lignina, resultados que están de acuerdo con los estudios en campo de González *et al.* (1998) empleando una mezcla de *Trifolium* y *Lolium*. La influencia del O₃ sobre estos parámetros es sin embargo significativa, este contaminante provoca un incremento en los valores de estos tres parámetros. El aumento observado en el contenido en FAD y FND es semejante, por término medio un 9% en las plantas crecidas en ANF y un 19% en las crecidas bajo las condiciones de O₃ más elevadas. Dentro de los efectos observados en los parámetros de calidad considerados, destaca el importante incremento del contenido en lignina que alcanzó un 200% para ANF y 366% para NF+, respecto al control sin O₃. Los trabajos de Powel *et al.* (2003) trabajando con *Lespedeza cuneata* o de Muntifering *et al.* (2000) con *Paspalum notatum* apuntan en esta misma dirección, aunque el incremento de la lignina como respuesta al O₃ no fue tan intensa como en el caso de *Trifolium subterraneum*.

Las concentraciones de ADF, NDF y lignina varían considerablemente entre las distintas partes aéreas de la planta como tallo, hojas y pecíolos (Mulholland *et al.*, 1996). Por ello podría pensarse que una alteración morfológica inducida por el O₃, como por ejemplo una alteración de la tasa hojas/tallo, podría ser responsable del incremento observado en el contenido en fibra y lignina. Sin embargo, en los trabajos previos realizados con esta misma especie y bajo exposiciones de O₃ semejantes, no se observó una alteración significativa en este sentido (Gimeno *et al.*, 2004).

Durante el desarrollo vegetativo de las herbáceas se producen cambios estructurales en las paredes celulares que van unidos al aumento del contenido en ADF, NDF y lignina disminuyendo su calidad nutritiva. Esta evolución natural se ha observado en algunas especies de *Trifolium perennes* (Ayres *et al.*, 1998) y en otras anuales como *Trifolium subterraneum* (Mulholland *et al.*, 1996). El incremento en las concentraciones de estos parámetros que se ha observado como respuesta al aumento del O₃, podría ser reflejo de una senescencia precoz inducida por el contaminante. De hecho, el incremento de la senescencia evaluada mediante otros parámetros como la reducción del ciclo, es una respuesta encontrada en algunas especies anuales inducida por el O₃ (Sanz *et al.*, 2004). Sin embargo, no se ha observado en *T. subterraneum* una reducción de N asociada al proceso de maduración, como Mullholland *et al.* (1996) han descrito para esta especie.

Otro resultado destacable es la interacción detectada entre ambos factores, O₃ y N, que modulan conjuntamente el contenido en ADF, de tal forma que la fertilización nitrogenada intensifica el efecto del ozono. Para los tratamientos N5 y N15 los niveles de ozono ambientales (ANF) no provocan un incremento de ADF, esto sólo sucede si las concentraciones de O₃ son más elevadas (ANF+). Sin embargo, una fertilización mayor, como la correspondiente a N30, aumenta la sensibilidad del trébol a los niveles ambientales de O₃.

CONCLUSIONES

El trabajo pone de manifiesto la elevada sensibilidad al O₃ de *Trifolium subterraneum*. Una exposición de 30 días induce efectos en la producción de biomasa aérea y en su calidad nutritiva basada en el contenido en FAD, FND y lignina, que se interpreta como una aceleración de la senescencia. El contenido en ADF se modula por la interacción entre la fertilización nitrogenada y la concentración ambiental de O₃, de forma que el incremento de N intensifica el efecto del O₃.

AGRADECIMIENTOS

Los resultados presentados forman parte del proyecto BIOSSTRESS (UE, contrato EVK2-C-1999-00040) y del acuerdo realizado entre el Ministerio de Medio Ambiente y el CIEMAT sobre "Cargas y Niveles Críticos". Los autores agradecen al Dr. Francisco González López del Departamento de Pastos y Forrajes del Servicio de Investigación y Desarrollo Tecnológico de la Consejería de Agricultura y Medio Ambiente de la Junta de Extremadura, su cordial colaboración en el suministro de semillas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AYRES, J. F.; NANDRA, K. S.; TURNER, A. D., 1998. A study of the nutritive value of white clover (*Trifolium repens* L.) in relation to different stages of phenological maturity in the primary growth phase in spring. *Grass and Forage Science*, **53**, 250-259.
- BERMEJO, V.; GIMENO, B.S.; SANZ, J.; DE LA TORRE, D.; GIL, J.M., 2003. Assessment of the ozone sensitivity of 22 native plant species from Mediterranean annual pastures based on visible injury. *Atmospheric Environment*, **37**, 4667-4677.
- CRESPO, M.C.; CORDERO, S.A., 1998. Productividad y persistencia de ecotipos autóctonos de trébol subterráneo de la dehesa salmantina en condiciones de pastoreo. *Pastos*, **XXVIII (1)**, 89-95.
- FANGMEIER, A.; HADWIGER-FANGMEIER, A.; VAN DER EERDEN, L.; JÄGER, H.J., 1994. Effects of atmospheric ammonia on vegetation – a review. *Environ. Pollut.*, **86**, 43-82.
- GIMENO, B.S.; BERMEJO, V.; REINERT, R.A.; ZHENG, Y.; BARNES, J.D., 1999. Adverse effects of ambient ozone on watermelon yield and physiology at a rural site in Eastern Spain. *New Phytologist*, **144**, 245-260.
- GIMENO, B.S.; BERMEJO, V.; SANZ, J.; DE LA TORRE, D.; ELVIRA, S., 2004. Growth response to ozone of annual species from Mediterranean pastures (enviada, *Environ. Pollut.*).
- GOERING, H.K.; VAN SOEST, P.J., 1970. *Forage fiber analysis (apparatus, reagents, procedures an some applications)*. Agricultural Handbook N° 379. USDA/ARS. Washington (USA).
- GONZÁLEZ, A., 1998. Manejo de la pradera de raigrás inglés y trébol blanco en primavera y uso de nitrógeno para el primer corte. En: *Actas de la XXXVIII Reunión Científica de la SEEP*, 101-104. Soria (España).
- KARLSSON, P.E.; SELLDEN, G.; PLEIJEL, H., (Eds). 2003. *Establishing ozone critical levels II. UNECE Workshop Report. Summary Report*. IVL Swedish Environmental Research Institute, 379 pp. Gothenburg (Sweden).
- MILLS, G.; BALL, G.; HAYES, F.; FUHRER, J.; SKÄRBY, L.; GIMENO, B.S.; DE TEMMERMAN, L.; HEAGLE, A., 2000. Development of a multi-factor model for predicting the effects of ambient ozone on the biomass of white clover. *Environ. Pollut.*, **109**: 533-542.
- MULHOLLAND, J. G.; NANDRA, K. S.; SCOTT, G. B.; JONES, A. W.; COOMBES N. E., 1996. Nutritive value of subterranean clover in a temperate environment. *Australian Journal of Experiment Agriculture*, **36**, 803-14.
- MUNTIFERING R. B.; CROSBY, D. D.; POWEL, M. C.; CHAPPELKA, A., 2000. Yield and quality characteristics of bahia-grass (*Paspalum notatum*) exposed to ground-level ozone. *Animal Feed Science and Technology*, **84**, 243-256.
- POWEL, M. C.; MUNTIFERING R. B.; LIN, J. C., CHAPPELKA, A. H., 2003. Yield nutritive quality of sericea lespedeza (*Lespedeza cuneata*) and little bluestem (*Schizachyrium scoparium*) exposed to ground-level ozone. *Environmental Pollution*, **122**, 313-322.
- PUJADAS, M.; TERÉS, J.; GIMENO, B.S., 1997. La experiencia española en el diseño de sistemas experimentales para el estudio de efectos producidos por contaminantes gaseosos sobre especies vegetales. *Boletín de Sanidad Vegetal – Plagas*, **23**, 39-54.
- SAN MIGUEL, A., 1994. *La dehesa española. Origen, tipología, características y gestión*. E.T.S.I.M., 96 pp. Madrid (España).
- SANZ, J.; GIMENO, B.S.; BERMEJO, V.; ELVIRA, S.; ALONSO, R., 2004. The reproductive response of the Mediterranean terophyte *Trifolium striatum* to ozone is modulated by nitrogen fertilization (enviada, *Water, Air and Soil Pollution*).

Influencia del balance hídrico en la relación perennes/terófitos de pastizales mediterráneos

L. SÁNCHEZ-JARDÓN, B. ACOSTA, E. GARCÍA-IBÁÑEZ, M.A. CASADO y F. DÍAZ PINEDA

Departamento de Ecología. Facultad de Biología. Universidad Complutense. 28040-Madrid.

RESUMEN: La evaporación del agua del suelo es uno de los factores principales a la hora de determinar la disponibilidad hídrica del suelo. Se ha analizado la dinámica de la evaporación tanto en condiciones de campo (en un gradiente altitudinal y geomorfológico de humedad) como de laboratorio (simulando condiciones extremas de frío y calor). Los resultados indican que la disponibilidad hídrica depende tanto de la velocidad del proceso de evaporación como del valor inicial en el contenido de agua del suelo. Estos resultados son coherentes con la proporción de plantas anuales encontradas en estos pastizales, lo que permite realizar hipótesis sobre su comportamiento frente a cambios climáticos.

Palabras clave: cambio climático global, estrés hídrico, gradiente altitudinal, influencia geomorfológica.

Water balance influence on perennial/annual plants ratio in mediterranean grasslands

SUMMARY: Soil water evaporation is one of the major factors in determining soil water availability. In this study water evaporation dynamics have been analysed in natural conditions (altitudinal and geomorphological moisture gradient), as well as in laboratory conditions (heat and cold extreme temperatures). The results show that water availability depends on evaporation speed and the initial value of water content. The results are consistent with the proportion of annual plants found in these grasslands. This allows hypothesizing about the behaviour of annual plants and soil water availability in relation to climate change.

Key words: global climate change, water stress, altitudinal gradient, geomorphological influence.

INTRODUCCIÓN

El mundo mediterráneo, caracterizado por un verano muy seco, más o menos caluroso, y un invierno lluvioso y relativamente frío, tiene además un régimen de precipitaciones muy irregular en años consecutivos. Estas condiciones meteorológicas fluctuantes favorecen alternativamente la presencia de especies más o menos exigentes en humedad. El éxito de las plantas terófitas en ambientes mediterráneos tiene que ver con la ventaja de un ciclo anual ante las condiciones de sequía estival.

Asociado a esta variación climática, existen procesos vectoriales asociados a la dinámica de las laderas, provocando el empobrecimiento del suelo de las zonas altas (zonas de exportación de agua y materiales) en beneficio de las zonas bajas (zonas de acumulación). En estas zonas bajas se alcanzan los mayores valores de producción y tiende a concentrarse el consumo del ganado según los trabajos de Casado *et al.* (1985).

La vegetación responde a estas condiciones de humedad estableciéndose una composición florística específica para cada zona de ladera (Peco *et al.*, 1983). El éxito del carácter anual de las plantas se ve afectado cuando se suavizan las condiciones de estrés hídrico estival. La proporción de anuales estaría condicionada a escala regional por la altitud, donde cambian las temperaturas y las precipitaciones, y a escala local por la geomorfología, donde las zonas bajas de la ladera reciben el aporte de agua desde las zonas altas.

En el presente estudio se plantean situaciones comparativas en las que varían las condiciones de humedad y temperatura (asociadas a un gradiente altitudinal y posición topográfica), determinando la disponibilidad hídrica del suelo, así como su variación estacional. Simultáneamente, en condiciones de laboratorio se pretende describir el proceso de evaporación del agua y establecer empíricamente su descripción formal (matemática), difícil de cuantificar en campo por la enorme variabilidad de los factores que intervienen en el proceso. Este proceso se simula en condiciones extremas de temperatura (frío-calor). El interés de contrastar el proceso en temperaturas extremas reside en identificar variaciones en la dinámica de evaporación e inferir posibles cambios en cuanto al biotipo dominante de las especies vegetales asociado a estos gradientes de humedad.

El incremento global en las temperaturas previsto para los próximos años (IPCC, 2001), determinará previsiblemente modificaciones en cuanto al régimen de precipitaciones, lo que podría tener un efecto a escala regional y local en la distribución de las especies de plantas.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se seleccionaron cinco áreas de pastizal del centro de la península Ibérica a lo largo de un gradiente altitudinal, desde el área de El Pardo (624 m de altitud) hasta el Puerto de La Morcuera (1719 m). Todas ellas están pastadas principalmente por vacas y caballos en régimen extensivo. El clima es mediterráneo, aunque presenta una variación gradual mesoclimática, desde condiciones semiáridas y cálidas a baja altitud hasta otras más húmedas y frías. Los suelos, desarrollados sobre sustrato silíceo, son en todos los casos arenosos, aunque el contenido en materia orgánica aumenta con la altitud.

Dentro de cada localidad se estudiaron dos parcelas situadas, respectivamente, en la zona alta, de pendiente moderada, y baja, prácticamente llana, de una misma ladera orientada al Sur. Para cada parcela se ha analizado la variación estacional, considerando seis momentos sucesivos dentro del periodo vegetativo (de septiembre a julio) de un mismo año. En cada tiempo el contenido de agua se determinó por el método gravimétrico (en g/cm³ de suelo) considerando cinco muestras (sondas de siete cm de diámetro y 50 cm de profundidad) tomadas al azar en cada parcela.

Complementariamente, en laboratorio se analizó el proceso de evaporación en dos condiciones extremas de temperatura, en cámara fría (12°C) y en cámara caliente (30°C), simulando las condiciones ambientales extremas del gradiente altitudinal. Las muestras de suelo, previamente secadas (70°C durante 48 h), se colocaron en placas y regaron a saturación. Se anotó el peso inmediato al riego y los sucesivos pesos cada hora hasta la pérdida total de contenido en agua de la muestra.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Figura 1 muestra la dinámica estacional en el contenido de agua de los suelos analizados. En todos los casos el agua en el suelo disminuye linealmente a lo largo de los meses. Con la altitud aumenta la velocidad a la que se pierde el agua, especialmente en las zonas bajas de ladera. El contenido máximo y mínimo de agua alcanzado tiende a ser comparativamente mayor en las zonas bajas de ladera y en las mayores altitudes. Los datos aportados en este estudio parecen indicar que la variación en la cantidad de agua en el suelo depende en primer lugar del valor máximo que es capaz de alcanzar y secundariamente de la velocidad con que la pierde. De esta forma, con la altitud la mayor velocidad de pérdida de agua actúa sobre una capacidad de retención más efectiva, lo que permite alargar el periodo de disponibilidad hídrica.

En condiciones de laboratorio la dinámica de evaporación sigue un patrón común para todas las parcelas. Si se considera la cantidad de agua evaporada como una función dependiente del tiempo, pueden definirse dos fases (Yang y Yanful, 2002, Mellouli *et al.*, 2000; Figura 2, Tabla 1): una fase de pérdida de agua casi constante (ajuste lineal $r^2 > 0,9$ en todos los casos) y una segunda fase, en la que la velocidad de evaporación disminuye progresivamente (ajuste exponencial, $r^2 > 0,9$). Además, la cantidad de agua que necesita el suelo para alcanzar las condiciones previas de saturación aumenta progresivamente con la altitud (Figura 2, Tabla 2). Sobre este patrón general la manifestación del proceso bajo las dos condiciones extremas de temperatura determina diferencias importantes en los parámetros de evaporación (Tabla 2). En cámara caliente el proceso se acelera, siendo las velocidades de evaporación de ambas fases muy superiores a las de la cámara fría. En todas las situaciones el tiempo se acorta drásticamente, disminuyendo el número de horas en las que la pérdida de agua tiene lugar a velocidad constante. El porcentaje de tiempo en que actúa la evaporación en fase lineal cambia poco con la altitud, aunque disminuye en los pastizales de zonas bajas de ladera. Excepto en este último caso, la geomorfología no parece afectar a ninguno de los parámetros asociados a la evaporación del agua.

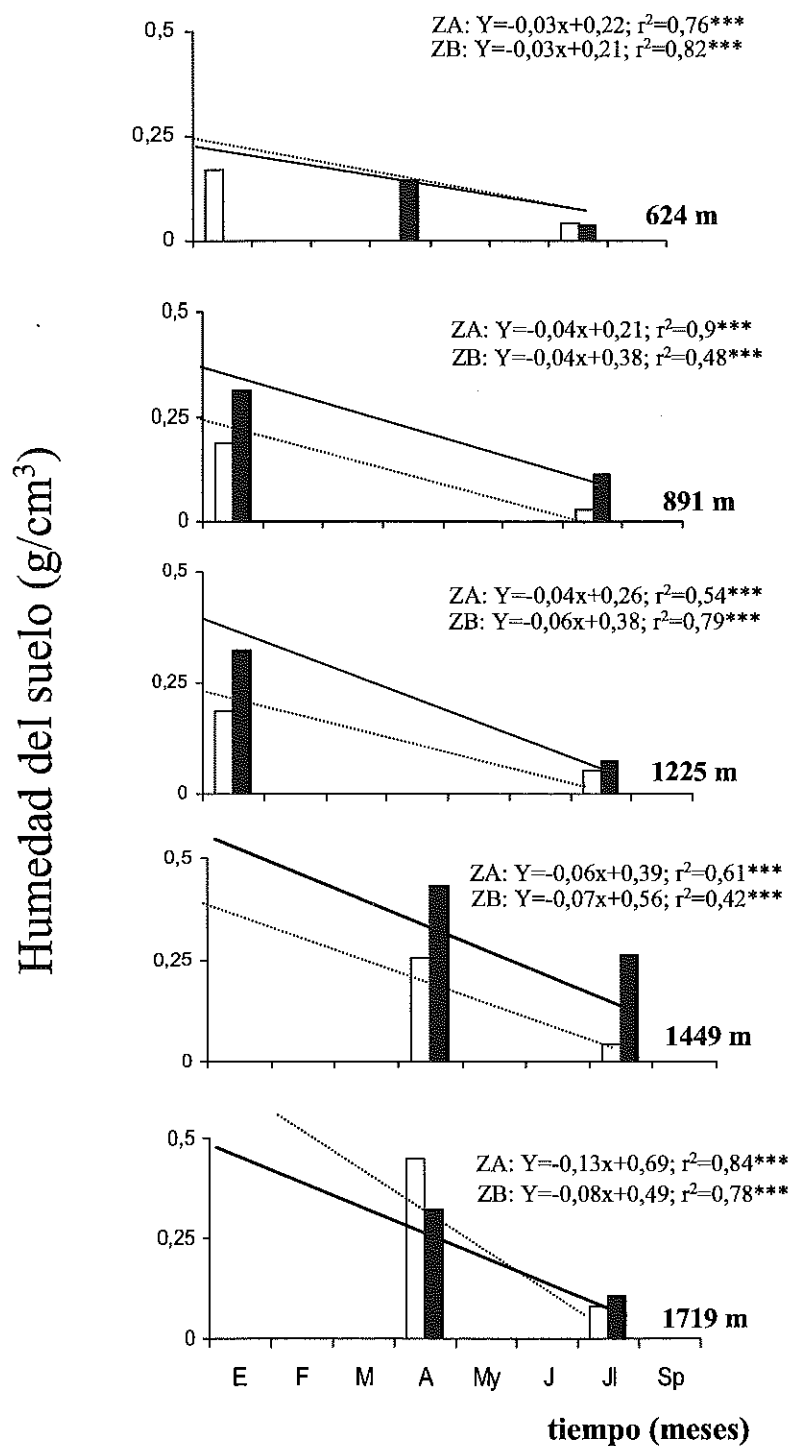


Figura 1.—Variación estacional de la humedad del suelo de pastizales mediterráneos de diferente altitud. En cada caso se ha diferenciado la zona alta (barras blancas, línea discontinua) y baja (barras negras, línea continua) de ladera. Sólo se presentan con histograma el valor máximo y mínimo alcanzado en cada situación, aunque la recta de regresión se ha realizado con todos los puntos disponibles ($p < 0,001$ en todos los casos).

La disponibilidad del agua del suelo para las plantas parece estar determinada por la duración del proceso en su fase lineal (TL %), estando controlado por las condiciones ambientales (temperatura del aire, humedad relativa, radiación neta y velocidad del viento). Al cabo de un cierto tiempo (PI), las características edáficas del suelo (granulometría, conductividad, contenido en materia orgánica) retendrían el agua cada vez con más fuerza, determinando la dinámica exponencial del proceso.

La comparación de las funciones obtenidas para cada tratamiento (Tablas 1 y 2), permite caracterizar el funcionamiento hídrico de estos pastizales. Es posible establecer tres grupos de localidades relacionados con su posición altitudinal. En los pastizales de mayor altitud, sometidos a las condiciones de la cámara fría, el agua se encuentra disponible durante mucho tiempo para las plantas (80% en fase lineal), lo que unido a una mayor capacidad de absorción, favorecería el establecimiento y la persistencia de plantas herbáceas perennes. Cuando se someten a temperaturas propias de ambientes más xéricos (cámara caliente) el patrón de evaporación se mantiene, pero el proceso se acelera del orden de 10-15 veces, por lo que se reduce drásticamente el tiempo de evaporación a velocidad constante. En condiciones naturales se traduciría en un aumento del periodo de déficit hídrico, lo que podría limitar la supervivencia de las especies perennes allí presentes.

En los pastizales de menor altitud la dinámica de evaporación del agua del suelo sigue el mismo patrón. Sin embargo, los suelos, que han evolucionado en condiciones limitantes de disponibilidad hídrica, tienen

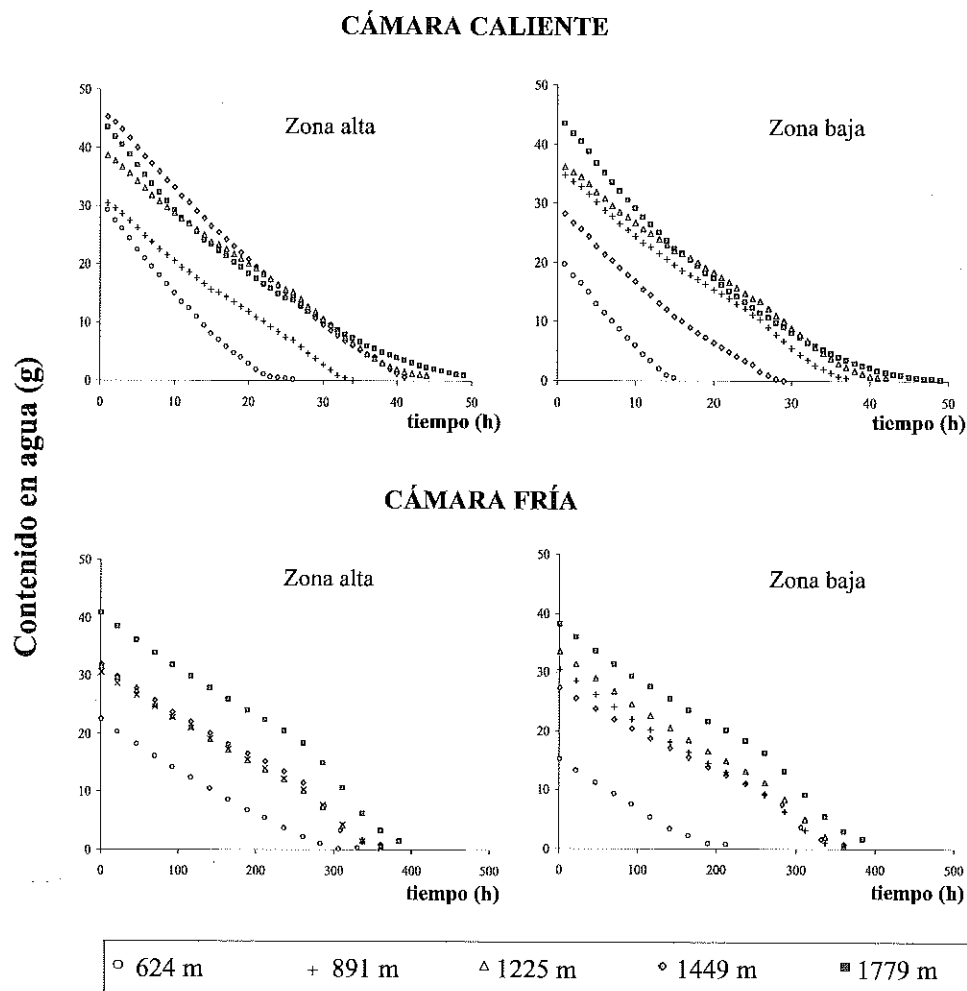


Figura 2.—Proceso de evaporación en condiciones simuladas de temperatura. Desde el valor de saturación se representa la pérdida de agua del suelo a lo largo del tiempo de pastizales de diferente altitud y zona de ladra (alta y baja).

muy poca materia orgánica y su capacidad de absorción y de retención del agua es mucho menor. Todo ello condiciona que el proceso de pérdida de agua sea mucho más rápido, lo que favorece a las plantas anuales. Cuando en estos suelos se simula en cámara fría la temperatura propia de las áreas de montaña, el proceso se alarga considerablemente: las plantas podrían disponer de agua durante más tiempo. Sin embargo, su menor capacidad de retención hídrica determina que la duración de la fase lineal sea mucho más corta que en los pastizales desarrollados en condiciones más húmedas.

Entre estos dos extremos, los pastizales de las altitudes intermedias en condiciones de la cámara fría funcionan de forma similar a la localidad de mayor altitud. El proceso transcurre en su mayor parte en fase lineal, sin grandes diferencias asociadas a la posición en la ladera. Cuando se someten a condiciones de extrema aridez reducen drásticamente la duración del proceso, pero mantienen (excepto la zona baja de la localidad de 1449 m) una duración de la fase lineal superior a la localidad de mayor altitud. Parece que su posición intermedia en el gradiente altitudinal les confiere una plasticidad mayor, pudiendo mantener su funcionamiento con mayor independencia de la temperatura.

Los procesos vectoriales asociados a la dinámica de la ladera se anulan en condiciones de laboratorio. Tanto en cámara fría como caliente, la posición alta o baja en la ladera no determina un comportamiento diferente en la dinámica de evaporación del agua del suelo (Tablas 1 y 2). Los parámetros descriptivos son similares en ambas zonas de ladera en todos los pastizales estudiados, salvo en la localidad de menor altitud, en la que la presencia de lentejones de arcilla en la zona alta de la ladera parece determinar su mayor absorción y retención de agua.

La proporción de especies perennes en las comunidades estudiadas varía según las condiciones ambientales asociadas a la altitud y geomorfología (Montalvo *et al.*, 1991, ver Tabla 2). Presenta una correlación positiva con la altitud, tanto en las zonas altas ($r^2=0,97$; $P<0,001$), como en las bajas ($r^2=0,92$; $P<0,001$) de ladera. Es significativamente mayor en las zonas bajas de la ladera, salvo en los extremos del gradiente altitudinal, donde la influencia geomorfológica apenas es apreciable. Estos patrones de distribución son coherentes con

Tabla 1. Funciones descriptivas de la dinámica de evaporación del agua del suelo: (L) fase lineal, (E) fase exponencial; $p<0,001$ Altitud (m) Zona alta Zona baja Cámara caliente 624 L: $y = -1,5173x + 30,364$

	Altitud (m)	Zona alta	Zona baja
Cámara caliente	624	L: $y = -1,5173x + 30,364$ E: $y = 17,944 e^{-0,3695x}$	L: $y = -1,4829x + 20,724$ E: $y = 4,6698 e^{-0,8148x}$
	891	L: $y = -0,9421x + 30,565$ E: $y = 18,869 e^{-0,8876x}$	L: $y = -0,9677x + 34,738$ E: $y = 16,114 e^{-0,2988x}$
	1225	L: $y = -0,9387x + 38,702$ E: $y = 21,145 e^{-0,1677x}$	L: $y = -0,9084x + 36,289$ E: $y = 21,069 e^{-0,2171x}$
	1449	L: $y = -1,2643x + 46,146$ E: $y = 21,622 e^{-0,1872x}$	L: $y = -1,254x + 29,208$ E: $y = 32,777 e^{-0,249x}$
	1779	L: $y = -1,4746x + 44,503$ E: $y = 37,601 e^{-0,1088x}$	L: $y = -1,4913x + 44,378$ E: $y = 41,148 e^{-0,1371x}$
Cámara fría	624	L: $y = -0,0814x + 21,881$ E: $y = 13,853 e^{-0,0247x}$	L: $y = -0,0801x + 14,888$ E: $y = 5,8701 e^{-0,0231x}$
	891	L: $y = -0,0767x + 30,114$ E: $y = 10,505 e^{-0,04x}$	L: $y = -0,0807x + 29,85$ E: $y = 7,3546 e^{-0,0346x}$
	1225	L: $y = -0,0818x + 30,948$ E: $y = 8,931 e^{-0,0334x}$	L: $y = -0,0851x + 32,81$ E: $y = 10,966 e^{-0,0345x}$
	1449	L: $y = -0,0768x + 31,203$ E: $y = 7,1345 e^{-0,0325x}$	L: $y = -0,0679x + 26,833$ E: $y = 8,4134 e^{-0,0338x}$
	1779	L: $y = -0,0843x + 39,928$ E: $y = 17,848 e^{-0,0221x}$	L: $y = -0,0822x + 37,303$ E: $y = 15,115 e^{-0,0211x}$

el comportamiento del agua en el suelo comentado anteriormente, tanto en lo referente a la dinámica estacional del agua medida en el campo como con el funcionamiento en condiciones de laboratorio.

Las condiciones simuladas en laboratorio permiten identificar un fenómeno de histéresis en la dinámica de evaporación del agua del suelo. Los suelos, que han evolucionado bajo condiciones ambientales diferentes, mantienen sus propiedades de absorción aún en condiciones experimentales de laboratorio, limitando el valor de saturación y determinando la dinámica del proceso. Las propiedades edáficas, características de cada suelo, son el resultado de la historia de su formación. Ante el escenario de cambio climático que predice un incremento en los valores de las temperaturas medias, así como patrones irregulares en la distribución de las lluvias, puede suponerse que se vea afectada la duración del periodo de déficit hídrico estival. A corto plazo, parece poco probable que un aumento de la temperatura a escala global tenga un efecto relevante en cuanto a la abundancia de especies anuales o perennes si no se reajustan las características del suelo (cambios en la producción primaria, tasas de incorporación y descomposición en el suelo, etc.). Sin embargo, a medio plazo, tras estos reajustes, las posibles variaciones en la proporción de plantas perennes en los pastizales dependerán de la magnitud en la disminución del periodo de déficit hídrico. A menor altitud las plantas anuales podrían mantenerse siempre que la duración del periodo con agua disponible sea suficiente. Por el contrario, a mayor altitud, un incremento en la duración del estrés hídrico condicionaría la supervivencia de las especies perennes, alcanzándose otra suerte de acuerdo entre éstas y las herbáceas anuales.

Tabla 2. Parámetros descriptivos de la dinámica de evaporación del agua del suelo: Plantas anuales (A, porcentaje), Peso inicial (P, en gramos), Tiempo total de Evaporación (TE, horas), Punto de Inflexión (PI, horas), Tiempo en fase lineal (TL, porcentaje sobre TE)

Altitud (m)	Zona alta					Zona baja					
	A	P	TE	PI	TL	A	P	TE	PI	TL	
Cámara caliente	624	94,5	30	26	14	53,8	97,5	20	15	12	80,0
	891	89,2	31	34	26	76,5	47,6	35	42	26	61,9
	1225	65,5	39	44	26	59,1	36,8	36	37	26	70,3
	1449	53,1	46	41	26	63,4	33,3	29	29	12	41,4
	1719	17,2	44	50	15	30,0	23,3	44	49	16	32,7
Cámara fría	624		22	340	164	48,2		15	225	115	51,1
	891		30	360	285	79,2		30	360	285	79,2
	1225		31	360	285	79,2		33	360	285	79,2
	1449		31	360	287	79,7		27	360	282	78,3
	1719		40	390	285	73,1		37	390	285	73,1

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CASADO, M. A.; MIGUEL, J. M. de; STERLING, A.; GALIANO, E. F.; PINEDA, F. D., 1985. Production and spatial structure of Mediterranean pastures in different stages of ecological succession. *Vegetatio*, **64**, 75-86.
- IPCC, 2001. Climate Change 2001: The Scientific Basis. En: *Contribution of Working Group One to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel Of Climate Change*. Eds. Houghton, J.T.; Ding, Y.; Griggs, D.J.; Noguer, M.; van der Linden, P.J.; Dai, X.; Maskell, K.; Johnson, C.A. Cambridge University Press. Cambridge.
- MELLOULI, H.J.; van WESEMAEL, B.; POESEN, J.; HARTMANN, R., 2000. Evaporation losses from bare soils as influenced by cultivation techniques in semi-arid regions. *Agricultural Water Management*, **42**, 355-369.
- MONTALVO, J.; CASADO, M.A., LEVASSOR, C.; PINEDA, F.D., 1991. Adaptation of ecological systems: compositional patterns of species and morphological and functional traits. *Journal of Vegetation Science*, **2**, 655-666.
- PECO, B.; LEVASSOR, C.; CASADO, M. A.; PINEDA, F. D., 1983. Influences météorologique et géomorphologique sur la succession de pâturages méditerranéens. *Ecologia Mediterranea*, **9(1)**, 63-76.
- YANG, M.; YANFUL, E.K., 2002. Water balance during evaporation and drainage in cover soils under different water table conditions. *Advances in Environmental Research*, **6**, 505-521.

Comparación interanual de la composición química de especies pascícolas pirenaicas

R. GARCÍA-GONZÁLEZ¹, A. MARINAS¹, B. GARCÍA CRIADO², A. GARCÍA CIUDAD² y B. ALVERA¹

¹Instituto Pirenaico de Ecología (CSIC), Apdo. 64, 22700 Jaca (España). ²Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología, CSIC, Apdo. 257, Salamanca (España).

RESUMEN: Se estudia la variación interanual de la composición química de 10 especies (cinco gramíneas y cinco dicotiledóneas) abundantes en los pastos de puerto pirenaicos. Las concentraciones de los diferentes componentes químicos de las mismas especies en los dos años estudiados (1985 y 2000), resultaron significativamente correlacionadas. En general, la calidad nutritiva de las especies fue mayor en 1985 (mayor contenido en N y elementos minerales, menor contenido en fibra). El orden de importancia de las especies se mantuvo los dos años para todos los componentes químicos, excepto para la lignina y el nitrógeno. Las diferencias entre años podrían explicarse por un aumento de la temperatura media y de la precipitación durante el verano de 2000. Los resultados apoyarían la consistencia interanual de los índices de valor pastoral basados en la calidad específica.

Palabras clave: valor pastoral, pastos puerto, Pirineos.

Between year variability of the chemical composition of pyrenean pasture species

SUMMARY: We study between year variation of the nutritive value of 10 abundant species (five grasses and five forbs) in the Pyrenean pastures comparing data from 1985 and 2000. A significant correlation for the contents of the different chemical components between years has been found for the whole of studied species. The species maintain the order of importance in the two years for all the chemical components, except for lignin and N. In general, the quality of the species was better in 1985 (higher N and mineral content, lower fibre content). Differences among years could be explained by an increase of temperature and precipitation during the summer of 2000. Results support the consistency between years of the pastoral indexes based on the species quality.

Key words: pastoral value, summer pastures, Pyrenees.

INTRODUCCIÓN

La composición química de una especie pascícola puede ser una característica intrínseca de la especie en cuestión, pero también está condicionada por una serie de factores extrínsecos, tales como la disponibilidad de agua y nutrientes en el suelo, o la temperatura ambiente (Ganskopp y Bohnert, 2001). Así pues, desde el punto de vista de la valoración pastoral, es importante conocer el grado de constancia de la composición química de las especies vegetales, no solo en el espacio sino también en el tiempo.

En el año 2000, con motivo de los trabajos realizados para los proyectos del Plan Nacional de I+D (nº ref. AMB97-0990 y REN2002-03827), se volvieron a muestrear y analizar varias especies abundantes de los pastos calizos del Pirineo Occidental, en parte coincidentes con las ya analizadas en 1985 y de las que se había publicado su composición mineral (García-González y Alvera, 1986). Las zonas de muestreo también fueron parcialmente coincidentes.

Aprovechando esta circunstancia, en el presente trabajo nos hemos propuesto conocer, si determinadas especies pascícolas pirenaicas mantienen su calidad nutritiva interanualmente y, en su caso, cual es su grado de variación. Las muestras tomadas en 1985 y 2000 proceden de parcelas diferentes y los laboratorios de análisis de la fracción orgánica, también fueron distintos. Así pues, las fuentes de variación son múltiples y de difícil separación. Sin embargo, hemos partido de la hipótesis de que el nivel de calidad nutritiva de las especies, podía mantenerse comparativamente entre ellas, a pesar de las variaciones espaciales y temporales. En el caso de que la hipótesis de partida resultara cierta, tendría bastante interés de cara a la consistencia de las valoraciones pastorales de comunidades y territorios, basadas en los índices de calidad específicos (Daget y Poissonet, 1972; García-González *et al.*, 2003).

MATERIAL Y MÉTODOS

En el año 2000 se recolectaron a mano una serie de especies vegetales que habían sido seleccionadas por su abundancia y nivel de utilización por los herbívoros en estudios previos (García-González *et al.*, 2003). Las especies fueron muestreadas en un área de pastoreo estival del Pirineo occidental (Puertos de Aisa-Borau) entre 1700 y 2100 m de altitud. Las parcelas se establecieron en aquellas comunidades vegetales en las que las especies en cuestión eran particularmente abundantes (Marinas, 2002). Los muestreos se realizaron mensualmente durante los meses de junio, julio y agosto, en torno al 15 de cada mes. En cada parcela varios muestreadores cortaron numerosos pies vegetativos de cada especie hasta obtener un mínimo de 100 g de muestra fresca, dentro de una superficie de aproximadamente una hectárea. De las graminoides se recogió su mitad superior para obtener una estimación más ajustada a la dieta obtenida por los herbívoros. De las dicotiledóneas, con menor talla que las graminoides, se recogió toda la parte aérea. Las muestras de 1985 se recolectaron por el mismo procedimiento, también a mediados de los meses de junio, julio y ~~septiembre~~ agosto, en los Puertos de Aisa-Borau y en el mismo rango altitudinal que en el año 2000, aunque en general en parcelas diferentes (García-González y Alvera, 1986). Las características climáticas en las zonas de estudio durante el período estival de los dos años muestreados se indican en la Tabla 1. Los datos se han extrapolado a partir de una estación próxima situada a 10 km.

Tabla 1. Datos básicos de temperatura y precipitación para la zona de estudio en los años muestreados (medias de junio, julio y agosto).

	Año 1985	Año 2000
T _{max} (°C)	22,0	22,8
T _{min} (°C)	1,8	5,0
T _{med} (°C)	13,0	15,0
Precipitación (mm)	78	209

Una vez en el laboratorio las muestras se limpiaron de impurezas y posibles restos de tierra, se secaron en estufa a 60°C las del año 2000 y a 80°C las de 1985, se molieron a tamaño inferior de 1 mm y se analizaron. El contenido en N se determinó mediante el método Kjeldahl, el de P por colorimetría del amarillo vanadomolibdofosfórico y el de Ca, Mg y K mediante espectrofotometría de absorción atómica en el mismo laboratorio. Los contenidos en fibra neutro detergente (FND), fibra ácido detergente (FAD) y lignina ácido detergente (LAD) se determinaron mediante el método de Van Soest (1994) en laboratorios distintos.

Los resultados obtenidos para cada especie y componente químico se compararon entre los dos años mediante pruebas de regresión lineal simple y correlaciones ordenadas no-paramétricas (test de Spearman). En las regresiones lineales se utilizaron todos los datos mensuales para disminuir la variabilidad debida a la estacionalidad. También evaluamos la influencia de los datos muy desviados ("outliers") en la bondad del ajuste de las regresiones. En los test de Spearman se utilizaron las medias estivales por especie y componente químico, dado que este prueba resulta afectada por tamaños muestrales elevados (Krebs, 1989).

RESULTADOS

En la Tabla 2 se exponen los valores medios estivales (meses de junio, julio y agosto) de las concentraciones de los diferentes componentes químicos para cada especie y año de muestreo. Los resultados concuerdan con tendencias ya conocidas. Así por ejemplo, el contenido en FND y FAD se correlaciona negativamente con el contenido en nitrógeno ($r = -0,580$ y $r = -0,630$) pero este último no muestra relación con la lignina ($r = 0,089$). Las mismas relaciones se observan entre las fibras y el contenido en fósforo, estando a su vez los contenidos en N y P positivamente correlacionados ($r = 0,647$). El contenido en Mg se correlaciona negativamente con NDF y positivamente con ADL, N, P y K. Las especies dicotiledóneas tienen en general menor contenido en fibra (FND) y mayor concentración de nitrógeno que las gramináceas.

Tabla 2. Valores medios estivales (meses de junio, julio y agosto) de las concentraciones (% sobre materia seca) de los diferentes componentes químicos para cada especie y año de muestreo.

Especie	Año	FND	FAD	LAD	N	P	K	Ca	Mg
<i>Anthyllis vulneraria</i>	2000	33,7	19,2	5,7	2,18	0,10	1,39	5,72	0,19
	1985	26,3	13,9	3,4	2,38	0,12	1,30	10,09	0,25
<i>Armeria pubinervis</i>	2000	49,8	35,1	18,8	1,95	0,17	1,80	0,47	0,35
	1985	33,7	28,6	15,0	3,13	0,28	2,20	0,50	0,66
<i>Festuca eskia</i>	2000	67,0	32,5	5,3	1,77	0,11	1,34	0,16	0,07
	1985	60,6	28,0	3,2	2,51	0,11	1,46	0,20	0,09
<i>Festuca gautieri</i>	2000	75,7	38,4	4,9	1,28	0,08	1,17	0,36	0,07
	1985	63,2	31,0	3,3	1,77	0,13	1,57	0,49	0,14
<i>Festuca indigesta</i>	2000	74,4	37,5	6,2	1,42	0,08	1,00	0,43	0,07
	1985	59,3	31,3	3,1	1,52	0,10	1,26	0,48	0,10
<i>Festuca rubra</i>	2000	71,3	32,5	4,8	1,95	0,11	1,30	0,32	0,10
	1985	56,1	24,9	2,2	2,60	0,16	1,91	0,42	0,14
<i>Helictotrichon sedenense</i>	2000	70,7	34,8	4,6	1,82	0,19	1,64	0,40	0,09
	1985	57,1	26,5	3,4	2,91	0,21	2,05	0,73	0,15
<i>Horminum pyrenaicum</i>	2000	23,5	14,9	4,8	2,95	0,35	3,29	1,04	0,37
	1985	29,8	24,6	13,1	2,30	0,13	2,70	1,19	0,34
<i>Lotus alpinus</i>	2000	36,5	24,6	10,1	2,24	0,12	1,60	2,36	0,20
	1985	32,6	21,3	8,2	2,43	0,13	1,56	4,07	0,24
<i>Trifolium alpinum</i>	2000	47,3	27,6	9,6	2,89	0,14	1,29	0,74	0,11
	1985	42,5	21,0	4,9	4,03	0,21	1,32	0,85	0,22

En la Figura 1 se representan las relaciones entre los valores mensuales obtenidos para cada especie en 1985 y 2000 por componentes químicos y en la Tabla 3 se expone un resumen de los parámetros estadísticos básicos de las regresiones. En todos los casos existe una correlación significativa entre los valores de 1985 y de 2000. Los componentes químicos que muestran más alta correlación son el contenido en Ca y FND, y la menor el del P, aunque significativa ($p = 0,04$). Las líneas bisectrices representadas en la Figura 1 indicarían la igualdad de los valores. Se ha examinado la significación de las diferencias respecto a dicha bisectriz ($b = 1$ y $a = 0$) y los resultados se exponen también en la Tabla 3. Como puede observarse solo los valores de FAD son proporcionalmente similares entre los dos años, aunque los de 2000 son más altos ($a = 7,2\%$).

Los valores del test no-paramétrico de Spearman son significativos para todos los componentes químicos excepto para el contenido en LAD y nitrógeno (Tabla 3), lo cual significa que, para el resto de los componentes, el orden de importancia de las especies se mantiene entre años.

Tabla 3. Parámetros básicos de las regresiones entre los valores mensuales obtenidos para cada especie en los dos años de muestreo por componentes químicos.

Comp. químico	gl	r ²	a	b	SEb	Rho
FND	21	0,867	1,137	1,179*	0,101	0,891
FAD	21	0,631	7,206*	0,940	0,157	0,879
LAD	21	0,527	3,336	0,709	0,147	0,430
N	21	0,581	0,533	0,573	0,106	0,333
P	21	0,184	0,059	0,477	0,219	0,661
K	21	0,445	0,392	0,641	0,156	0,733
Ca	21	0,964	0,132	0,508	0,021	0,939
Mg	21	0,760	0,010	0,611	0,075	0,952

gl= grados de libertad; r² = coeficiente de determinación, en negrita relaciones significativas ($p < 0,05$); a = intersección, los valores en negrita indican diferencias significativas respecto a 0; b = pendiente, los valores en negrita indican diferencias significativas respecto a 1; SE_b = error de la pendiente; Rho = valores del test de correlación ordenada de Spearman, en negrita relaciones significativas ($p < 0,05$). (* $p = 0,09$)

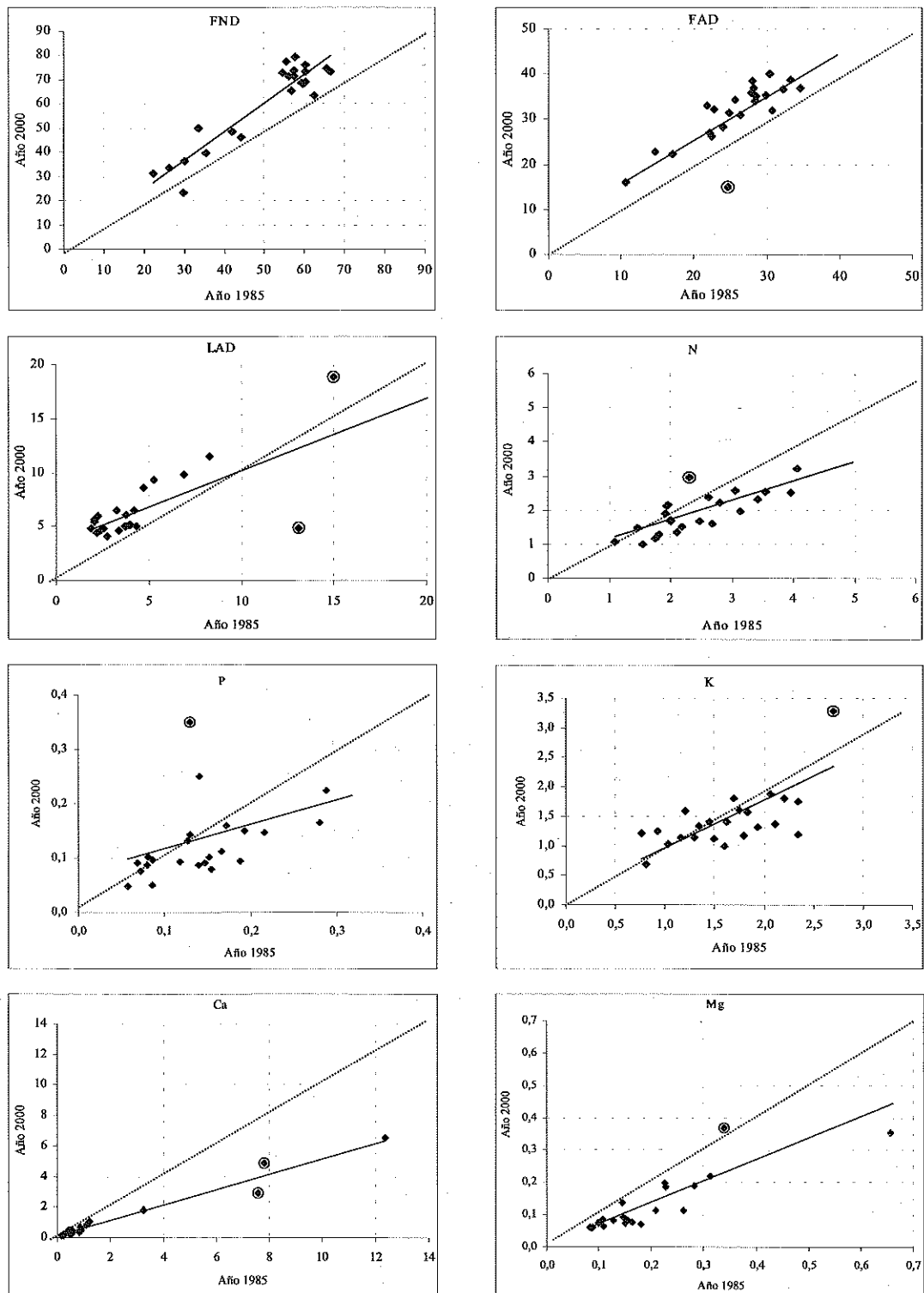


Figura 1.—Relación entre los valores mensuales de cada especie en 1985 y 2000 por componentes químicos (en % de MS). Con un círculo se indican los valores que se desvían de la tendencia general (“outliers”).

DISCUSIÓN

La calidad nutritiva de las especies y comunidades pascícolas puede experimentar variaciones interanuales importantes (Vázquez-Aldana *et al.*, 2000; Ganskopp y Bohnert, 2001), aunque en las especies, con una mayor homogeneidad genética, cabría esperar que fuesen menores. Los datos examinados en este trabajo indican que los valores de los componentes químicos analizados en diferentes años, están altamente correlacionados entre especies. Los valores de FND y FAD fueron más altos en 2000. El valor de la pendiente de FND es significativamente mayor que 1 y, aunque la de FAD no lo es, el valor de la intersección es significativamente mayor que 0 (Tabla 3). Los coeficientes de regresión (a y b, Tabla 3) para LAD, indicarían que los valores altos en 1985 fueron en general más bajos en el 2000 y viceversa (Figura 1). La diferencia de 20° en la temperatura de secado entre los dos años (mayor en 1985), no parece lo suficientemente importante como para determinar las diferencias encontradas para la lignina (Van Soest, 1994).

Las diferencias en la composición química encontradas entre ambos años, podrían explicarse a partir de las diferencias climáticas. Las variables relacionadas con la calidad (elementos minerales y N) fueron más bajas en 2000 ($b < 1$, Tabla 3). En el año 2000 la temperatura media y la precipitación fueron más altas que en 1985 (Tabla 1), con lo que probablemente la producción aumentó y el estado de madurez de las plantas se adelantó. Esto pudo traer consigo un aumento de la fibra y un descenso del contenido en N en 2000 para las mismas fechas (Ganskopp y Bohnert, 2001). El contenido en P, al igual que el N, también está muy influido por el estado de madurez ("efecto dilución", Larcher, 1995) y por ello los valores de 2000 pudieron ser más bajos.

Los datos "outliers" de las regresiones del N, P y del K (Figura 1) corresponden a *Horminum pyrenaicum* y fueron mucho más altos en 2000. Esta especie fue muestreada ese año en un lugar diferente de 1985, bastante fertilizado y de mayor altitud, en donde se concentran los herbívoros silvestres. La mayor altitud tiene el efecto de retrasar el período de crecimiento, a principios del cual, el contenido de estos elementos es más alto (Marinas, 2000). Además, la concentración de K en las plantas, está bastante influida por la fertilidad del suelo (Fillat *et al.*, 1984) y ello podría explicar sus altas concentraciones en 2000.

El contenido en Ca fue el que mostró mayor correlación de todos los componentes químicos entre los dos años ($r^2 = 0,964$). Los valores más altos corresponden a *Anthyllis vulneraria* y *Lotus alpinus*, especies calcícolas que siempre muestran valores altos. El Ca es un elemento limitante para las especies no-calcícolas (*Festuca eskia*, *Nardus stricta*) y en estas especies siempre presenta valores bajos (Larcher, 1995).

Las correlaciones de Spearman indican que el grado de importancia de las especies, en cuanto a componentes químicos, se mantuvo en los dos años, con dos excepciones: el contenido en lignina y en N (Tabla 3). En 2000 las gramíneas aumentaron bastante su contenido en lignina y disminuyeron su contenido en N, con lo que su posición en la ordenación de los valores cambió bastante en relación a 1985. Uno de los efectos del aumento de la pluviometría es el favorecimiento de la proporción tallos:hoja en las gramíneas (Ganskopp y Bohnert, 2001) y esto pudo contribuir a producir un aumento de lignina y disminución del N en las gramíneas en 2000 (Hacker y Minson, 1981).

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- DAGET, P.; POISSONET, J., 1972. Un procédé d'estimation de la valeur pastorale des paturages. *Fourrages*, **49**, 31-39.
- FILLAT, F.; GARCÍA CIUDAD, A.; GARCÍA CRIADO, B., 1984. El redileo en el Pirineo: primeras cuantificaciones sobre el efecto del estiércol en la composición florística y calidad del pasto. *Pastos*, **14**, 281-294.
- GANSKOPP, D.; BOHNERT, D., 2001. Nutritional dynamics of 7 northern Great Basin grasses. *Journal of Range Management*, **54**, 640-647.
- GARCÍA-GONZÁLEZ, R.; ALVERA, B., 1986. Relaciones entre la composición mineral de plantas abundantes en pastos supraforestales pirenaicos y su utilización por los rumiantes. En *Actas XXVI Reunión Científica de la S.E.E.P.* 249-265. Consejo. Agricultura y Pesca. Oviedo.
- GARCÍA-GONZÁLEZ, R.; MARINAS, A.; GÓMEZ-GARCÍA, D. 2003. Comparación de métodos de valoración pastoral en especies pascícolas pirenaicas. En: *Pastos, desarrollo y conservación*. pp. 437-442. Ed. A.B. ROBLES *et al.* Junta de Andalucía. Granada.
- HACKER, J.B.; MINSON, D.J., 1981. Digestibility of plant parts. *Herbage Abstracts*, **51**, 459-482.
- KREBS, C.J., 1989. *Ecological Methodology*. HarperCollins. New York.
- LARCHER, W., 1995. *Physiological Plant Ecology*. Springer. Berlin.
- MARINAS, A., 2002. *Valoración nutritiva de especies de pastos pirenaicos*. Informe inédito. Instituto de Estudios Altoaragones. Huesca.
- VAN SOEST, P.J. 1994., *Nutritional ecology of the ruminant*. Cornell Univ. Press. Ithaca.
- VÁZQUEZ-DE-ALDANA, B.R.; GARCÍA CIUDAD, A.; PÉREZ CORONA, M.E.; GARCÍA CRIADO, B., 2000. Nutritional quality of semi-arid grasslands in western Spain over a 10-year period changes in chemical composition of grasses, legumes and forbs. *Grass and Forage Science*, **55**, 209-221.

Comunidades pascícolas de interés ganadero en la provincia de Salamanca, incluidas en la directiva habitat 92/43: claves para su determinación

M^a. E. SÁNCHEZ RODRÍGUEZ, A. AMOR MORALES y M. LADERO ÁLVAREZ

Departamento de Botánica, Facultad de Farmacia, Universidad de Salamanca. Avda. Licenciado Méndez Nieto, s/n. 37007 Salamanca (España). E-mail: evasan@usal.es, amor@usal.es y ladero@usal.es

RESUMEN: Se presenta una clave de identificación dicotómica de 21 comunidades vegetales pascícolas con interés ganadero, presentes en la provincia de Salamanca, hasta el nivel jerárquico básico de asociación fitosociológica, y que figuran en la relación de hábitats de interés comunitario, aprobada por la Comunidad Europea mediante la Directiva Hábitat 92/43. Se hace una breve descripción de cada asociación en la que se mencionan datos ecológicos, florísticos, fitosociológicos, etc. Para elaborar la clave dicotómica se han utilizado caracteres fácilmente apreciables (biotipo, hábitat, humedad y tipo de suelos, especies dominantes, aprovechamiento por el ganado, etc.), que permiten una rápida identificación de cada asociación.

Palabras clave: Pastos, fitosociología, tipificación.

Pasture communities of livestock interest in Salamanca Province (Spain), included in the habitat directive: key of identification

SUMMARY: A dichotomic key of identification of 21 different grazing communities (to phytosociological association level) in Salamanca Province (Spain) is presented. These communities are important from a livestock point of view and they appear on the list of interesting habitats approved by the European Community through the Habitats Directive 92/43. Ecological, bioclimatic, floristic and phytosociological data are reported for all of them. Easily recognisable characters have been used to create this key: biotype, habitat, soil moisture and soil type, dominant species, type of use by the livestock. These characters aid to a quick identification of every phytosociological association.

Key words: Grazing, Phytosociology, tipification.

INTRODUCCIÓN

Salamanca cuenta con una extensa superficie dedicada a los pastos, aprovechados en su mayoría por ganado en régimen extensivo. Las dehesas y las áreas cubiertas por pastizales ocupan unas 780 000 ha, que constituyen el 63 % del territorio, lo que da idea de la importancia económica que los pastos suponen para la provincia salmantina. El objetivo que se persigue en este trabajo es facilitar un conocimiento básico de estas comunidades vegetales y para ello hemos elaborado una clave dicotómica que permite identificar con caracteres fácilmente observables los distintos tipos de pastos más extendidos en la provincia hasta el nivel básico de asociación fitosociológica. El hecho de haber sido incluidas en la relación de hábitats con interés comunitario susceptibles de conservación, da idea del enorme interés ecológico, económico, paisajístico, florístico, etc., de estas comunidades.

MATERIAL Y METODOS

La provincia de Salamanca está situada en el extremo suroccidental de la meseta Norte, y posee una gran diversidad de paisajes incluidos en dos grandes unidades: las áreas montañosas del sur, donde el clima es húmedo y lluvioso, y la vegetación está dominada por caducifolios (*Quercus pyrenaica* Willd.); y el resto de la provincia, una penillanura con relieves más o menos ondulados, clima seco y continental y vegetación dominada por bosques de encina, *Quercus rotundifolia* Lam. (generalmente adchesados, o bien transformados en tierras de cultivo). Las comunidades pascícolas se encuentran mayoritariamente en esta segunda zona. Para

su estudio hemos seguido los métodos fitosociológicos de la escuela sigmatista de Zurich-Montpellier, realizando numerosos inventarios por toda la provincia, a lo que añadimos la información procedente de trabajos bibliográficos de otros autores (Ladero *et al.*, 1983; Rivas Goday y Rivas-Martínez, 1963; Rivas-Martínez *et al.*, 1986; Sánchez-Mata, 1989). Teniendo en cuenta todos los datos florísticos, edáficos, bioclimáticos, fitosociológicos de cada comunidad, se han ido separando grupos afines jerárquicamente hasta conseguir independizar con claridad cada asociación, dando como resultado la clave dicotómica que presentamos. Para la denominación de las comunidades vegetales hemos seguido lo expresado por Rivas-Martínez *et al.* (2001).

RESULTADOS Y DISCUSION

Las comunidades pascícolas estudiadas quedan integradas en ocho clases fitosociológicas. A continuación se mencionan dichas clases y se describen brevemente las asociaciones de pastos con interés ganadero que reúnen, y que están presentes en la provincia de Salamanca.

Cl. *Isoeto-Nanojuncetea*

Pulicario uliginosae-Agrostietum salmanticae: Vallicares anuales propios de suelos silíceos con textura arenosa o arenolimsa, que ocupan biotopos encharcados o con humedad permanente durante casi todo el año y soportan sin embargo, una acusada sequía estival. Es durante la primavera y a comienzos del verano cuando alcanzan su máximo desarrollo en biomasa y por consiguiente cuando son más interesantes para el ganado.

Cypero micheliani-Heleochoetum alopecuroidis: Comunidad de fenología otoñal que se desarrolla en suelos silíceos, de textura limosa a arcillosa, en orillas y lechos de ríos, lagunas y grandes charcas durante las épocas de máximo estiaje. Da lugar a formaciones de escasa talla, con cobertura variable, que son aprovechadas por el ganado a finales del verano.

Cl. *Juncetea maritimi*

Plantagini maritimae-Camphorosmetum monspeliacae: Pastizal halófilo integrado por hemiscriptófitos y caméfitos, que forma praderas densas aunque discontinuas (en isleos), dominado por el elemento mediterráneo de vocación esteparia *Camphorosma monspeliaca* L., con el que convive la crasifolia *Plantago maritima* L., así como algunos elementos gramínoles, siendo digno destacar la gramínea halófila *Puccinellia fasciculata* (Torrey) Bicknell.

Cl. *Festucetea indigestae*

Corynephoru canescentis-Leucanthemopsietum pulverulenta: Pastizales dominado por la gramínea vivaz *Corynephoru canescens* (L.) Beauv, que coloniza suelos arenosos silíceos profundos apelmazados y cohesionados en el verano. En la provincia de Salamanca, esta comunidad se encuentra mejor representada en la zona occidental, limítrofe con la provincia de Ávila.

Thymo zygidis-Plantaginetum radicatae: Pastizal-tomillar vivaz en el que dominan caméfitos pulviniformes rosulados y hemiscriptófitos cespitosos de pequeña talla, instalados sobre suelos silíceos poco profundos, secos y mal estructurados. Es un pasto ralo, de escaso valor trófico, aunque dada su abundancia en Salamanca debe ser tenido en cuenta como fuente de pasto para el ganado.

Cl. *Helianthemetea guttati*

Agrostio truncatulae-Sedetum lusitanici: Asociación carpetana occidental, de óptimo bejarano-gredense, pionera sobre suelos silíceos, poco cohesionados, de textura areno-gravosa, que se desarrolla en áreas montañosas (pisos oro y supramediterráneo). Es fácil de detectar por la abundancia del elemento directriz, *Sedum pedicellatum* Boiss. & Reuter subsp. *lusitanicum* (Mariz) Lainz, que forma densos céspedes sobre esos suelos esqueléticos. En Salamanca se presenta en la Sierra de Béjar y su entorno.

Cl. *Poetea bulbosae*

Festuco amplae-Poetum bulbosae: Majadales supramediterráneos que se desarrollan sobre suelos silíceos con un considerable horizonte húmico y cierta hidromorfía temporal. Son los majadales mejor representados en las extensas dehesas salamantinas y su origen está en los vallicares no en demasía húmedos de la asociación *Festuco amplae-Agrostietum castellanae*, sometidos a un pastoreo intensivo, preferentemente de ganado ovino.

Trifolio subterranei-Poetum bulbosae: Majadales de óptimo mesomediterráneo, muy bien representados en las dehesas extremeñas, que proceden del pastoreo de pastizales anuales de la clase *Helianthemetea guttati*. Dominados por *Poa bulbosa* L. (otoño-invierno) y *Trifolium subterraneum* L. (primavera), se presentan en la provincia de Salamanca más escasos que los majadales anteriores, en áreas de clima más suave.

Trifolio ornithopodioidis-Poetum bulbosae: Se trata de un majadal desarrollado sobre suelos subhalófilos, con cierta basicidad, en los que, junto a *Poa bulbosa* L., resulta muy característica la presencia del trébol *Trifolium ornithopodioidis* L. Se presenta en el piso supramediterráneo y tiene su óptimo fenológico a finales de primavera y principios del verano. En la provincia de Salamanca se presenta disperso, donde los suelos son propicios, aunque es más frecuente en el cuadrante nordeste.

Cl. *Stipo giganteae-Agrostietea castellanae*

Festuco amplae-Agrostietum castellanae: Pastizales vivaces supramediterráneos, que se desarrollan sobre suelos silíceos profundos, bien estructurados, con hidromorfía temporal (invierno-primavera), y acusada desecación estival, en los que domina el vallico, *Agrostis castellana* Boiss. & Reuter. Estos vallicares vivaces son muy abundantes en la provincia de Salamanca, en vaguadas y otros enclaves donde la profundidad y la humedad del suelo permite su desarrollo.

Gaudinio fragilis-Agrostietum castellanae: Pastizales gramínoles vivaces silicícolas mesomediterráneos dominados por *Agrostis castellana* Boiss. & Reuter, aunque a diferencia de los vallicares supramediterráneos anteriores, éstos se desarrollan sobre suelos profundos pero con hidromorfía muy estacional. Por este motivo se ven sometidos a una fuerte sequía estival no resultando tan productivos como aquellos. En su composición florística abundan los terófitos.

Leucanthemopsis pallidae-Festucetum elegantis: Pastizales vivaces densos en los que suele dominar el cerrillo (*Festuca elegans* Boiss.). Los cerrillares se desarrollan sobre rancker profundos o cambisoles húmicos, carentes de propiedades gleicas, en el piso bioclimático supramediterráneo y bajo ombrotipo al menos húmedo. En la provincia salamantina quedan relegados a las áreas montañosas meridionales.

Arrhenathero baetici-Stipetum giganteae: Comunidades dominadas por el berceo (*Stipa gigantea* Link), que prospera en suelos relativamente profundos, con horizontes orgánicos estructurados y no sometidos a fenómenos de hidromorfía temporal.

Centaureo ornatae-Stipetum lagascae: Lastonares donde domina *Stipa lagascae* Roemer & Schultes, que prosperan sobre suelos silíceos relativamente profundos, con horizontes orgánicos bien desarrollados. Se instalan óptimamente en biótopos planos, en situaciones de hidromorfía intermedias entre los berceales (*Arrhenathero baetici-Stipetum giganteae*) y los vallicares (*Festuco amplae-Agrostietum castellanae*).

Cl. *Molinio-Arrhenatheretea*

Deschampsio hispanicae-Juncetum effusi: Juncuales densos de carácter higrófilo desarrollados sobre suelos profundos, ácidos y de textura arenosa o arno. Se trata de praderas juncuales no abonadas ni segadas por el hombre y únicamente utilizadas como pastizales y reposaderos por el ganado vacuno. Se desarrollan en zonas donde el estancamiento del agua temporal es casi permanente.

Hyperico undulati-Juncetum acutiflori: Prados-juncuales desarrollados sobre suelos oligotróficos de tipo gley, de textura arenosa o arno-limosa, silíceos, encharcados por aguas someras durante buena parte del año y en los que predomina *Juncus acutiflorus* Ehrh.

Festuco amplae-Cynosuretum cristati: Prados vivaces de diente, silicícolas, supramediterráneos y carpetanos, que se desarrollan sobre suelos profundos, bien estructurados y con cierta humedad edáfica.

Trifolio resupinati-Holoschoenetum: Juncales dominados por el junco churrero (*Scirpus holoschoenus* L.), que se desarrollan sobre suelos silíceos profundos, arenosos o areno-limosos, con horizontes de pseudogley durante los períodos lluviosos del año, pero que sufren una acentuada sequía estival.

Trifolio fragiferi-Cynodontetum dactyli: Gramal dominado por *Cynodon dactylon* (L.) Pers. y *Trifolium fragiferum* L. Forma céspedes en riberas de ríos de suelos básicos (fluvisoles calcáreos), nitrificados y compactados por acción de la ganadería. Ocupa sustratos limo-arcillosos que pueden llegar a tener un contenido medio en sales. Tiene un cierto carácter termófilo, por lo que aparecen en los termotipos termo- y meso-mediterráneo.

Trifolio resupinati-Caricetum chaetophyllae: Gramales de óptimo mediterráneo-iberoatlántico que se desarrollan en suelos silíceos de textura arenosa, con ligera hidromorfía temporal primaveral, muy pastoreados e intensamente pisoteados.

Cl. *Nardetea strictae*

Genisto anglicae-Nardetum strictae: Cervunales instalados sobre suelos profundos con horizontes orgánicos muy desarrollados y elevada humedad. Se sitúan en el fondo de las grandes navas del territorio y son fácilmente detectables por la presencia de la aulaga inglesa, arbusto espinoso de vistosa floración color amarillo.

CLAVE DICOTÓMICA

- 1.- Pastizales anuales, compuestos por especies terofíticas2
- 1.- Pastizales vivaces, integrados por hemicriptófitos o caméfitos4
- 2.- Pastos ralos, pioneros, sobre litosoles silíceos y secos
.....*Agrostio truncatulae-Sedetum lusitanici*
- 2.- Pastos más densos, sobre suelos profundos y húmedos3
- 3.- Vallicares densos de fenología primaveral tardía, dominados por *Agrostis pourretii*
.....*Pulicario uliginosae-Agrostietum salmanticae*
- 3.- Céspedes de corta talla (<8cm), con fenología estivo-otoñal, propios de orillas limosas de charcas y lagunas*Cypero micheliani-Heleochoetum alopecuroidis*
- 4.- Pastos sobre suelos más o menos halófilos y secos, de textura arcillosa5
- 4.- Pastos sobre suelos no salinos y secos6
- 5.- Comunidad que forma manchas dispersas a modo de isleos, dominadas por la especie sufruticosa *Camphorosma monspeliaca*
.....*Plantagini maritimae-Camphorosmetum monspeliacae*
- 5.- Comunidad muy densa de escasa talla, dominadas por el trébol *Trifolium ornithopodioidis*
.....*Trifolio ornithopodioidis-Poetum bulbosae*
- 6.- Pastos de gran talla dominados por especies del género *Stipa*7
- 6.- Pastos de menor talla sin *Stipa*8
- 7.- Comunidad sobre suelos profundos (berceal), dominada por *Stipa gigantea*
.....*Arrhenathero baetici-Stipetum giganteae*
- 7.- Comunidad sobre suelos más degradados (lastonar), dominada por *Stipa lagascae*
.....*Centaureo ornatae-Stipetum lagascae*
- 8.- Pastos dominados por *Poa bulbosa* (majadales), desarrollados en zonas adhesionadas sobre suelos de escasa humedad9
- 8.- Pastos sin las características anteriores10

9.- Majadales supramediterráneos, propios de zonas continentales y frías
*Festuco amplae-Poetum bulbosae*

9.- Majadales mesomediterráneos, de zonas con climas más atemperados
*Trifolio subterranei-Poetum bulbosae*

10.- Pastos sobre suelos higrófilos, próximos a cursos de agua o en fondos de vaguadas11

10.- Pastos sobre suelos secos o moderadamente húmedos (nunca higrófilos)14

11.- Juncuales o ahulagares12

11.- Gramales o trebolares13

12.- Juncuales de junco churrero (*Scirpus holoschoenum*), en vaguadas que sufren un acusado estiaje
*Trifolio resupinati-Holoschoenetum*

12'.- Prados juncuales encharcados durante gran parte del año y dominados por *Juncus acutiflorus*
*Hyperico undulati-Juncetum acutiflori*

12''.- Prado juncal de elevada talla en suelos con drenaje casi nulo, dominados por la gramínea *Deschampsia caespitosa* subsp. *hispanica*
*Deschampsio hispanicae-Juncetum effusi*

12'''.- Formaciones espinosas desarrolladas en fondos de navas y vaguadas dominadas por la ahulaga inglesa *Genista anglica* y el cervuno *Nardus stricta*
*Genista anglicae-Nardetum strictae*

13.- Gramales sobre suelos básicos, desarrollados en zonas deprimidas y dominados por trebol fresa. *Trifolium fragiferum*
*Trifolio fragiferi-Cynodontetum dactyli*

13.- Gramales sobre suelos silíceos, próximos a cursos de agua muy pastoreados y pisoteados
*Trifolio resupinati-Caricetum chaetophyllae*

14.- Vallicares y prados mesofíticos, de siega o pastoreo15

14.- Cerrillares o tomillares sobre suelos xerofíticos16

15.- Prados de diente, sobre suelos profundos dominados por *Cynosurus cristatus* y *Festuca ampla*
*Festuco amplae-Cynosuretum cristati*

15'.- Prados de siega (vallicares), dominados por especies vivaces entre las que destacan *Agrostis castellana* y *Festuca ampla*
*Festuco amplae-Agrostietum castellanae*

15''.- Vallicares de zonas templadas sobre suelos más secos, integrados por un elevado número de terófitos
*Gaudinio fragilis-Agrostietum castellanae*

16.- Pastos vivaces densos de áreas montañosas (Sierra de Béjar), dominado por el cerrillo *Festuca elegans*
*Leucanthemopsis pallidae-Festucetum elegantis*

16'.- Pastizal sobre suelos arenosos, secos, dominados por *Corynephorus canescens*
*Corynephoro canescentis-Leucanthemopsietum pulverulentae*

16''.- Tomillares ralos, sobre suelos degradados, poco profundos, dominados por *Thymus zygis*
*Thymo zygidi-Plantaginetum radicatae*

CONCLUSIONES

La importancia de los pastos en la provincia de Salamanca es un hecho evidente al ser la ganadería uno de sus pilares económicos. Poder disponer de una clave dicotómica de uso rápido y sencillo facilitará a aquellos que trabajan en este campo (ganaderos, técnicos, investigadores, gestores, etc.), una primera aproximación para identificar un pastizal, lo que constituirá el punto de partida para realizar estudios en profundidad del mismo, y ayudará a deducir las actuaciones correctas para conseguir un uso más racional de esa comunidad pascícola (abonados, métodos de pastoreo, resiembra de especies, etc.), contribuyendo así a obtener mejores rendimientos económicos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- LADERO, M.; NAVARRO, F.; VALLE, C., 1983. Comunidades nitrófilas salmantinas. *Studia Bot.* 2, 7-67.
- RIVAS GODAY, S.; RIVAS-MARTÍNEZ, S., 1963. *Estudio y clasificación de los pastizales españoles*. Publ. Ministerio de Agricultura. Madrid.
- RIVAS-MARTÍNEZ, S.; FERNÁNDEZ, F.; SÁNCHEZ-MATA, D., 1986. Datos sobre la vegetación del Sistema Central y Sierra Nevada. *Opusc. Bot. Pharm. Complutensis* 2, 136pp.
- RIVAS-MARTÍNEZ, S.; FERNÁNDEZ, F.; LOIDI, J.; LOUSÁ, M.; PENAS, A., 2001. Syntaxonomical checklist of vascular plant communities of Spain and Portugal to association level. *Itinera Geobot.* 14, 5-341.
- SÁNCHEZ MATA, D., 1989. *Flora y vegetación del macizo oriental de la Sierra de Gredos (Ávila)*. Publ. Inst. Gran Duque de Alba, nº 25. Diputación Provincial de Ávila. 440 pp. Ávila.
- SAN MIGUEL AYANZ, A., 2001. *Pastos naturales españoles. Caracterización aprovechamiento y posibilidades de mejora*. Fundación Conde del Valle de Salazar y Editorial Mundi-Prensa. 320 pp. Madrid (España).

Los pastos y la ganadería extensiva en Castilla y León

J. CIRIA CIRIA y J. CIRIA GARCIA DE LA TORRE

E.U. de Ingenierías Agrarias. Universidad de Valladolid. Campus Universitario, 42004 Soria

RESUMEN: En este trabajo se presenta un resumen de las superficies con posible aprovechamiento pascícola en la comunidad de Castilla y León, la importancia económica de la ganadería, así como los censos de animales explotados en régimen extensivo o semiextensivo, la evolución en los últimos años, su distribución territorial y la estructura de las explotaciones.

Se resalta que los pastos de origen agrícola representan más de la mitad de la superficie pastable de Castilla y León, así como la importancia de estos pastos en aquellas provincias más próximas a la ribera del Duero, predominando en ellas los rastrojos. Las superficies de pastizales y dehesas presentan gran extensión en la zona occidental de la Comunidad.

Respecto a la importancia económica de la producción ganadera, se destaca que es superior a la de la producción agrícola; pero la tercera parte de los ingresos totales de los ganaderos de bovino de carne y de ovino y caprino, corresponden a subvenciones.

Castilla y León es la primera comunidad en censos totales de bovino y de ovino, ocupando el cuarto lugar en caprino y el tercero en reproductoras de cerdo Ibérico. En cuanto a su distribución territorial se observan elevadas correlaciones entre los censos de ganado ovino y barbechos, entre cultivos forrajeros y ovino de leche, y entre superficies de pastizales y de pastos con arbolado raío, más dehesas, con el censo de vacas nodrizas

Palabras clave: pastos de origen agrícola, pastizales, ovino, bovino, caprino.

Pastures and extensive animal production in Castilla y León

SUMMARY: In this work is presented a summary of the pasturing surfaces in the community of Castilla y León (Spain), the economic importance of the cattle-raising, as well as the censuses and their/its/your/his animals evolution exploited in extensive system and their/its/your/his territorial distribution and the structure of the developments.

It is emphasized that the grassland of agricultural origin represent but of half of the pasturing surface of Castilla y León, as well as the importance of the grasses of agricultural origin in those provinces but next to the bank of the Duero, prevailing in them the stubbles. The presence of natural grassland used for extensive grazing and "dehesas" present great extension in the western zone of the Community.

With respect to the economic importance of the animal production is emphasized that it is superior to that of the agricultural production, but of the total income of the cattlemen of meat bovine and of sheep and goats, the third part correspond to subsidies.

Castilla y León is the first community in total bovine censuses and of ovine cattle, occupying the fourth place in goat cattle and the third in reproductive females of Iberian pork. Concerning their/its/your/his territorial distribution are observed increased correlations between the ovine cattle censuses and fallows; between forage crops and ewe milk censuses; and enters surfaces of natural grassland used for extensive and of open forest pastures with the cows census wetnurses

Key words: grassland of agricultural origin, pastures, bovine cattle, ovine cattle, goat cattle.

INTRODUCCIÓN

La población activa agraria de Castilla y León ha disminuido de forma importante en los últimos años, pero también en la agricultura europea se ha producido esa disminución de los activos agrarios aún más acusada; lo que ocurre es que en el caso de Castilla y León este proceso se produce de una manera desacomplada en el tiempo, ya que en la Unión Europea de los quince, con la excepción de España, Irlanda, Grecia y Portugal, este proceso tiene lugar en el periodo de los años 70, consolidando así una agricultura competitiva y moderna.

Además, a la hora de analizar la realidad del sector agrario, conviene destacar la heterogeneidad territorial tan acentuada de Castilla y León. La latitud y altitud, y su situación interior dentro de la península, condicionan la climatología y la vegetación, así como las actividades económicas y usos del suelo.

La superficie susceptible de aprovechamiento pascícola es elevada, el 90 % de la superficie total, y la superficie de pastos de origen agrario asciende a más de la mitad de aquella, a pesar de la importancia del monte maderable (pastos con arbolado denso), cuya utilidad para la ganadería puede cifrarse en el 50 % de ésta.

La baja actividad industrial y su situación geográfica provocan que en el Producto Interior Bruto (PIB) regional tenga un peso importante el de origen agrario, así como en la elevada población activa agraria frente al resto de España, superándola en cuatro puntos porcentuales. La aportación al PIB regional del sector agrario se sitúa en torno al 11 % (menor del 5 % a nivel nacional), y de la producción final agraria en esta Comunidad, el 32,70 % se debe a las subvenciones.

En cuanto a la importancia actual de la ganadería en Castilla y León podemos afirmar que es elevada en el contexto nacional, ocupando los primeros puestos en cuanto a censos y producciones de ovino, bovino y porcino, siendo superior el aporte económico de la producción ganadera que el de la producción agrícola a la producción final agraria.

Su importancia histórica ha quedado patente en diverso textos y manifestaciones. Queremos resaltar la coincidencia de algunos autores, que indican que "cuando los romanos llegaron a España, se encontraron con vías pastoriles, ..., por las que circulaban los rebaños en busca de pastos estacionales". Se trataba de los vestigios de las vías pecuarias (cañadas), aunque no se reconocen hasta el Fuero Juzgo y en el Privilegio de Alfonso X el Sabio se determina la anchura de las Cañadas Reales. Tres de las grandes cañadas españolas tienen su origen en Castilla y León, la Cañada Real Leonesa, la Segoviana y la Soriana, con dos ramales, oriental y occidental.

Desde la Alta Edad Media tuvieron gran relevancia las Hermandades de Carreteros, figurando como las más importantes las de Burgos-Soria, Cuenca y Avila, la tracción utilizada era fundamentalmente de ganado bovino.

También el ganado de lidia de esta región ha ocupado históricamente un lugar importante, tanto por su extensión como por su calidad, siendo la casta morucha castellana una de las siete castas fundacionales de las ganaderías actuales de toros de lidia. A ésta perteneció la afamada vacada de Raso del Portillo, que por su antigüedad gozó del privilegio de abrir plaza en las fiestas reales.

Como podemos observar la tradición ganadera que ha tenido Castilla y León se remonta a varios siglos, sobre todo en ganadería de rumiantes.

LOS PASTOS

Castilla y León cuenta con 9 401 032 ha, el 18,62 % de la superficie nacional de pastos, si bien su superficie de cultivo representa el 20,26 % de ésta. Ocupa la submeseta norte con elevada altitud, que determina una climatología continental. Sólo el 1,9 % de la superficie se encuentra por debajo de los 600 m (s.n.m.), el 66,49 % entre los 600 y 1000 m y el 31,44 % entre 1001 y 2000 m.

En las Tablas 1 y 2 se recogen las superficies de pastos por provincias, obtenidas del Anuario de Estadística Agraria de Castilla y León 2000, adoptando sus denominaciones a las contenidas en el Nomenclator de la SEEP. Así hemos establecido una aproximación, similar a la realizada por Ferrer y Broca (1999), con las siguientes equivalencias:

Denominación Nomenclator

Prados
Pastizales + pastos de puerto
Pasto con arbolado denso
Pasto con arbolado ralo + dehesas
Pasto arbustivo
Pastos de origen agrícola

Denominación de Anuario

Prados naturales
Pastizales
Monte maderable
Monte abierto
Monte leñoso
Cultivos forrajeros
Rastrojo
Barbecho
Erial a pastos

En las tablas citadas podemos observar que los pastos de origen agrícola ocupan el 46,62 % de la superficie de Castilla y León y la superficie pastable total representa el 89,25 % de la superficie de la comunidad.

La provincia de Burgos cuenta con el 17,37 % de la superficie regional de pastos de origen agrícola, seguida de Valladolid (13,46 %), siendo las provincias de Avila (5,52 %) y Segovia (7,24 %) las que menor superficie de éstos presentan.

Tabla 1. Superficie de pastos de origen agrícola en Castilla y León (ha)

	Barbecho	Rastrojos	C. Forraje.	Erial	Past. Orig. Agrícola
AVILA	36 604	129 907	5 012	69 949	241 472
BURGOS	83 547	461 694	14 465	199 427	759 133
LEON	81 117	204 409	28 465	222 430	536 421
PALENCIA	60 064	370 610	24 893	97 799	553 366
SALAMANCA	96 539	186 407	33 551	50 150	366 647
SEGOVIA	55 429	198 514	5 076	57 562	316 581
SORIA	59 673	263 212	1 330	150 050	474 265
VALLADOLID	71 827	438 628	38 327	29 406	578 188
ZAMORA	131 952	203 599	72 816	135 836	544 203
TOTAL	676 752	2 456 980	224 449	1 012 609	4 370 790

Fuente: Anuario de estadística agraria de Castilla y León (2000).

Tabla 2. Superficie de pastos de origen no agrícola en Castilla y León (ha)

	Prados	Pastizales	P. Arbol. Denso	P. Ar. Ralo + Dehesas	P. Arbusti.	Pastos no Agrícola
AVILA	81 765	163 076	94 267	71 296	86 025	496 429
BURGOS	45 795	130 678	154 323	59 197	162 474	552 467
LEON	104 528	201 528	184 770	131 040	171365	793 231
PALENCIA	4 284	29 315	45 787	64 636	29 621	173 643
SALAMANCA	43 395	380 460	48 660	235 790	56 955	765 260
SEGOVIA	24 522	101 223	109 872	36 226	31 770	303 613
SORIA	14 695	100 608	172 757	55 806	108 395	452 261
VALLADOLID	4 152	16 670	83 252	1 394	22 621	128 089
ZAMORA	52 803	111 605	53 476	31 796	81 978	331 658
TOTAL	375 939	1 235 163	947 167	686 881	751 211	3 996 361

Fuente: Anuario de estadística agraria de Castilla y León (2000).

Queremos resaltar la gran importancia de los rastrojos, que ocupan el 56,21 % de la superficie de pastos de origen agrícola, destacando las provincias de Burgos y Valladolid en las que representan el 60,8 y el 75,86 %, respectivamente. Entre ambas provincias cuentan con más de la tercera parte de los rastrojos de Castilla y León. Estas superficies permiten un desarrollo elevado de los sistemas ganaderos denominados agroforestales por Ferrer y Broca (1999), basados en el pastoreo del monte y el aprovechamiento de recursos agrícolas, bien sean concentrados, de volumen o subproductos.

En cuanto a superficie de eriales, cuatro provincias León, Burgos, Soria y Zamora presentan superficies elevadas, ya que en ellas se encuentra el 70 % de la superficie de erial de la comunidad, mientras que Valladolid, con 29 406 ha, apenas representa el 2,9 % de ésta.

Tabla 3. Superficie total de pastos en Castilla y León

	Pastos origen agrícola	Pastos no agrícolas	TOTAL PASTOS
AVILA	241 472	496 429	737 901
BURGOS	759 133	552 467	1 311 600
LEON	536 421	793 231	1 329 652
PALENCIA	553 366	173 643	727 009
SALAMANCA	366 647	765 260	1 131 907
SEGOVIA	316 581	303 613	620 194
SORIA	474 265	452 261	926 526
VALLADOLID	578 188	128 089	706 277
ZAMORA	544 203	331 658	875 861
TOTAL	4 370 790	3 996 361	8 367 151

Fuente: Anuario de estadística agraria de Castilla y León (2000).

En cultivos forrajeros la provincia de Zamora presenta la mayor superficie, mientras que las provincias de Avila, Segovia y Soria, con mayor altitud media, apenas cuentan con el 5 % de los cultivos forrajeros de Castilla y León.

Las superficies de prados, (375 939 ha), presentan una distribución irregular, contando las provincias de León y Avila, con 104 528 y 81 765 ha, respectivamente, el 49,55 % de la superficie regional de prados, y las de Valladolid y Palencia el 2,24 % de dicha superficie.

Los pastizales que representan el 14,76 % de la superficie total de pastos, presentan elevada importancia en la provincia de Salamanca con 380 460 ha (30,77 % del total de Castilla y León), mientras que en las provincias de Palencia y Valladolid, con 29 315 y 16 670 ha, respectivamente, apenas se encuentra el 3,72 % de los pastizales de la región.

Los pastos con arbolado denso (947 167 ha) presentan mayor incidencia en León, Soria y Burgos, donde se encuentran más de la mitad de la superficie citada. Según Zulueta y Allué (1984), el pastoreo es posible en más del 50 % de estas superficies.

La superficie de pasto con arbolado ralo más la de dehesas (686 881 ha) se encuentra fundamentalmente en la provincia de Salamanca, que cuenta con algo más de la tercera parte de la superficie regional, mientras que en la provincia de Valladolid son algo testimonial con poco más de mil hectáreas.

Respecto a los pastos arbustivos (751 211 ha) presentan superficies relevantes las provincias de León, Burgos y Soria, pues en éstas se encuentra el 57,3 % de la superficie que ocupan estos pastos en Castilla y León.

En resumen, las provincias con mayor superficie de pastos son León con 793 231 ha y Salamanca con 765 260 ha, que representan el 19,85 y 19,15 %, respectivamente, de la superficie de pastos de Castilla y León. En el extremo inferior se encuentran Valladolid y Palencia, que aportan el 3,2 y 4,34 % de la superficie regional de pastos, respectivamente.

Hemos realizado un análisis de correlación entre las diferentes superficies de pastos por provincias, con el fin de definir mejor la tipología de cada una de estas áreas geográficas, observando las siguientes correlaciones:

- Rastrojos / Pastos de origen agrícola: $r=0,822$
- Pastizales / Pastos con arbolado ralo más dehesas: $r=0,932$
- Erial / Pastos arbustivos: $r=0,912$
- Barbecho / Cultivos forrajeros: $r=0,869$

A la vista de estos resultados, extraemos las siguientes conclusiones:

- Los pastos de origen agrícola ocupan más de la mitad de la superficie pastable de Castilla y León (52,24%), siendo determinante el aporte de los rastrojos y en menor medida los cultivos abandonados.

- También tienen gran importancia la presencia de pastizales y pastos adehesados con una superficie de 1 922 044 ha, lo que supone un 22,97 % sobre el total de la superficie pastable, situación muy importante desde un punto de vista cualitativo para la ganadería extensiva de la región.
- No obstante, existe todavía una elevada cantidad de pastos poco productivos (eriales y pastos arbustivos) con 1 763 820 ha (21,08 %), que deberían estudiarse con mayor profundidad para un mejor aprovechamiento de los mismos.

LA PRODUCCION GANADERA EN TÉRMINOS ECONÓMICOS

En la Comunidad de Castilla y León la Producción Final Ganadera (PFG) supera a la Producción Final Vegetal (PFV) en términos económicos, situación similar a la observada en la Unión Europea, y contraria a la que se presenta en España. Es difícil generalizar sobre cual es, en términos relativos, la aportación de cada uno de estos subsectores a la Producción Final Agraria (PFA), pues en la PFA presenta un fuerte componente los cultivos herbáceos, cuya productividad anual es muy variable en función de la climatología de cada año. Así, de la Tabla 3 observamos que en 1986 la PFG aportó a la PFA el 55,58 %, el 50,96 en 1990, el 56,05 en 1995 y el 50,54 en el año 1999.

Tabla 4. Evolución de la aportación a la PFA en Castilla y León desde 1986 a 1999. (Porcentajes)

	1986	1990	1995	1999
PF AGRICOLA	44,42	49,04	43,95	49,46
PF GANADERA	55,58	50,96	56,05	50,54

Fuente: Anuario del MAPYA y Anuario de Estadística Agraria de Castilla y León (2000).

La evolución de la PFA en la década de 1990-1999, experimentó en España un crecimiento del 22,83 %, mientras que en Castilla y León lo hizo en el 30,84, (Tabla 5), pero mientras que a nivel nacional los incrementos de la PFG fueron superiores a los observados por la PFV, en Castilla y León la producción ganadera aumentó un 29,53 % y la producción vegetal lo hizo en el 32,19.

Tabla 5. Distribución de la producción agraria en España y en Castilla y León (Millones de pesetas) y variación (Porcentajes)

AÑO	CASTILLA Y LEÓN			ESPAÑA		
	PFV.	PFG.	P.TOTAL	PFV.	PFG.	P.TOTAL
1990	209 928	218 156	428 084	2 089 984	1 357 459	3 492 400
1999	277 506	282 586	560 092	2 545 400	1 713 400	4 289 800
VARIACION	+32,19 %	+29,53 %	+30,84 %	+21,79 %	+26,22 %	+22,83 %

Fuente: Anuario del MAPYA y Anuario de Estadística Agraria de Castilla y León (2000).

Por especies y producciones, la aportación a la PFG de Castilla y León se expresa en la Tabla 6. Se observa que el ganado bovino, con la producción de carne más ganado y la producción de leche supone el 36,56 % de ésta, y el ganado ovino el 27,17, mientras que el ganado porcino aporta el 24,13 y la avicultura el 9,09 %.

Tabla 6. Aportación porcentual de los subsectores a la P.F. ganadera de Castilla y León (1999)

SUBSECTOR	APORTACION (%)	ACUMULADO
PORCINO (Carne mas ganado)	24,13	24,13
VACUNO (Carne mas ganado)	19,68	43,81
LECHE DE VACA	16,88	60,67
OVINO (Carne mas ganado)	15,16	75,83
LECHE DE OVEJA	12,01	87,84
AVES (Carne mas ganado)	3,50	91,34
HUEVOS	5,59	96,93
CAPRINO, EQUINO, CONEJOS	1,36	98,29
LECHE DE CABRA	0,68	98,97
OTROS	1,03	100,00

Fuente: Anuario del MAPYA y Anuario de Estadística Agraria de Castilla y León (2000).

Si analizamos la contribución de cada una de las nueve provincias a la P. F. Agraria (Tabla 7), se observa que tres de ellas, Burgos, León y Valladolid aportan el 46,0 %, mientras que entre Soria y Avila sólo representan el 12,10.

Tabla 7. Distribución provincial de la Producción Final Agraria en Castilla y León en 1999. (Millones de pesetas)

	P. FINAL	% REG	P VEGETAL	% REG.	P ANIMAL	% REG.
ÁVILA	37 846	6,76	15 889	5,73	21 957	7,77
BURGOS	85 456	15,25	60 200	21,69	25 256	8,94
LEÓN	85 478	15,26	38 203	13,77	47 275	16,73
PALENCIA	46 837	8,36	26 365	9,50	20 472	7,24
SALAMANCA	68 200	12,18	23 501	8,47	44 699	15,82
SEGOVIA	59 776	10,67	26 114	9,41	33 662	11,91
SORIA	29 893	5,34	18 734	6,75	11 159	3,95
VALLADOLID	86 754	15,49	46 447	16,74	40 307	14,26
ZAMORA	59 852	10,69	22 053	7,94	3 799	13,38
C. y L.	560 092	100,00	277 506	100,00	282 586	100,00

Fuente: Anuario de Estadística Agraria de Castilla y León (2000).

En la P. F. V. destaca la provincia de Burgos, aportando más de la quinta parte, y nuevamente las que menos representan son Avila y Soria, ya que entre ambas alcanzan el 12,48 %. En la P. F. G., las provincias de León, Salamanca, Valladolid, Zamora y Segovia aportan el 72,10 % del total, y queremos resaltar que en la provincia de Salamanca la producción ganadera supone casi el doble de la producción agrícola mientras que en la provincia de Soria casi la mitad.

Tabla 8. Distribución de los ingresos totales del sector agrario en Castilla y León. Campaña 2000 (Millones de pesetas)

		VALOR PRODUCCION	VALOR AYUDAS	INGRESOS TOTALES
Cultivos herbác.	Secano	147 583,8	66 372,1	213 955,9
	Regadío	22 448,5	17 242,1	39 690,6
	Total	170 032,3	83 614,2	253 646,5
Ganadería	Ovino+Caprino	34 486,2	14 541,4	49 027,6
	Vacuno	28 964,9	15 287,1	44 252,0
	Total	63 451,1	29 828,5	93 279,6
Total		233 483,4	113 442,7	346 926,1

Fuente: Anuario de Estadística Agraria de Castilla y León (2000).

Tabla 9. Distribución de los ingresos: ovino/caprino. Campaña 2000. (Millones de pesetas)

	1995	%	2000	%
VALOR PRODUC	32 808,2	64,8	34 486,2	70,3
PRIMA TOTAL	17 854,9	35,2	14 541,4	29,7
INGRESOS	50 663,0	100	49 027,6	100

Fuente: Anuario de Estadística Agraria de Castilla y León-2000.

Tabla 10. Distribución de los ingresos: bovino. Campaña 2000. (Millones de pesetas).

	1995	%	2000	%
VALOR PROD	29 008,0	66,1	28 964,9	65,5
AYUDAS	14 845,6	33,9	15 287,1	34,5
INGRESOS	43 853,6	100	44 252,0	100

Fuente: Anuario de Estadística Agraria de Castilla y León (2000).

Al estudiar la distribución de los ingresos totales del sector, en aquellas producciones afectadas por las ayudas que contempla la reforma de la PAC (Tablas 8, 9 y 10), se observa que en cultivos herbáceos el valor de la producción en el año 2000 alcanzó 170 032,3 millones de pesetas, y el valor de las ayudas 83 614,2, es decir, éstas representan un tercio de los ingresos totales. En ganado ovino y caprino las ayudas representan en el año 2000 el 29,7 % y en bovino el 34,5 %, lo que demuestra la debilidad de estos subsectores.

LA GANADERÍA: CENSOS, DISTRIBUCION Y ESTRUCTURA PRODUCTIVA

Los censos y principales producciones de las especies de rumiantes que utilizan los pastos y del porcino extensivo se expresan en la Tabla 11.

Tabla 11. Censos (cabezas) y producciones ganaderas (toneladas) comparadas de España y Castilla y León. 2002

	ESPAÑA	CASTILLA Y LEON	% C Y L / ESPAÑA
BOVINO TOTAL	6 487 814	1 524 027	23,94
Vacas carne	1 974 496	576 396	29,19
Vacas leche	1 155 773	143 539	12,41
Prod. Leche vaca	6 113 448	764 748	12,51
OVINO TOTAL	23 813 173	4 860 146	20,41
Ovejas leche	2 941 929	1 626 214	55,28
Ovejas carne	13 778 813	1 882 508	13,66
Prnd. Leche oveja	349 260	194 959	55,82
CAPRINO TOTAL	3 046 716	189 193	6,21
Prod. Leche cabra	404 094	10 915	2,70
POR EXT. TOTAL	1 878 717	225 424	12,00
Hembras reprod.	196 159	28 365	14,46

Fuente.: Anuario del MAPYA (2002)

En censo total de ganado bovino Castilla y León ocupa el primer lugar nacional aportando el 23,49 % de éste, seguida de Galicia, aunque en vacas de leche se sitúa en segundo lugar (12,38 %), tras esta Comunidad. En vacas de carne, con el 29,19 %, supera ampliamente a las otras comunidades.

En censos de ganado ovino, Castilla y León tiene una elevada importancia, siendo la primera comunidad de España en número de cabezas totales. En ovino de leche cuenta con el 55,28 % del censo nacional, seguido de Castilla la Mancha que representa el 24,68 %. En ovino de carne ocupa el quinto lugar, después de Extremadura, Aragón, Andalucía y Castilla la Mancha.

De ganado caprino solamente cuenta con el 6,2 % del censo nacional, situándose en cuarto lugar, detrás de Andalucía, Castilla la Mancha y Extremadura.

En porcino extensivo cuenta con el 12 % del censo nacional, si bien en cuanto a hembras reproductoras asciende al 14,46 %, lo que significa que se trata de una región netamente exportadora de cerdo para cebo a otras regiones, sobre todo Extremadura.

En cuanto a la producción de leche de vaca, se sitúa en segundo lugar, detrás de Galicia, aportando el 12,5 % de la producción nacional. En leche de oveja es la primera comunidad productora con el 55,82 % del total de España y en leche de cabra solamente aporta el 2,7 %.

Si observamos la evolución de los censos, comprobamos una tendencia similar a la que se ha producido a nivel nacional (Tabla 12).

Tabla 12. Evolución de los censos de rumiantes y porcino extensivos en Castilla y León

AÑO	CENSO (Total cabezas)			
	OVINO	CAPRINO	BOVINO	PORCINO
1980	3 294 736	191 898	786 201	
1985	3 915 007	258 852	951 430	
1986	4 236 576	281 726	962 666	
1990	5 906 789	288 806	1 118 960	1 051 190
2000	5 411 993	155 599	1 382 484	1 878 260

Fuente: Anuario de estadística agraria de Castilla y León (2000).

En ganado ovino se observa un incremento sostenido desde 1980, si bien a partir de 1985 y hasta 1990 se produce un incremento de casi dos millones de cabezas, que representa el 50,8 %. Esta situación, que lleva aparejada un aumento en el número de hembras de 1 100 000 solamente entre los años 1986 y 1987, parece poco real, salvo que se deba a errores en los censos o a que con el establecimiento de las primas comunitarias al ovino afloraran cabezas que hasta ese momento no estaban censadas, sin perjuicio de que estas ayudas supusieran un acicate al incremento del número de cabezas en las explotaciones. Por otra parte, en torno al año 1990 y siguientes, se observó una modificación en la estructura de los rebaños en cuanto a edad de los animales, disminuyendo drásticamente los desviejes de hembras (Ciria *et al.*, 1995), con lo que aumenta la edad media del rebaño y disminuye la productividad.

Durante la década pasada se ha producido un ligero descenso en el número de cabezas, manteniéndose la producción total de carne y leche, incluso presentando ligeros incrementos.

En ganado caprino se observó también un incremento en la década de 1980 a 1990, aunque después ha descendido a poco más de la mitad del censo.

Los censos de ganado bovino han experimentado en el período estudiado un incremento progresivo, aunque debemos resaltar el cambio de la orientación productiva, ya que en 1980 el 38,45 % del censo de reproductoras correspondían a vacas que no se ordeñaban y en el año 2000 éstas suponen el 77,24 % del total de hembras reproductoras en Castilla y León. Esta situación ha venido motivada por las diferentes actuaciones de los planes de abandono de la producción lechera, dedicándose aquellas vacas que no eran de raza frisona, aunque se ordeñaran, a la producción de carne, pues en el período analizado la disminución del número de vacas de esta raza fue del 40,9 % y el de otras razas que se ordeñaban descendió en el 82,24 %.

De los efectivos de porcino extensivo, solamente disponemos de datos estadísticos de los últimos diez años, y se observa el fuerte incremento del número de cabezas, multiplicándose de 1990 al año 2000 por 1,8.

Tabla 13. Censos de rumiantes y porcino extensivos en Castilla y León por provincias. Año 2000.

	OVINO	CAPRINO	BOVINO	PORCINO
ÁVILA	234 342	55 893	147 180	4 254
BURGOS	543 860	9 146	102 510	
LEÓN	891 526	12 220	149 968	
PALENCIA	414 920	1 663	54 611	
SALAMANCA	822 103	46 683	622 157	221 170
SEGOVIA	699 517	15 026	135 157	
SORIA	513 768	3 132	21 233	
VALLADOLID	602 035	1 253	51 532	
ZAMORA	689 922	10 583	97 521	
TOTAL	5 411 993	155 599	1 382 484	225 424

Fuente: Gestión integrada de ayudas PAC (2000). Junta de Castilla y León.

En cuanto a la distribución provincial de los efectivos ganaderos de Castilla y León, se expresan en la Tabla 13. Debemos resaltar que la provincia de Salamanca podríamos calificarla como la eminentemente ganadera dentro de la Comunidad Autónoma, ya que cuenta con el 15,19 % del censo ovino, ligeramente por detrás de León que censa el 16,47 % de esta especie. Es la segunda en cuanto a cabezas de caprino, con el 30,0 % de éstas, por detrás de Avila que cuenta con el 35,92. En ganado bovino, con 622 157 cabezas, aporta el 45,00 % del censo regional y en ganado porcino extensivo, con 221 170 cabezas (98,11 %) tiene la hegemonía regional, pues únicamente en Avila, con 4 254 cabezas, existe esta producción, aunque de forma casi testimonial.

Queremos resaltar que Avila es la provincia con menor censo de ganado ovino, y cuenta con el 4,33 % de los efectivos regionales, y en ganado bovino la provincia de Soria es la que cuenta con menor número de cabezas, censando el 1,54 % de Castilla y León.

Ya hemos resaltado anteriormente la importancia de las ayudas de la Política Agrícola Común (PAC) en los ingresos del sector. Vamos a analizar a continuación el número de cabezas que han tenido ayudas en el año 2000, pues nos puede ayudar a aventurar el futuro de estas actividades agrarias.

En la Tabla 14 se expresan los datos relativos al ganado ovino y caprino por provincias, separando el ovino de leche (ovino ligero en la denominación de la Unión Europea) y ovino de carne (ovino pesado) que han tenido derecho al cobro de ayudas.

Tabla 14. Distribución provincial del número de cabezas de ovino y caprino que recibieron prima en la Campaña PAC-2000

	OVINO LIGERO		OVINO PESADO		CAPRINO	
	N. Cabezas	%	N. Cabezas	%	N. Cabezas	%
ÁVILA	66 666	4,10	196 743	8,99	60 668	46,61
BURGOS	140 004	8,62	246 201	11,24	6 435	4,94
LEÓN	220 036	13,55	298 704	13,64	23 641	18,16
PALENCIA	237 496	14,62	66 414	3,03	1 955	1,50
SALAMANCA	139 274	8,58	377 884	17,26	16 650	12,79
SEGOVIA	63 706	3,92	320 087	14,62	3 689	2,83
SORIA	2 290	0,14	402 612	18,39	3 969	3,05
VALLADOLID	338 238	20,83	34 420	1,57	1 523	1,17
ZAMORA	416 406	25,64	246 548	11,26	11 639	8,94
	1 624 117		2 189 613		130 169	

Fuente: Gestión integrada de ayudas PAC (2000). Junta de Castilla y León.

Se observa una ligera discrepancia entre los censos de ganado ovino publicados en el Anuario de Estadística Agraria y los que aparecen como cabezas que han dado derecho al cobro de ayudas, siendo ligeramente menor estas últimas, (1,60 % en ovino ligero y 1,26 en ovino pesado), y coincidentes en el ganado caprino. No obstante nos apoyaremos en estos datos para estudiar la evolución de los censos por provincias así como para calcular el tamaño de las explotaciones.

Se observa la fuerte implantación del ovino de leche en Zamora, Valladolid, Palencia y León, que agrupan el 74,64 % de las reproductoras, estas provincias cuentan con más del 50 % de los pastos de origen agrícola de la región. Existe una baja implantación en Soria, Segovia y Avila, que cuentan con el 0,14; 3,90 y 4,10 % de las hembras lecheras, respectivamente. En el ovino de carne son las provincias de Soria, Salamanca y Segovia las que presentan mayores censos.

En ganado caprino (hembras con derecho a prima) la provincia con mayor censo es la de Avila, que cuenta con 60.668 cabezas, (46,61 % de los efectivos regionales), seguida de Salamanca y León, censando entre estas tres provincias el 77,56 % del caprino de Castilla y León. Observamos que representan mayor porcentaje las cabezas con derecho a prima que el censo total, lo que significa que las explotaciones de esta provincia están más estructuradas que en el resto.

En la Tabla 15 se expresan los datos relativos a las cabezas de ganado bovino por provincias, que han tenido derecho al cobro de ayudas establecidas por la PAC.

Tabla 15. Distribución provincial del número de cabezas bovinas que recibieron prima en la campaña PAC-2000

	Vacas Nodrizas		Bovinos Machos		Bovino Sacrificio	
	CABEZAS	%	CABEZAS	%	CABEZAS	%
AVILA	78 399	20,32	28 851	16,70	52 911	17,24
BURGOS	25 649	6,65	7 702	4,46	16 347	5,33
LEON	20 248	5,25	10 252	5,93	18 715	6,10
PALENCIA	9 048	2,35	6 909	4,00	14 056	4,58
SALAMANCA	189 157	49,03	52 553	30,41	70 143	22,86
SEGOVIA	27 069	7,02	41 535	24,03	71 137	23,18
SORIA	8 947	2,32	3 165	1,83	6 585	2,15
VALLADOLID	4 385	1,14	12 939	7,49	32 050	10,44
ZAMORA	22 860	5,92	8 906	5,15	24 938	8,12
TOTAL	385 765	100,00	172 812	100,00	306 882	100,00

Fuente: Gestión integrada de ayudas PAC (2000). Junta de Castilla y León.

Aquí sí observamos diferencias importantes entre el censo de vacas reproductoras que no se ordeñan y el de vacas nodrizas (según denominación en la PAC), representando estas últimas el 71,00 % de los efectivos totales. Esta situación no podemos calificarla de discrepancia entre distintas fuentes, ya que para el cobro de ayudas es necesario que el titular de la explotación disponga de los denominados "derechos", que se fijaron con censos de referencia a principios de la década pasada. En el año 1992 el censo de vacas que no se ordeñaban era de 358 395 cabezas y en 1993 de 407 458, frente a las 542 671 vacas de carne en el año 2000.

La distribución de las reproductoras de carne en Castilla y León, según se observa en la Tabla 15 es extraordinariamente irregular, siendo las provincias de Salamanca y Avila, con el 49,03 y 20,32 % del censo total, respectivamente, las que agrupan al mayor número de efectivos, y la provincia con menor número de cabezas la de Soria, con tan sólo el 1,14 %.

La distribución de los animales que han recibido prima a bovinos machos presenta cierta relación con la de hembras reproductoras, ya que Salamanca y Avila agrupan al 46,11 % de éstos, seguidas de la provincia de Segovia con el 24,03 a pesar de contar solamente con el 7,02 % de las vacas reproductoras. Esta situación se justifica por la proximidad de esta provincia a la gran área urbana de Madrid, pues en torno a las grandes áreas de consumo se sitúan las más elevadas concentraciones de vacuno de cebo. De la misma forma podemos justificar y comprender la distribución de los censos de animales que han dado lugar a las primas denominadas "bovino sacrificio".

Por otra parte, hemos analizado las correlaciones existentes entre las diferentes superficies de pastos y los censos ganaderos, obteniendo los siguientes resultados:

- Superficie de barbecho / Censo de ganado ovino: $r = 0,920$
- Cultivos forrajeros / Censo de ovino de leche: $r = 0,922$
- Superficie de pastizales / Censo vacas nodrizas: $r = 0,896$
- Superficie de arbolado ralo + dehesas / Censo vacas nodrizas: $r = 845$

Estos resultados, en cuanto a la distribución del ganado ovino concuerdan con lo expuesto por diferentes autores, que relacionan esta ganadería con la agricultura, (Correal y Sotomayor, 1988; Mantecón *et al.*, 1988). Así mismo, se observa la gran vinculación del ganado ovino lechero con las áreas donde abundan los cultivos forrajeros, fruto de una cierta intensificación. Son los denominados por Ferrer y Broca (1999) como sistemas ganaderos agrícolas. Manrique *et al.*, (2002), estudiando la relación de los recursos pascícolas y localización de sistemas ganaderos extensivos en la provincia de Huesca, concluyen que el ganado ovino presenta gran dispersión y configura sus sistemas de explotación en función de diferentes recursos disponibles, pero observa una distribución por todo el territorio sin encontrar relaciones entre el tipo de superficie de pastos y censos ganaderos.

En la distribución del vacuno de carne (vacas nodrizas), estos mismos autores observan que los pastos naturales son determinantes en la localización de las explotaciones de bovino de carne. En Castilla y León observamos una elevada correlación entre la localización de las vacas nodrizas en las áreas de pastizales y con las de arbolado ralo más dehesas, sin embargo Ferrer y Broca (1999) no encontraron ninguna correlación positiva analizando áreas más amplias en España.

También hemos considerado la evolución porcentual de los censos provinciales de ovino y bovino que se expresan en las Tablas 16 y 17. En lugar de realizar el análisis de la evolución de los censos provinciales de ganado ovino y bovino en números absolutos del total de efectivos, lo hacemos utilizando las aportaciones de cada provincia al censo total de Castilla y León.

Tabla 16. Evolución provincial de los censos de ganado ovino (%)

PROVINCIA	1980	1990	2000
AVILA	6,23	7,33	4,33
BURGOS	10,35	10,61	10,05
LEÓN	12,34	10,60	16,47
PALENCIA	9,02	6,98	7,67
SALAMANCA	12,33	16,59	15,19
SEGOVIA	9,02	8,96	12,93
SORIA	14,45	11,22	9,49
VALLADOLID	11,56	11,97	11,12
ZAMORA	14,67	15,75	12,75

Fuente: Gestión integrada de ayudas PAC (2000). Junta de Castilla y León.

Tabla 17. Evolución provincial de los censos de ganado bovino (%)

PROVINCIA	1980	1990	2000
AVILA	16,85	19,54	10,63
BURGOS	7,91	7,05	7,41
LEÓN	20,00	13,07	10,85
PALENCIA	6,17	5,09	3,95
SALAMANCA	22,90	34,16	45,00
SEGOVIA	9,63	8,25	9,82
SORIA	2,13	1,78	1,54
VALLADOLID	5,55	4,13	3,73
ZAMORA	9,85	7,07	7,05

Fuente: Gestión integrada de ayudas PAC (2000). Junta de Castilla y León.

En ganado ovino, se presenta en todas las provincias leves incrementos del número de cabezas, a excepción de las provincias Salamanca y Segovia, en las que se duplicó en el periodo estudiado y la de Valladolid en la que se incrementó aproximadamente en el 50 %.

Observamos que han perdido peso relativo en el contexto regional del ganado ovino las provincias de Ávila, Palencia, Soria y Zamora y lo han ganado las de León y Salamanca, inmanteniéndose el resto.

En la evolución del censo de ganado bovino por provincias, se han producido incrementos discretos en todas ellas en el periodo 1980-2000, a excepción de las provincias de Salamanca, que casi cuadruplica el censo, Segovia y Burgos que lo duplican. Observamos la pérdida de peso relativo de Ávila, de León, (que pasa de aportar el 20,00 % de los efectivos en 1980 al 10,85 en el año 2000), de Palencia, Soria, Valladolid y Zamora; y la ganancia de Salamanca, cuyo censo bovino pasa de representar el 22,90 % de Castilla y León en 1980 al 45,00 en el año 2000. Las provincias de Burgos y Segovia mantienen su importancia relativa.

El tamaño medio de las explotaciones de ovino de leche y carne, y de bovino de carne de Castilla y León se expresan en las Tablas 18 y 19. Para su elaboración se han usado los datos obtenidos de la gestión integrada de ayudas PAC, ya que en ovino hemos observado una estrecha correspondencia con los censos del Anuario de Estadística Agraria y en bovino, a pesar de no agrupar a todo el censo, no se dispone de otros datos en los que podamos separar el número de explotaciones dedicadas a producción de leche y a producción de carne.

Tabla 18. Tamaño de las explotaciones ovinas en Castilla y León 2000 (Hembras con derecho a prima)

	OVINO DE LECHE			OVINO DE CARNE		
	Explot.	Cabezas	Ov./Expl.	Explot.	Cabezas	Ov./Expl.
AVILA	217	66 666	307,2	875	196 743	224,9
BURGOS	434	140 004	322,6	937	246 201	262,7
LEON	806	220 036	273,0	1 388	298 704	215,2
PALENCIA	854	237 496	278,1	261	66 414	254,5
SALAMANCA	785	139 274	177,4	1 576	377 884	239,8
SEGOVIA	192	63 706	331,8	888	320 087	360,5
SORIA	4	2 290	572,5	1 055	402 612	381,6
VALLADOLID	1 157	338 239	292,3	104	34 420	331,0
ZAMORA	1 525	416 406	273,0	927	246 548	266,0
TOTAL	5 976	1 624 117	271,8	8 011	2 189 613	273,3

Fuente: Gestión integrada de ayudas PAC (2000). Junta de Castilla y León.

Tabla 19. Tamaño de las explotaciones de vacas de carne en Castilla y León 2000 (Hembras con derecho a prima)

	EXPLORACIONES	CENSO	VACAS/EXPLOR.
AVILA	2 589	78 399	30,28
BURGOS	939	25 649	27,32
LEON	1 787	20 248	11,33
PALENCIA	335	9 048	27,01
SALAMANCA	5 302	189 157	35,68
SEGOVIA	817	27 069	33,13
SORIA	330	8 947	27,11
VALLADOLID	55	4 385	79,73
ZAMORA	1 434	22 860	15,94
TOTAL	13 588	385 762	28,39

Fuente: Gestión integrada de ayudas PAC (2000). Junta de Castilla y León.

Se observa que el tamaño medio de las explotaciones de ovino de leche es de 271,8 ovejas reproductoras, con pocas variaciones provinciales, salvo en Salamanca, que presenta un tamaño medio de 177,4 ovejas y en Soria de 572,5, pero este dato no debe tomarse en cuenta ya que son únicamente cuatro con un censo total de 2 290 cabezas.

En ovino de carne el tamaño medio (reproductoras/explotación) es de 273,3 ovejas, destacando la provincia de Soria con 381,6 cabezas, seguida de Segovia con 360,5 y Valladolid con 311,0 ovejas/explotación. En el extremo inferior destacamos las provincias de León con 215,2 y Ávila con 224,9 ovejas/explotación. En la provincia de Soria, se ha producido un ligero incremento en el tamaño de las explotaciones respecto al año 1995, (Asenjo *et al.*, 2001), situación que sospechamos se ha producido en el resto de la Comunidad.

En bovino de carne el número medio de reproductoras por explotación en Castilla y León es de 28,39, con valores extremos en la provincia de Valladolid, que es de 79,73, y León y Zamora con 11,33 y 15,94 vacas/explotación, respectivamente.

No podemos terminar de hablar de la ganadería extensiva sin citar la importancia del ganado de lidia en esta Comunidad Autónoma, y más concretamente en la provincia de Salamanca, ya que estas ganaderías tienen su hábitat más característico en las dehesas (García Sánchez, 2000). Según este autor, de las 1069 ganaderías de lidia censadas en España, 246 están en Castilla y León. De estas 188 están en la provincia de Salamanca, es decir, el 76,42 % del total, y le siguen, pero con gran diferencia, las provincias de Valladolid y Ávila, con 21 y 18 ganaderías de lidia, respectivamente.

A modo de conclusión, queremos resaltar la importancia de los pastos de origen agrícola en Castilla y León, siendo determinante el aporte de rastrojos y en menor medida los cultivos abandonados. Por otra parte, la distribución geográfica de la ganadería está relacionada con la localización de determinadas superficies pascícolas, predominando el ganado vacuno de carne en las áreas con mayor disponibilidad de pastizales y de pastos con arbolado ralo más dehesas, mientras que el ganado ovino se asienta en áreas con mayor presencia de barbechos y concretamente el ovino de leche en las zonas con cultivos forrajeros.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASENJO, B.; CIRIA, J.; MIGUEL, J.A.; MIGUEL, C. DE VITTO, R., 2001. Ganado ovino en la provincia de Soria: II.-Estructura productiva de las explotaciones ovinas. En *Actas XXVI Jornadas Científicas de la S.E.O.C.*, 419-423.
- BARGA BENSUSAN, R., 1995. *El Toro de Lidia*. Alianza Editorial, S.A. Madrid.
- CIRIA, J.; GONZÁLEZ, M.J.; GARCÍA, Y.; DÍAZ, F., 1995a. Productividad del ganado ovino de carne, en función del sistema de explotación y manejo reproductivo. I.T.E.A., **Volumen Extra nº 16**, 201-203.
- CIRIA CIRIA, J.; BUXADE CARBO, C.; GARCÍA PÉREZ, Y.; GONZÁLEZ SORIA, M.J., 1995b. Estructura de las explotaciones ovinas en Soria. En *Actas XXXV Reunión Científica de la S.E.E.P.*, 139-144.
- CORREAL, E.; SOTOMAYOR, J.A., 1998. Sistemas ovino-cereal y su repercusión sobre el medio natural. En *Actas XXXVIII Reunión Científica de la S.E.E.P.*, 109-128.
- DUBEUF, J-P; CASTEL, J-M; MENA-GUERRERO, Y., 2001. Evolución de los sistemas de producción ovinos y caprinos en el Mediterráneo. Resultados 2000 del Observatorio de la Red FAO/CIEHAM. En *Actas XXVI Jornadas Científicas de la S.E.O.C.*, 443-450.
- FERRER, C.; BROCA, A., 1999. El binomio Agricultura – Ganadería en los ecosistemas mediterráneos. Pastoreo frente a “Desierto Verde”. En *Actas XXXIX Reunión Científica de la S.E.E.P.*, 309-331.
- FERRER, C.; SAN MIGUEL, A.; OLEA, L., 2001. Nomenclátor básico de pastos en España. *Pastos*, **XXIX (2)**, 7-44.
- GARCÍA SANCHEZ, A., 2000. La raza de Lidia. En *Catálogo de razas autóctonas de Castilla y León (España) y Región Norte de Portugal. I. Especies bovinas y equinas*, 193-204. Fundación Rei Afonso Henriques. Zamora.
- JUNTA DE CASTILLA Y LEÓN. Gestión Integrada de Ayudas PAC. Año 2000.
- JUNTA DE CASTILLA Y LEÓN. Anuario de Estadística Agraria de Castilla y León 2000.
- MANRIQUE, E.; OLAIZOLA, A.M.; CHERTOUH, T., 2002. Los recursos pascícolas como factores de localización de sistema ganaderos extensivos. En *Actas XLII Reunión Científica de la S.E.E.P.*, 615-619.
- MANRIQUE, E.; CASASÚS, I.; OLAIZOLA, A.M.; MEDEL, I.; REVILLA, R., 2003. Producción ganadera diferenciada y territorio. El sistema extensivo de vacuno de cría de las Tierras Riojanas. En *Actas XLI Reunión Científica de la S.E.E.P.*, 333-338.
- MANTECÓN, A.R.; FRUTOS, P.; LAVIN, P.; GIRALDEZ, F.J., 1998. Prácticas en ganadería extensiva. En *Actas XXXVIII Reunión Científica de la S.E.E.P.*, 205-217.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACIÓN. 2002. Anuario de Estadística Agroalimentaria.

Incrementar la confianza en el pastoreo de praderas para la producción de leche

A. GONZÁLEZ RODRÍGUEZ, J. LÓPEZ DÍAZ y O. VÁZQUEZ YÁÑEZ

Centro Investigaciones Agrarias. Mabegondo. Xunta de Galicia. Apartado 10 - 15080 La Coruña.
Correo-e: antonio.gonzalez.rodriguez@xunta.es

RESUMEN: Los sistemas de producción de leche que confían en el pastoreo de forrajes, ofrecen un alto número de beneficios económicos, de salud animal y medioambientales. Para incrementar la utilización de tales sistemas en la UE se precisa el desarrollo de procedimientos para la toma de decisiones fiables a partir de la predicción exacta del crecimiento e ingestión del pasto para el rango de suelos y condiciones climáticas de la región del Arco Atlántico Europeo.

Actualmente se desarrolla un proyecto (Grazemore) para elaborar un sistema de apoyo de decisión (DSS) en pastoreo en tres fases: Primero, se realiza un modelo predictivo matemático del crecimiento estacional del pasto (HGM) con datos de las estaciones meteorológicas, tipo de suelo y fertilización nitrogenada. A continuación, un modelo predictivo de la ingestión (HIM) del pasto por vacas de leche, basado en una amplia gama de parámetros de la pradera y del animal. Finalmente, se integran estos dos modelos en otro de interacción planta / animal para su uso en granjas de leche. Este programa DSS se ha nutrido de datos de ensayos, en corte y pastoreo, de Galicia, se validará en diversas explotaciones con granjeros y técnicos de los países europeos participantes y pretende incrementar la confianza en el pastoreo de los granjeros de leche, tras su distribución en soporte informático o por la red (www.arini.co.uk/grazemore).

Palabras clave: crecimiento, calidad, ingestión pasto, tasa sustitución, sistema apoyo decisión

Increasing reliance on grazed pastures for milk production

SUMMARY: Milk production systems based on a high reliance on grazed herbage offer a number of economic, animal welfare and environmental benefits. In order to encourage and facilitate increased reliance on grazed grass in the European Union, there is a need for reliable decision support system (DSS), which will enable accurate prediction of grass growth and herbage intake for a range of soil and climatic conditions in the Atlantic Arc.

An EU funded project (Grazemore) is currently developing a grazing DSS based on the following approach: First, a mathematical, predictive model has been produced to predict seasonal herbage production (HGM) from forecasted meteorological inputs, in addition to soil type and N Fertilizer inputs. After, a predictive model of herbage intake by grazing dairy cows has been produced based on a wide range of plant and animal parameters. Finally, a grazing DSS for use on dairy farms is being developed based on a plant/animal interface model derived from the grass growth and intake models described above. The DSS is developed using data from cut and grazing trials from Galicia and will be validated on dairy farms throughout Europe. A program will be distributed in computer support (www.arini.co.uk/grazemore) that will enable dairy farmers to predict growth and herbage intake in cows and consequently increased confidence in, and reliance on, grazed grass for milk production.

Keywords: growth, quality, herbage intake, substitution rate, decision support system (DSS)

INTRODUCCIÓN

El crecimiento del pasto es muy variable en la parte occidental europea (Reino Unido, Irlanda, Normandía), con regiones de verano seco (una parte de Francia y la costa de Galicia), lo que afecta las posibilidades del pastoreo con vacas de la leche. A pesar de ello el pastoreo es práctica común y base de las producciones ganaderas de la Europa húmeda. Es la fuente más barata de nutrientes para las vacas, aportando competitividad a la producción de leche, empleando recursos de la explotación, conservando el paisaje rural y dando una buena imagen a los consumidores. En este sentido hay que resaltar que la vaca lechera en pastoreo es la fuente natural más rica en ácido linoleico conjugado (CLA) que tiene un alto beneficio potencial para la salud. El precursor de este ácido está en un 75 % en la hierba fresca, y desciende cuando esta se seca o se ensila (Elgersma *et al.*, 2003).

El sector lechero gallego ha emprendido la vía de la intensificación, a base de importar ganado de alta producción, de usar maquinaria cada vez más sofisticada y de alimentar en establo. Se forman cooperativas para la compra de concentrado con importación masiva de grano, de forrajes, alfalfa, y de subproductos, algodón, para las mezclas que alimentan las vacas. La explotación acaba dependiendo de gestores y nutrólogos.

La estabulación supone mecanización para la alimentación, grandes inversiones para el almacenamiento de purines y problemas para su utilización cubriendo las lógicas exigencias medioambientales. Lo más grave es que el potencial de las praderas en Galicia, que en 240 días producen unas 8-10 de MS/ha de pasto de calidad, es usado casi solo como ensilado, generando una gran infrautilización de las praderas.

El esfuerzo que se hizo para intensificar, no se ha hecho para incrementar el pastoreo, tanto en el ámbito particular, a pesar de la gran proliferación de cooperativas, como en el ámbito institucional para solucionar el problema de la fragmentación de la explotación. A pesar de la desaparición de muchas explotaciones, no hubo la posibilidad de que la SAU liberada se incorporase a las explotaciones lecheras vecinas. Quizá falta tradición de pastoreo en muchas zonas de Galicia, pero nada que no se consiga con una poca práctica del ganadero. Se trata de casar el pasto de calidad que la explotación es capaz de producir con las necesidades nutritivas del rebaño en pastoreo para lograr la necesaria reducción de costes.

EL PROYECTO GRAZEMORE

La tendencia al descenso del pastoreo para la producción de leche también se siente en otros países de la UE. A iniciativa de científicos de Suecia, Países Bajos, Francia, España, Inglaterra ha nacido un proyecto financiado por la UE y coordinado por el Instituto de Investigación Agraria de Irlanda del Norte que se dará a conocer al final del presente año que consiste en desarrollar un modelo predictivo para el crecimiento del pasto (HGM) y un modelo para la ingestión de pasto en vacas de leche en pastoreo (HIM) para al final fundirlos en un sistema de apoyo de decisión (DSS) para ser usado en granjas de leche (Mayne *et al.*, 2004).

1) El crecimiento de las praderas

En el proyecto se evaluaron los modelos de crecimiento de praderas más adecuados para formar la base de un modelo de crecimiento europeo de forraje (HGM) y se seleccionó el modelo LINGRA, por considerar que poseía el mayor potencial para su posterior desarrollo (Barret *et al.*, 2004). Se aportan al modelo las curvas de crecimiento (Figura 1) donde se observa la alta variabilidad del pasto de zonas lecheras representativas de Galicia (Piñeiro *et al.*, 1996), en relación a los datos climáticos. La curva de crecimiento del CIAM de Mabegondo (Figura 2) se compara con las de otros lugares de Europa (González *et al.*, 1996).

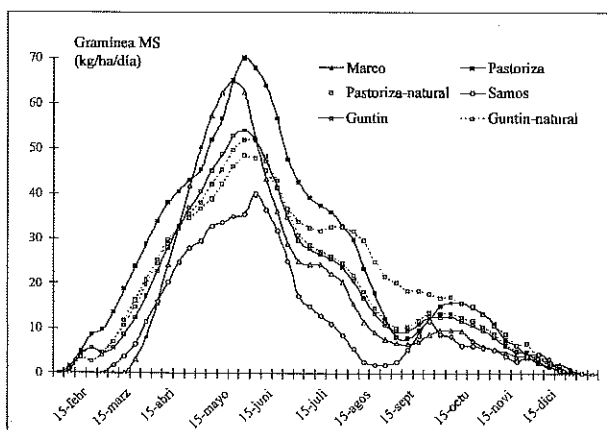


Figura 1. Curvas de crecimiento en diversos lugares de Galicia (media 4 años)

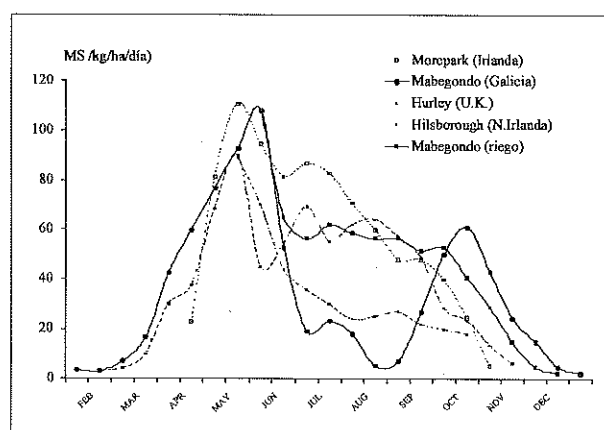


Figura 2. Potencial productivo del pasto en diversos lugares de Europa.

La calidad del pasto

Una cantidad de pasto disponible no garantiza un nivel de ingestión ya que está en función de la calidad que varía según el estado vegetativo de la pradera: I) Fase vegetativa: principio de primavera hasta final de abril, II) Fase reproductiva: segunda mitad de primavera, de mayo a agosto, III) Fase otoñal: tras el verano con mayor o menor sequía.

Tabla 1. Variaciones de la calidad del pasto según la época del año en pastoreo

Etapa Fecha	I-vegetativa abril	II-reproductiva tallos mayo	II-reproductiva flores junio	III-otoño septiembre
Materia seca (%)	17,5	17,9	16,7	13
Proteína bruta (%)	19,6	15	12	27
FAD (%)	23,1	26,1	26,3	31
Azúcares (%)	20,1	22,2	17,8	5,7
EM (MJ/kg MS)	11,9	11,3	11,3	10,6

La calidad está normalmente en relación inversa a la edad del rebrote de la pradera e influye en la ingestión. Para racionar en pastoreo se suelen cuantificar parámetros químicos, FAD y PB del pasto. Los valores óptimos deben ser acordes con las necesidades del rebaño y se sitúan entre un 14 y 17 % PB en el pasto, por cada unidad de porcentaje que baje del 13 % de PB, la ingestión de materia orgánica desciende 0,3 kg (Peyraud y González, 2000). La materia seca del pasto también influye en la ingestión, si esta baja del 18 % MS, como sucede en el pasto de otoño, por cada unidad de descenso se reduce la capacidad de ingestión en 0,2 kg de materia orgánica (Vérité y Journet, 1970).

La estructura de la pradera

Es un factor al que se comienza a prestar interés en pastoreo, el animal debe ingerir hojas (limbos), mejor que tallos (vainas) y mejor que espigas en las gramíneas, reaccionando a la distinta estructura del pasto, a través del número y peso de los bocados.

Tabla 2. Respuesta al pastoreo con distinta estructura del pasto.

	más vainas	más limbos
Altura al entrar (cm)	18,1	13,4
Altura al salir (cm)	7,4	6,7
Masa foliar (%)	36	45
Hierba ingerida (kg MO)	13,5	16,3
Leche (kg)	18,1	20,6

Hay pocos datos para cuantificar este efecto y favorecer una alta ingestión diaria de pasto por las vacas de leche. En la Tabla 2 se observa una mayor ingestión de pasto cuando hay más masa foliar, a pesar de una menor altura de pastoreo. El objetivo es conseguir una pradera con muchas hojas y dar al animal el tiempo necesario para pastarla. La oferta de hojas verdes es mejor predictor de la ingestión de pasto ($r^2 = 0,81$) que la disponibilidad de forraje ($r^2 = 0,73$) (n: 63). Con una pradera foliosa se puede alcanzar un máximo de 20 kg de MS de ingestión por vaca. (Delaby *et al.*, 2002).

2) La relación pasto-animal y la ingestión de forraje

En la elaboración del proyecto Grazemore se desarrolló un segundo modelo predictivo de ingestión del forraje (HIM) para describir el comportamiento de las vacas de leche en pastoreo. En un primer paso, se calcula la ingestión potencial (*ad libitum*) en un modelo subalterno basado en el sistema de unidades lastre del INRA, las tasas de sustitución entre forraje y concentrado y la capacidad de ingestión de las vacas (Delagarde *et al.*, 2004) Esta capacidad de ingestión es una función característica sólo del animal y las unidades lastre sólo de forraje (especie, estado vegetativo, composición química). Es importante considerar que las unidades lastre del concentrado es una función variable del balance de energía durante la lactación de la vaca (Faverdin *et al.*, 1991).

En un segundo paso, la ingestión relativa en pastoreo es calculada en otro modelo subalterno con las características de la pradera y los factores de manejo del pasto que pueden limitar ingestión potencial. Entre estos factores se incluyen la biomasa y la disponibilidad de pasto para el pastoreo rotacional, y la altura de la pradera para el continuo, en ambos sistemas se considera el tiempo de acceso diario al pasto.

La suplementación en pastoreo y la tasa de sustitución

Las vacas incrementan la producción de leche cuando aportamos concentrado. Sin embargo, esta respuesta no siempre es directa ya que depende de las necesidades de las vacas en cada momento de la lactación y del resto de la dieta. Si el forraje ingerido es abundante y de calidad, puede aportar los nutrientes necesarios para una producción de leche de unos 22-25 litros. Si aportamos concentrado, la vaca lo ingiere en sustitución del forraje y su efecto es pequeño o nulo en la respuesta en leche suponiendo un mal uso del concentrado, como se suele observar en muchas explotaciones intensivas gallegas. La medida de este efecto se llama *tasa de sustitución* (TS) que depende de la oferta de pasto además de la dosis diaria de concentrado. Al pasar de 1,8 a 3,6 kg, la eficiencia disminuye, llegando a 0,5 kg leche por kg concentrado (Delaby y Peyraud 1997). Si la vaca en pastoreo es de alta producción, el consumo de concentrado se mantiene al tiempo que una alta ingestión de pasto, lo que supone un efecto sustitutivo bajo. Un aporte de 3,8 kg a una vaca de 35 litros produjo 0,7 kg de leche por kg de concentrado (Wilkins *et al.*, 1995) que sería una respuesta mínima según los precios actuales de leche y concentrado. Cuando se restringe la oferta de pasto, por incremento de la carga ganadera o si hacemos descender la altura de pasto, se obtiene una TS baja (respuesta alta) y es positivo el uso de concentrado. La tasa de sustitución es una función lineal del balance energético ($TS = 0,32 + 0,071 \text{ BE}$) de la vaca (BE) en UFL/día. Este balance nos marcará el ritmo de aporte de concentrado y no tanto la producción de la vaca. Determinando la urea en leche podemos detectar y corregir deficiencias del balance de energía/PB durante la lactación, que podrían penalizar la producción de leche (González *et al.*, 2001).

3) El sistema de producción de leche y el sistema apoyo decisión (DSS)

El proyecto es aplicable a los sistemas de producción de leche en pastoreo posibles para Galicia, que tengan como objetivo el obtener la mayor cantidad de alimento de la explotación. Con partos agrupados y un manejo que busque pasto de calidad, se pueden producir unos 6000 litros con solo 600 kg de concentrado, llegando a los 7300 litros con 2100 kg. Esta cifra puede ser aún rebajada, tras detectar los posibles déficit energéticos, después del parto, o proteicos, determinando la urea en leche, equilibrando la ración durante la lactación con más proteína, con ensilado de maíz, pulpa, etc. (González y Vázquez, 2002).

El proyecto Grazemore en su fase final nos permite obtener por separado la oferta y la ingestión real de pasto. Antes de ejecutar una simulación se deben añadir al programa datos meteorológicos e información del rebaño. El programa permite el funcionamiento de escenarios "qué pasaría si...", dando libertad a los usuarios para ver el resultado de entradas de variables como la aplicación de fertilizante o la cantidad de concentrado sobre la producción de pasto o el rendimiento en leche. Incluso puede verse el efecto de condiciones climáticas adversas. La validación interna y externa realizada con datos independientes, nos muestra que el modelo es robusto en una amplia gama de prácticas de manejo en pastoreo y resultó conveniente para el apoyo de decisiones de manejo. Se dispone de mayor información en www.arini.co.uk/grazemore.

CONCLUSIONES

Es posible invertir la tendencia a la intensificación de la producción de leche, con sistemas basados en el pastoreo de forrajes. El potencial productivo de las praderas utilizado en fresco puede satisfacer la mayor parte de las necesidades de la vaca, pudiendo racionalizar el uso del concentrado y entrar en un sistema competitivo para cubrir la cuota de las explotaciones lecheras en Galicia.

Se dispone de un modelo predictivo (GRAZEMORE) con un sistema de apoyo de decisión basado en una amplia gama de parámetros de la pradera y del animal para su uso por el ganadero, que propone la integración de los conocimientos del crecimiento del pasto y de su manejo, con los de su ingestión por vacas de leche en pastoreo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARRETT, P.D.; LAIDLAW, A.S.; MAYNE, C.S., 2004. An evaluation of three European herbage growth models for use in a pasture management decision support system. En *20th General Meeting EGF "Land use systems in grassland dominated regions"*. 21-24 June 2004. Luzern (Suiza).
- DELABY, L.; PEYRAUD, J.L., 1997. Influence of concentrate supplementation strategy on grazing dairy cows' performance. En *XVIII International Grassland Congress*, Saskatoon, Canada, 1111-1112.
- DELABY, L.; PEYRAUD, J.L.; DELAGARDE, R., 2002. L'éleveur, la vache et l'herbe. *Journée d'Etudes de l'AREDB et du Ministère de l'Agriculture-DG6*. Henri-Chapelle INRA - UMR Production du Lait - 35590 St Gilles - Francia.
- DELAGARDE, R.; FAVERDIN, P.; BARATTE, C.; PEYRAUD, J.L., 2004. The herbage intake model for grazing dairy cows in the EU Grazemore project. En *20th General Meeting EGF "Land use systems in grassland dominated regions"* 21-24 June 2004. Luzern (Suiza).
- ELGERSMA, A.; TAMMINGA, S.; ELLEN, G., 2003. Comparison of the effects of grazing and zero-grazing of grass on milk fatty acid composition of dairy cows. En *Optimal forage systems for animal production and the environment, Vol. 8 Grassland Science in Europe*, 271-274. Ed. A. KIRILOV, N. TODOROV, I. KATEROV. Pleven (Bulgaria).
- FAVERDIN, P.; DULPHY, J.P.; COULON, J.B.; VERITÉ, R.; GAREL, J.P.; ROUEL, J.; MARQUIS, B., 1991. Substitution of roughage by concentrates for dairy cows. *Livestock Production Science*, **27**, 137-156.
- GONZÁLEZ, A.; PIÑEIRO, J.; CROPPER, M., 1996. Extending the grazing season. En *Grassland and land use systems*, 941-948. Ed. G. PARENTE, J. FRAME, S. ORSI. Grado (Italia).
- GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ, A.; SÁNCHEZ RODRÍGUEZ, L.; VÁZQUEZ YAÑEZ, O., 2001. El equilibrio de la ración según la urea en leche de vacas en pastoreo y con ensilado. En *XLI Reunión S.E.E.P* Alicante. 215-220.
- GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ, A.; VÁZQUEZ YAÑEZ, O., 2002. Effect of energy and nitrogen supply at pasture on milk production and urea content in the humid Spain. En *Multi-function grassland. Quality forages, animal products and landscapes*, 566-567. Ed. J.L. DURAND, J.C. EMILE, C. HUYGHE, G. LEMAIRE. Poitiers (Francia).
- MAYNE, C. S.; ROOK, A. J.; PEYRAUD, J.L.; CONE, J.; MARTINSSON, K.; GONZÁLEZ, A., 2004. Improving sustainability of milk production systems in Europe through increasing reliance on grazed pasture. En *20th General Meeting EGF "Land use systems in grassland dominated regions"* 21-24 June 2004. Luzern (Suiza).
- PEYRAUD, J.L.; GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ, A., 2000. Relations between grass production, supplementation and intake in grazing dairy cows. En *Grassland Science in Europe, vol 5, Grassland Farming. Balancing environmental and economic demands*, 269-282. Ed. K. SOEGAARD, C. OHLSON, J. SEHESTED, N.J. HUTCHINGS, T. KRISTENSEN. Aalborg (Dinamarca).
- PIÑEIRO, J.; DÍAZ, N.; FERNÁNDEZ, J.A.; VILLADA, E., 1996. Curvas de producción de praderas en cuatro localidades de Galicia. *Memoria CIAM 1994-1996*. Xunta Galicia, 63-72.
- VÉRITÉ, R.; JOURNET, M., 1970. Influence de la teneur en eau et de la déshydratation de l'herbe sur sa valeur alimentaire pour les vaches laitières. *Annales Zootechnie*, **19**, 255-268.
- WILKINS, R.J.; GIBB, M.J.; HUCKLE, C.A., 1995. Lactation performance of spring-calving dairy cows grazing mixed perennial ryegrass/white clover swards of differing composition and height. *Grass and Forage Science*, **50**, 199-208.

Producción de leche y composición de la leche de vacas avileñas explotadas en régimen extensivo: factores de variación

C. LÓPEZ-CARRASCO¹, A. MARTÍNEZ CASAS¹ y A. DAZA²

¹C.I.A. "Dehesón del Encinar" 45560 Oropesa. Toledo (España). ²Dpto de Producción Animal. E.T.S.I.Agrónomos. U.P. Madrid.

RESUMEN: Se obtuvo una producción anual de pasto de 2424 kg de materia seca por ha en el año experimental, distribuida el 18% en otoño-invierno y 78% en primavera. La época de parto y el periodo de lactación, afectaron significativamente a la producción media diaria de leche de las vacas; sin embargo, la evolución de la condición corporal de las vacas durante la lactación y el sexo, peso al nacimiento y peso y edad de los terneros al destete, no influyeron significativamente en dicha producción. Se observó una relación negativa entre la producción y las tasas de grasa y de proteína de la leche. El crecimiento de los terneros durante sus tres primeros meses de vida estaba muy relacionado con la producción de leche de las vacas durante el periodo febrero-abril.

Palabras clave: vacuno de carne, dehesa, calidad de leche, Toledo.

Milk production and composition of avileña cows raised in extensive system: factors of variation

SUMMARY: In the experimental year, the pasture production was 2424 kg of dry matter/ha distributed 18% in autumn-winter and 78% in spring. A significant effect of calving date and lactation stage was observed on average daily production. However, no significant influences of the condition evolution of cows during lactation, calf sex, birth and weaning weights and weaning age of calves on milk production were observed. A negative relation between milk production and fat and protein concentrations was found. The growth of the calves from birth to three month old was very related with the milk production of the cows during the February-April period.

Key words: cattle breed, dehesa system, milk quality, Toledo.

INTRODUCCIÓN

En las explotaciones extensivas de vacas de cría, la alimentación que recibe el ternero durante el periodo de lactación, basada en la leche de la madre y en la ingestión de pasto, es el principal factor de influencia en el crecimiento diario y en el peso al destete, variables que, como es sabido, tienen un indudable interés económico.

La producción de leche de las vacas de cría depende de la raza, edad, individuo, número de lactación, época de parto, duración y tipo de amamantamiento, sexo y peso al nacimiento del ternero amamantado, de la alimentación recibida a finales de la gestación y durante la lactación, de las condiciones ambientales, el estado sanitario, etc., (Daza, 2003).

Se dispone de poca información del efecto de tales factores de variación sobre la producción y composición de la leche de las razas bovinas de la dehesa, por lo que el presente trabajo estudia la incidencia de algunos de los factores precitados sobre dichas variables y la relación entre producción de leche y crecimiento de los terneros.

Este trabajo se enmarca dentro del proyecto regional de investigación nº 02-207/PA-36: "Efecto de la sustitución de abonos de síntesis por abonos ecológicos sobre la producción de vacuno de carne en las dehesas de Castilla-La Mancha".

MATERIAL Y MÉTODOS

Durante la campaña ganadera 2001-2002 se han controlado 33 vacas adultas de raza Avileña-Negra Ibérica, y sus terneros correspondientes, pertenecientes al Centro de Investigaciones Agropecuarias "Dehesón del Encinar", de la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha, situado en el término municipal de Oropesa (Toledo).

Las vacas parieron de noviembre a enero (fecha media del parto 25 de diciembre), la carga ganadera durante el periodo experimental fue de 0,38 vacas/ha, y fueron suplementadas durante 110 días, desde finales de noviembre hasta principios de marzo, con 99,6 kg de concentrado en forma de tacos (2900 kcal de EM/kg y 16% de proteína bruta) y 32 kg de paja de cebada por reproductora, no recibiendo los terneros ningún tipo de suplementación alimenticia.

La producción de pasto del área experimental se estimó, mediante controles realizados el 15 de marzo, 15 de abril, 15 de mayo y 10 de junio de 2002, siguiendo la metodología que puede verse en López-Carrasco *et al.* (2003). La finca experimental dispone de estación meteorológica con registro de temperatura y precipitación diaria.

Se estimó la condición corporal (CC) de las vacas al parto, al final del periodo de suplementación alimenticia y al destete según el método de Lowman *et al.* (1976), y se realizaron cinco controles lecheros, desde febrero a junio, con periodicidad mensual. Para la realización de los controles lecheros se siguió la metodología que puede verse en Rodríguez *et al.* (1999), para ello, las vacas eran separadas de los terneros a las 9:00 hasta las 16:00 horas, reuniéndolos durante 20 minutos para lograr el apurado de las vacas, a continuación se volvían a separar hasta la mañana siguiente a las 9:00 horas, administrando oxitocina (2 ml/vaca) y procediendo al ordeño a máquina, recogida y cuantificación de la leche obtenida. De la leche extraída de cada vaca, se tomaron tres muestras, utilizando azidiol (134?) como conservante y se mantuvieron refrigeradas procediendo al traslado inmediato al laboratorio oficial de lactología y sanidad animal de Talavera de la Reina. El análisis de los % de grasa, proteína y lactosa se realizó utilizando el equipo Milkoscan FT6000.

La leche producida en 17 horas se extrapoló a 24 horas y la media de la producción diaria de los tres primeros controles y de los dos últimos se consideraron como las producciones medias diarias de los periodos febrero-abril y mayo-junio respectivamente. Los terneros se pesaron al nacimiento, en los días de control lechero y al destete, realizado a fecha fija para todos los terneros (14 de junio), a una edad media de $182 \pm 32,6$ días.

Los datos recabados de producción lechera y de composición de la leche se analizaron mediante análisis de varianza, considerando como factores principales la época de parto temprana -13 de noviembre a 25 de diciembre- frente a tardía -26 de diciembre a 11 de febrero-, el periodo de lactación: febrero-abril versus mayo-junio y el sexo del ternero amamantado, así como las interacciones dobles correspondientes a los factores indicados. El crecimiento de los terneros según sexo se estudió mediante análisis de covarianza, incluyendo como covariables el peso del ternero al nacimiento, la edad al destete y la producción media diaria de leche de las vacas, y mediante regresión simple y múltiple. Las covariables no significativas fueron retiradas de los modelos estadísticos.

Los análisis se llevaron a cabo utilizando el procedimiento GLM del paquete estadístico SAS (1999).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La producción de pasto obtenida fue de 2424 kg de materia seca (MS) por hectárea, repartida el 18% en otoño-invierno (octubre-15 de marzo); 25,2% (16 de marzo a 15 de abril); 49,5% (16 de abril a 15 de mayo) y 7,2% (16 de mayo a 10 de junio). Esta producción de materia seca fue superior a la obtenida por Martín Polo *et al.* (2003) en dehesas salmantinas sobre suelos de pizarras (entre 751 y 1900 kg de MS/ha según año) y granitos (entre 577 y 1937 kg de MS/ha según año) y a la producción media encontrada por Olea *et al.* (1991) en dehesas extremeñas y andaluzas (1550 kg de MS/ha), pero concuerda, según datos climatológicos del año experimental y de la calidad de suelo de la finca, con la que se obtiene aplicando dichos datos a la metodología de estimación de la producción de materia seca en dehesas de Extremadura propuesta por Jiménez Mozo *et al.* (1986), además se trata de un área de la finca que viene siendo aprovechada de forma continua y permanente desde 1989 hasta la actualidad con ganado vacuno, estando sus pastos mejorados por efecto del pastoreo. La baja fracción de producción de MS obtenida en otoño-invierno, inferior a la observada por Olea *et al.* (1986) (18% vs 32%) fue debida a las bajas temperaturas medias acontecidas en los meses de noviembre y diciembre de la campaña experimental (8,25°C y 4,45°C respectivamente).

La CC de las vacas al parto y al final del periodo de suplementación alimenticia fue de $3,18 \pm 0,58$ y $2,84 \pm 0,50$ respectivamente, ganando desde el parto hasta el destete $0,29 \pm 0,41$ puntos de la escala de Lowman *et al.* (1976).

La CC al parto, al destete y la variación de esta variable desde el parto hasta el destete no tuvieron influencia significativa ($P > 0,05$) sobre la producción media diaria de leche (PMDL), ni tampoco el peso al nacimiento y el peso y edad al destete de los terneros.

La PMDL no mostró relaciones significativas con el peso al destete y duración de la lactación.

En la Tabla 1, aparecen reflejadas la producción de leche y la composición de la leche según época de parto, periodo de lactación (febrero-abril vs mayo-junio) y sexo del ternero amamantado. La PMDL fue de $5,29 \pm 1,8$ L/d con el 4,2% de grasa; 3,68% de proteína y 5,1% de lactosa, registrándose variaciones individuales entre 1,21 y 8,41 L/d. La PMDL fue significativamente superior en las vacas de paridera tardía que en las de paridera temprana y se reducía conforme avanzaba la lactación (periodo mayo-junio), mientras que el sexo del ternero no tuvo efecto significativo ni tampoco las interacciones época de parto x periodo, época de parto x sexo y periodo x sexo. Los porcentajes de grasa y de proteína de la leche estaban relacionados negativamente con la producción de leche y el de lactosa permanecía invariable según factor de variación estudiado.

Tabla 1. Efecto de la época de parto, periodo de lactación y sexo del ternero sobre la producción media diaria de leche (PMDL) y composición de la leche.

Factor de variación	N (L/d)	PMDL	Grasa %	Proteína %	Lactosa %
ÉPOCA DE PARTO					
Temprana	20	$4,69 \pm 1,7a$	$4,27 \pm 0,21$	$3,74 \pm 0,26$	$5,13 \pm 0,16$
Tardía	13	$6,2 \pm 1,8b$	$4,07 \pm 0,29$	$3,58 \pm 0,27$	$5,06 \pm 0,17$
PERIODO					
Feb-Abr	33	$5,73 \pm 1,9a$	$4,07 \pm 0,23a$	$3,62 \pm 0,22$	$5,10 \pm 0,15$
May-Jun	33	$4,62 \pm 1,8b$	$4,37 \pm 0,19b$	$3,77 \pm 0,24$	$5,10 \pm 0,18$
SEXO					
Macho	18	$5,46 \pm 1,9$	$4,14 \pm 0,17$	$3,67 \pm 0,23$	$5,09 \pm 0,15$
Hembra	15	$5,08 \pm 1,5$	$4,25 \pm 0,20$	$3,69 \pm 0,18$	$5,11 \pm 0,14$

Según factor de variación, medias con distintos superíndices difieren $P < 0,05$.

N= número de observaciones

Se dispone de poca información sobre producción de leche y composición de la leche de las vacas autóctonas de la dehesa. En vacas Retintas, paridas desde octubre a marzo, Martín (1985) obtuvo una PMDL de 5,5 L/d, la producción disminuía a medida que avanzaba la lactación, y los factores sexo, peso del ternero al nacimiento y duración de la lactación no afectaron a la producción de leche. En vacas Avileñas, Rodríguez *et al.* (1999) encontraron una PMDL de 6,3 L/d detectando una producción superior en las vacas que amamantaron machos que en las que amamantaron hembras (7 vs 6,1 L/d).

Respecto a la composición de la leche, diversas referencias históricas, recogidas por Sánchez Belda (1983), informan sobre la elevada tasa grasa de la leche de la raza Avileña y de su predicamento popular como raza productora de "leche gorda". Nuestros resultados, sin embargo, ofrecen valores convencionales de porcentajes de grasa y de proteína similares a los observados por Petit (1988) en las razas de aptitud preferente carne Charolais y Limousin y superiores a los encontrados en la raza Parda Alpina, de mayor potencial lácteo (Casasús *et al.*, 2001).

El peso medio de los terneros al nacimiento fue de 39,9 kg y 33,1 kg en machos y hembras respectivamente ($P < 0,05$) y la ganancia media diaria (GMD) desde el nacimiento hasta el destete de 1040 y 978 g/d ($P < 0,1$).

Tabla 2. Ecuaciones de regresión simple y múltiple entre la ganancia media diaria de los terneros (GMD en kg/d) y la producción media diaria de leche (PMDL en L/d), peso al nacimiento (PN en kg) y edad al destete (ED en días).

Periodo	Ecuación de regresión	R ²	P
Nacimiento-96 días	GMD = 0,54 + 0,0612. PMDL	0,54	0,001
97 días-destete	GMD = 1,03 + 0,0165. PMDL	0,01	0,31
Nacimiento-destete	GMD = 0,832 + 0,0331. PMDL	0,18	0,05
Nacimiento-96 días (machos)	GMD = 0,477 + 0,0772a. PMDL	0,71	0,0001
Nacimiento-96 días (hembras)	GMD = 0,666 + 0,0322b. PMDL	0,32	0,03
Nacimiento-destete (machos)	GMD = 0,814 + 0,0397a. PMDL	0,21	0,09
Nacimiento-destete (hembras)	GMD = 0,894 + 0,0167b. PMDL	0,081	0,38
Nacimiento-96 días	GMD = 0,458 + 0,00259. PN + 0,0585. PMDL	0,57	0,001
96 días-destete	GMD = 0,917 + 0,00198. PN + 0,00391. PMDL	0,04	0,28
Nacimiento-destete	GMD = 0,639 + 0,0062. PN + 0,0264. PMDL	0,28	0,01
Nacimiento-destete	GMD = 1,009 + 0,000059. PN + 0,0239. PMDL - 0,00131. ED	0,40	0,001

n° de terneros = 33; machos = 18; hembras = 15.

Entre sexos, según periodo de desarrollo, pendientes con distintos superíndices, cotejadas mediante la "t" de Student, difieren P < 0,05.

Los análisis de regresión, simple y múltiple, que relacionan la GMD de los terneros, según periodo de desarrollo, con las variables independientes PMDL, peso al nacimiento (PN) y edad al destete (ED), y la interacción entre el sexo y la PMDL se presentan en la Tabla 2. El 54,4% de la variabilidad de la GMD de los terneros durante los tres primeros meses de vida se explica por la PMDL de la madre durante el periodo febrero-abril. Sin embargo, la PMDL del periodo mayo-junio no tuvo efecto sobre la GMD de los terneros desde los tres meses al destete. Un aumento de un litro de la PMDL de las vacas durante el periodo febrero-junio se traduciría en un incremento de la GMD de los terneros desde el nacimiento hasta el destete de 33 g/d, valor superior al obtenido por Martín (1985) en terneros Retintos (22 g/d). El aumento de la PMDL de la madre lograba mayores incrementos de peso en los machos que en las hembras desde el nacimiento hasta los tres meses y desde el nacimiento hasta el destete. La inclusión en los análisis de regresión de las variables PN y ED incrementaba ligeramente los valores de R², explicando así su menor efecto que la PMDL de las vacas sobre la GMD de los terneros. La relación entre ED y el peso al destete (PD) y GMD de los terneros desde el nacimiento hasta el destete se ajustaba a las funciones cuadráticas de estructura:

$$PD \text{ (kg)} = -108,99 + 3,062(ED) - 0,0067(ED)^2; (R^2 = 0,43 \text{ y } P < 0,001).$$

$$GMD \text{ (kg)} = 0,2467 + 0,0105(ED) - 0,00003(ED)^2; (R^2 = 0,36 \text{ y } P < 0,001).$$

Estos resultados indican que los terneros de paridera temprana nacidos en otoño (los de mayor edad al destete) sufren una reducción de su crecimiento diario al final de la primavera como consecuencia de la caída importante de la producción de leche de sus madres y de la disminución de la calidad del pasto (proteína bruta, digestibilidad de la materia orgánica) durante dicho periodo.

CONCLUSIONES

Los valores de producción de leche y la composición de la leche de vacas Avileñas, con lactaciones en invierno-primavera, son similares a los obtenidos en otras razas de aptitud preferente carne de bajo potencial lechero. Dada la marcada influencia de la producción de leche sobre el crecimiento de los terneros durante los tres primeros meses de vida y las importantes variaciones individuales de producción observadas sería interesante que se prestara mayor atención a la selección de este carácter.

AGRADECIMIENTOS

Queremos expresar nuestro agradecimiento a Santiago Fernández y Sonia Lázaro del laboratorio de lactología y sanidad animal de la J.C. de Castilla-La Mancha, en Talavera de la Reina, Toledo, por los análisis de las muestras de leche así como al personal de campo del CIA "Dehesón del Encinar", sin los cuales no hubiera sido posible ordeñar las vacas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CASASUS, I.; BERNUES, A.; SANZ, A.; REVILLA, R., 2001. Alimentación de la vaca y el ternero durante la lactación en sistemas extensivos de montaña: (1). Rendimientos del rebaño en lactación. *ITEA, Vol extra (22, Tomo II)*, 433-435.
- DAZA, A., 2003. Factores de variación de la productividad de vacas de cría. *Mundo ganadero*, **156 (suplemento)**, 13-19.
- JIMÉNEZ MOZO, J., 1986. Una aproximación metodológica de un sistema de evaluación de la productividad potencial de un territorio de dehesa del suroeste peninsular. En *Conservación de las dehesas portuguesa y española*, 51-86. Co. P. CAMPOS y M. MARTÍN. M.A.P.A. Madrid (España).
- LÓPEZ-CARRASCO, C.; RODRÍGUEZ, R.; LÓPEZ-BOTE, C.; OVEJERO, I.; DAZA, A., 2003. Factores de variación de la productividad de vacas de raza Avileña-Negra Ibérica en la dehesa. En *Pastos, Desarrollo y Conservación*, 339-343. Ed. A.B. ROBLES, M.E. RAMOS, M.C. MORALES, E. DE SIMÓN, J.L. GONZÁLEZ REBOLLAR, J. BOZA. Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía. (España).
- LOWMAN, B.G.; SCOTT, N.A.; SOMERVILLE, S.H., 1976. Condition scoring suckler cows. *E.S.C.A, Bull n° 6*.
- MARTÍN, M., 1985. Influencia de ciertos factores ambientales sobre la productividad del ganado retinto en la dehesa. Tesis Doctoral. I.N.I.A, 132 pp. Madrid (España).
- MARTÍN POLO, J.L.; GARCÍA BELLIDO, I.; SÁNCHEZ RODRÍGUEZ, M.E., 2003. Plant production and nutritive quality of savannah-like grassland (dehesas) in semi-arid zones of the province of Salamanca. *Spanish Journal of Agricultural Research*, **1 (4)**, 41-49.
- OLEA, L.; PAREDES, J.; VERDASCO, P., 1986. Mejora de los pastos en la dehesa, 87-110. En *Conservación y desarrollo de las dehesas española y portuguesa*. Co. P. CAMPOS y M. MARTÍN. M.A.P.A. Madrid (España).
- OLEA, L.; PAREDES, J.; VERDASCO, P., 1991. Características y producción de los pastos de las dehesas del SO español. *Pastos*, **XX-XXI**, 131-156.
- PETT, M., 1988. Alimentación de vacas de carne, 143-165. En *Alimentación de bovinos, ovinos y caprinos*. I. N. R.A. Ed. Mundi Prensa. Madrid (España).
- RODRÍGUEZ, R.; LÓPEZ-CARRASCO, C.; ROBLEDO, J.C.; RIVERA, M.J., 1999. Estimación de la producción lechera en la vaca Avileña Negra Ibérica. *ITEA Vol Extra (20 Tomo II)*, 789-791.
- SÁNCHEZ BELDA, A., 1983. *La raza bovina Avileña Negra Ibérica*. Ed. M.A.P.A, 102 pp. Madrid (España)
- SAS., 1999. *Users' guide statistics*. SAS Institute, Cary, NC, USA.

Efectos del pastoreo rotacional con vacas lecheras sobre la variación de la composición nutritiva del pasto entre rotaciones

O. P. VÁZQUEZ YÁÑEZ, A. GONZÁLEZ RODRÍGUEZ y J. LÓPEZ DÍAZ

Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo. Apartado 10 A Coruña. España

RESUMEN: Se analiza la variación de la composición nutritiva del pasto en condiciones de pastoreo rotacional con vacas lecheras durante una serie de experimentos realizados en el año 2000 en el Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo. Se determinó el contenido en PB, FB, FND y FAD del pasto en oferta durante todo el período experimental y se analizó la variación del contenido de estos nutrientes entre defoliaciones en función del contenido nutritivo inicial del pasto, el tipo de tratamiento, el tiempo transcurrido entre defoliaciones y la época del año. Los resultados muestran que la variación de nutrientes están relacionados con los anteriores factores con un coeficiente de correlación múltiple que es mayor para la PB (0,77) y menor para la FND (0,61). Los resultados muestran que la variación de la composición nutritiva del pasto entre defoliaciones está relacionado tanto con el estado nutritivo inicial del pasto como con el manejo del pastoreo y la época del año.

Palabras clave: Composición nutritiva, pastoreo rotacional, vacas lecheras

Rotational grazing of dairy cows effect on the variation of the pasture nutrient composition between rotations

SUMMARY: The variation of nutritive composition of the pasture is analyzed in an experiment using a rotational grazing system with dairy cows during the year 2000 in Mabegondo (NW Spain). The content on CP, CF, NDF and ADF of the pasture offered was determined during the experimental period. The variation of those contents as a function of initial nutrient content, defoliation interval, supplementation treatment and grazing period was studied. The fitted regression equations for the variation of the CP, CF, NDF, and ADF contents on pasture had the highest coefficient of correlation for CP (0.77) and the lowest for NDF (0.61). The results show that the nutritive composition variation of the pasture between defoliations is related with the initial pasture nutritive composition, the pasture management and the grazing period.

Key words: Nutritive value, dairy cows, rotational grazing.

INTRODUCCIÓN

Las actuales tendencias del sector lechero (Barbeyto, 1997) muestran un incremento de producción por explotación, un aumento de los rendimientos por vaca y una mayor utilización de concentrados. Sin embargo, la intensificación de la producción no ha supuesto una mejora en la utilización del forraje producido en la explotación, especialmente en lo que se refiere a la utilización de las praderas. Según los datos publicados por Barbeyto (1997), la producción de leche debida a forrajes supone tan solo el 18% de la producción total y reduciéndose durante los años 1992-1997.

Las actuales tendencias tienden a una mayor marginalización del pastoreo debido en gran medida a dos factores: 1) los problemas estructurales de la dispersión de parcelas, y 2) la variabilidad y estacionalidad de la producción y calidad del pasto en las condiciones de pastoreo. Sin embargo, el pastoreo suplementado ha demostrado ser compatible con sistemas de producción que utilizan vacas de alto mérito genético debido a que los márgenes sobre costes son comparables a los sistemas de alimentación en confinamiento (Fredeen *et al.*, 2002).

El conocimiento de la composición nutritiva del pasto es de gran importancia para determinar la respuesta productiva del ganado lechero en condiciones de pastoreo rotacional. Particularmente, en el caso de animales de alto rendimiento, se requiere conocer esta composición para determinar el nivel y características nutritivas de la suplementación que permitan al animal expresar todo su potencial.

Jabobs *et al.* (1999) han mostrado que debido a la variabilidad en el contenido en nutrientes del pasto a lo largo de todo el año, y a pesar de que el pasto seleccionado por el animal es de mayor calidad que el pasto presente, es necesario suplementar las dietas en pastoreo para cubrir los requerimientos nutritivos.

El objetivo del presente trabajo es el de analizar algunos factores que influyen en la variación de la composición nutritiva de una pradera bajo condiciones de pastoreo rotacional de vacas lecheras, entre dos rotaciones consecutivas utilizando un sistema como el descrito por González (2002).

MATERIAL Y MÉTODOS

Durante el año 2000 se realizó un experimento con vacas lecheras en pastoreo rotacional con distintos niveles de suplementación. Se configuraron 2 grupos de 20 vacas según el nivel de producción: el grupo de alta producción recibió unos 8,6 kg por vaca y día de concentrado, mientras que el grupo de baja producción recibió 5,8 kg. Estos consumos se rebajarían posteriormente a medida que se reducía la producción de leche.

Cada grupo de animales pastaron rotacionalmente una superficie de aproximadamente siete ha de pradera de raigrás inglés y trébol blanco. Las características productivas y del manejo del pastoreo han sido descritas por González (2002). Los animales entraron en el pasto con una altura de 20 cm y salieron cuando la altura alcanzaba los cinco-seis cm. El periodo de pastoreo fue de 263 días, desde primeros de marzo hasta el invierno, con una parada en el mes de septiembre en que las vacas se estabularon debido a la falta de pasto.

La producción de leche fue de unos 6500-7000 L/vaca. La oferta de pasto varió de las 2 t MS/ha en primavera-verano a las 0,8 t MS/ha en otoño y la media de utilización del pasto fue del 60% durante todo el periodo de pastoreo.

El muestreo de las parcelas se realizó semanalmente antes y después del pastoreo. En cada muestreo se tomaron cinco muestras en cuadrantes de 0,33 m² para determinar la cantidad de pasto presente y el consumo de pasto. Del conjunto de cinco muestras se obtuvieron dos submuestras para determinar mediante NIRS materia seca (MS), proteína bruta (PB), fibra ácido detergente (FAD), fibra neutro detergente (FND) y fibra bruta (FB).

A efectos de analizar la evolución de la calidad del pasto, se utilizaron los datos de composición nutritiva de las parcelas en los que se han realizado muestreos en dos periodos de desfoliación consecutivos y se determinó la variación del contenido de nutrientes entre estos dos periodos como diferencia entre los contenidos de PB, FND, FAD y FB del pasto ofrecido en esos dos periodos. Los periodos de pastoreo considerados se clasificaron en intervalos de 15 días desde el inicio del pastoreo hasta el final según se observa en la Tabla 1, utilizando las fechas de la primera desfoliación.

Tabla 1. Intervalos de fechas asociados a cada periodo de pastoreo considerado.

Periodo	Fechas
1	1-15/abril
2	16-30/abril
3	1-15/mayo
4	16-31/mayo
5	1-15/junio
6	16-30/junio
7	1-15/julio
8	16-31/julio
9	1-15/agosto
10	16-31/agosto
11	1-15/septiembre
12	16-30/septiembre
13	1-15/octubre
14	16-31/octubre

Los tratamientos considerados son los grupos de pastoreo. El primer grupo esta compuesto por las vacas de alta producción (tratamiento 1), mientras el segundo grupo lo componen vacas de bajo nivel de producción (tratamiento 2).

El estudio comprende un análisis de regresión en el que se determina la variación del contenido de PB, FND, FAD y FB (VPB, VFND, VFAD y VFB respectivamente) entre dos periodos de desfoliación en función del contenido de cada nutriente en el pasto en oferta en el periodo inicial, el intervalo en días entre los dos periodos de desfoliación considerados (DIAS) y el periodo inicial de desfoliación (PER). El efecto del tratamiento en la variación del contenido de nutrientes se ha analizado a través de un análisis factorial 2x2, con el tratamiento y el período como factores, con las covariables DIAS y el contenido del nutriente en el periodo inicial de desfoliación. En el análisis estadístico se ha utilizado el procedimiento GLM de SAS (1999).

RESULTADOS

En la Figura 1 se muestra la variación del contenido de PB, FND, FAD y FB del pasto en oferta para cada periodo de pastoreo en las parcelas consideradas. Los datos muestran que el % PB alcanza sus valores más altos al inicio de la primavera y desciende hasta alcanzar valores inferiores al 10% en los meses de julio y agosto, para volver a incrementarse en octubre hasta alcanzar valores que superan el 20%. La FND, FAD como FB se comportan en sentido contrario a la PB con mínimos en primavera y valores máximos en verano (66,7% FND) y mínimos en primavera (50,1% FND).

En la Tabla 2 se muestran los datos de la composición nutritiva media del pasto en PB, FND, FAD y FB, en el que se puede apreciar que, si bien estos datos muestran que por termino medio la calidad del pasto es muy adecuada para la alimentación de vacas lecheras, presenta una enorme variabilidad y requiere suplementación cuando se utiliza para animales de alta producción y con una paridera continua a lo largo del año.

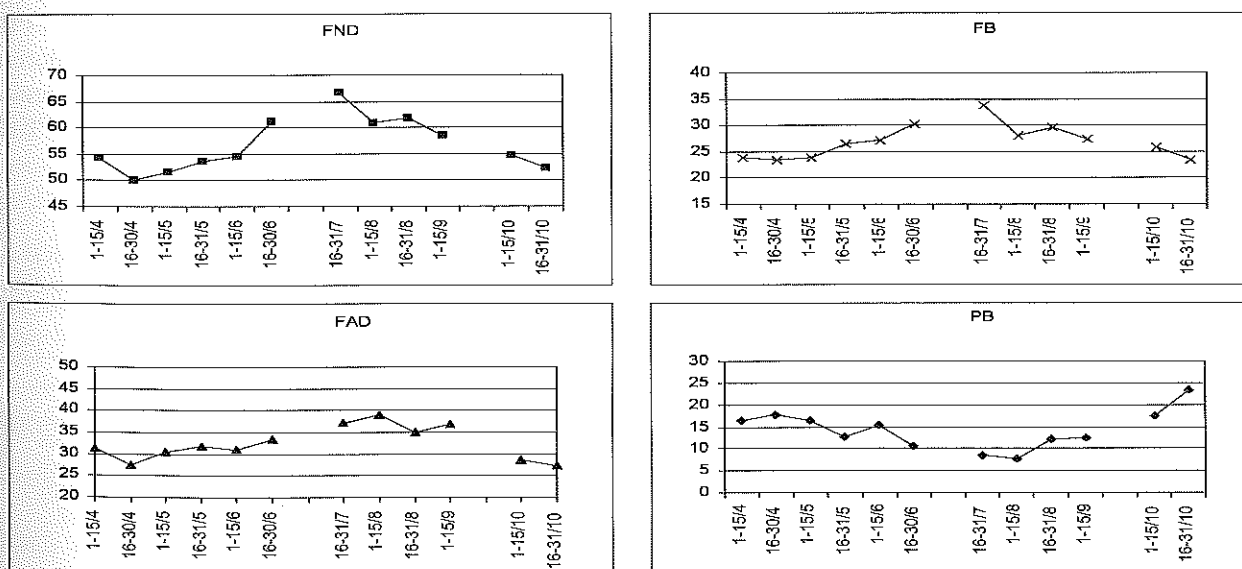


Figura 1. Evolución de la composición nutritiva de la hierba en oferta durante cada pastoreo.

En la Tabla 2 se muestra un intervalo entre desfoliaciones (DIAS) de 71,7 días, mayor que el intervalo de rotaciones esperado según los datos de González (2002). El motivo de esta diferencia se puede encontrar en que el intervalo entre desfoliaciones incluye el período de estabulación del verano y que algunas parcelas no se muestrearan en alguna rotación, por lo que este intervalo no coincide necesariamente con el intervalo de rotación.

Tabla 2. Valores medios de los contenidos de nutrientes del pasto en oferta en las parcelas analizadas (PB, FND, FAD y FB), de la variación en el contenido de nutrientes entre defoliaciones (VPB, VFND, VFAD, VFB) e intervalo medio entre defoliaciones (DIAS)

Variable	N. Obs.	Media	Dev. Std.	Min.	Max.
DIAS	53	71,7	39,2	10	144
PB	53	14,6	3,6	7,5	21,5
FND	53	55,2	7,0	43,9	68,9
FAD	53	30,9	3,30	25,1	38,4
FB	53	26,2	3,70	19,9	34,7
VPB	53	0,84	6,59	-12,90	13,90
VFND	53	0,41	9,12	-17,30	18,70
VFAD	53	-0,03	5,69	-11,00	12,80
VFB	53	0,19	6,02	-13,1	13,2

Tabla 3. Ecuaciones de regresión entre variación del contenido de PB (VPB), FAD (VFAD), FND (VFND) y FB (VFB) del pasto entre dos periodos de desfoliación sucesivos en función del contenido de PB, FAD, FND y FB del pastoreo anterior, el intervalo de desfoliación (DIAS) y periodo (PER).

Ecuación	R ²	N. Obs
$VPB = 5,028 - 0,870 PB + 0,022 DIAS + 1,213 PER$	0,77	63
$VFAD = 32,959 - 0,918 FAD + 0,004 DIAS - 0,804 PER$	0,71	63
$VFND = 41,154 - 0,716 FND - 0,011 DIAS - 1,087 PER$	0,61	63
$VFB = 25,836 - 0,768 FB - 0,011 DIAS - 0,772 PER$	0,69	63

En la Tabla 3 se muestran las ecuaciones de regresión obtenidas para VPB, VFAD, VFND y VFB. Los valores del coeficiente de correlación múltiple muestran que la mejor estimación es para la variación del %PB (0,77) y la peor para la variación del %FND (0,61), mientras que las estimaciones de VFAD y VFB dan valores intermedios (0,71 y 0,69 respectivamente). El coeficiente para el intervalo entre desfoliaciones sólo fue significativo para VPB, en el resto de los nutrientes prácticamente casi toda la variabilidad está explicada por PER y el contenido inicial del nutriente en cuestión.

Tabla 4. Variación del contenido de PB (VPB), FND (VFND), FAD (VFAD) y FB (VFB) entre dos periodos de desfoliación según el periodo de pastoreo y los tratamientos de suplementación (tratamiento 1 alto nivel de suplementación y 2 bajo nivel de suplementación).

PER*	Tratamiento 1						Tratamiento 2						Efectos**				
	1	2	3	4	6	10	13	1	2	3	4	6	10	13	Per.	Trat.	Int.
VPB	-7,9	-3,7	-3,1	-0,5	7,1	6,3	6,5	-5,2	-7,5	-5,7	0,2	6,3	7,7	5,9	++	+	NS
VFND	9,7	17,6	0,5	9,4	-8,7	-8,3	-6,9	7,2	7,2	1,8	5,0	-2,7	-12,4	-4,5	++	NS	NS
VFAD	11,9	9,3	1,4	6,0	-6,9	-4,8	-3,9	3,9	4,4	2,6	1,4	0,5	-6,8	-5,5	++	+	NS
VFB	8,8	8,7	-0,3	3,0	-5,5	-4,6	-3,9	-0,6	8,2	2,7	1,2	-2,43	-6,4	-4,5	++	++	++

* Ver tabla 2 para determinar las fechas correspondientes. ** ++ significativo al 5%, + significativo al 10%, NS no significativo

En la Tabla 4 se muestran los valores medios de la variación de la composición nutritiva (VPB, VFND, VFAD y VFB) según el grupo de alimentación que ha utilizado la parcela en la desfoliación inicial (tratamiento) y el periodo de pastoreo (PER) corregidas de la variabilidad debida a la composición inicial del nutriente y el intervalo entre defoliaciones. Los datos muestran diferencias significativas entre periodos para todos los nutrientes, comportándose VPB a la inversa de VFND, VFAD y VFB, de forma que mientras la VPB es negativa durante la primavera y positiva a partir del verano, las variaciones de las fibras siguen un proceso opuesto. Los efectos del tratamiento no son significativos para VFND pero si lo son para VPB, VFAD y VFB.

lo que mostraría que el manejo puede permitir un control de la composición nutritiva de estos nutrientes del pasto. La variación del % PB es mayor en el tratamiento 1 (animales de alta producción con mayor suplementación) mientras VFAD y VFB son mayores en el tratamiento 2 (animales de bajo rendimiento con poca suplementación). La interacción entre tratamiento y periodo del año sólo fue significativa para VFB.

DISCUSIÓN

Según Jacobs *et al.* (1999) la calidad del pasto permitiría obtener unas producciones de hasta 30 kg de leche por vaca y día al inicio de la lactación, pero la variabilidad en la composición nutritiva requiere equilibrar las raciones especialmente en PB y FND. Los datos muestran una fuerte caída de la calidad del pasto desde finales de mayo hasta julio, por lo que este periodo es particularmente delicado para la producción de leche.

Barrett *et al.* (2004) propusieron dos ecuaciones para estimar los niveles de materia orgánica digerible y PB en el pasto. Los factores considerados fueron la temperatura acumulada en el rebrote y los días de rebrote para la materia orgánica y la semana del año y el nivel de nitrógeno en el suelo para la PB. En las ecuaciones se consideran la quincena del año y el intervalo entre cortes, aunque los factores que explicaban la mayor parte de la variabilidad de los nutrientes eran principalmente el contenido inicial y el periodo del año.

El estudio del efecto del tratamiento pretende determinar el efecto del manejo sobre la variación de la composición nutritiva del pasto. Los datos muestran que el pastoreo con el grupo de alta producción produce un pasto con un contenido de PB, FAD y FB más adecuado (mayor incremento medio de PB y menor de FAD y FB). Debido a que no se hallaron diferencias significativas de intervalos de desfoliación entre tratamientos, es posible que la diferencia se pueda explicar por intensidades de desfoliación distintas debido a diferencias en la ingestión de pasto.

CONCLUSIONES

El pastoreo es un sistema de alimentación que puede ser utilizado por vacas lecheras de alto potencial genético, pero uno de los mayores factores limitantes lo constituye la variabilidad de la composición nutritiva del pasto en oferta que dificulta determinar el tipo de suplementación requerida por estos animales y produce pérdidas productivas. Por ello es necesario conocer los factores que influyen en la variación de la composición nutritiva.

Los datos de este estudio muestran que la variación de la composición nutritiva entre dos pastoreos es función de factores no controlables como la época del año y composición nutritiva inicial del pasto, pero también depende de factores que pueden ser controlables mediante el manejo, como el intervalo entre desfoliaciones y la intensidad del pastoreo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARBEYTO, F., 1997. *Explotación de vacas de leche en Galicia: Manejo técnico e resultados económicos*. 132 pp. Ed. Consellería de Agricultura, Gandería e Política Agroalimentaria, Xunta de Galicia. Santiago
- BARRETT, P.D.; LAIDLAW, A. S.; MAYNE, C. S., 2004. An european herbage growth model to predict pasture production in perennial rygrass swards for decision support. *Agricultural Science* Submitted.
- FREDEEN, A. H.; ASTATKIE, T.; JANNASCH, R. W.; MARTIN, R. C., 2002. Productivity of grazing Holstein cows in Atlantic Canada. *Journal of Dairy Science*, **85**,1331-1338.
- JACOBS J.L.; MCKENZIE, F.R.; G.N. WARD, 1999. Changes in the botanical composition and nutritive characteristics of pasture, and nutrient selection by dairy cows grazing rainfed pastures in western Victoria. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, **39**, 419 - 428.
- GONZÁLEZ RODRÍGUEZ, A., 2002. Manejo del rebaño para la producción de leche en pastoreo. En *Actas XLII Reunión Científica de la SEEP*. Lleida: 527-532.
- SAS, 1999. *User's Guide: Statistics, Version 8.01*. SAS Inst., Inc., Cary, NC.

Efecto de la suplementación con concentrado sobre los metabolitos sanguíneos y contenido de fósforo en vacas de doble aptitud pastoreando *Panicum maximum* y *Leucaena leucocephala*

R. RAZZ GARCÍA y T. CLAVERO C.

Centro de Transferencia en Pastos y Forrajes. Facultad de Agronomía. La Universidad del Zulia. Apdo. 15098. Maracaibo 4005. (Venezuela). e-mail: rosarazz@hotmail.com

RESUMEN: Se realizó un experimento en una finca comercial ubicada en el noroeste de Venezuela, con la finalidad de evaluar el efecto de la suplementación con concentrado sobre los contenidos de urea, fósforo, insulina y glucosa sanguínea en vacas de doble aptitud pastoreando *Panicum maximum* y *Leucaena leucocephala*. Los tratamientos de suplementación evaluados fueron: pastoreo en *Panicum* + 1 hora/día de *Leucaena* (T1), pastoreo en *Panicum* + 1 hora/día de *Leucaena* + 1 kg concentrado/vaca/día (T2), pastoreo en *Panicum* + 1 hora/día de *Leucaena* + 1 kg concentrado/vaca/día (T3), utilizándose un diseño experimental completamente aleatorizado con ocho repeticiones. Los resultados obtenidos mostraron efectos significativos ($P < 0.05$) de la suplementación sobre los contenidos de urea y fósforo, pero no influyeron sobre la insulina y glucosa sanguínea. Los mayores contenidos de fósforo se observaron en T2 y T3 (4,23 y 4,29, respectivamente, mientras que, el menor valor de urea se registró en T3 (14,83 mg/dl).

Palabras clave: perfil sanguíneo, suplementación

*Effect of supplementation with concentrate on blood metabolites and phosphorus content in dual-purpose cows grazing *Panicum maximum* and *Leucaena leucocephala**

SUMMARY: An experiment was conducted in a commercial farm locate in the northwest of Venezuela, in order to evaluate the effect of supplementation with concentrate on urea, phosphorus, insuline and glucosa contents in dual-purpose cows grazing *Panicum maximum* and *Leucaena leucocephala*. The treatments of supplementation were: grazing in *Panicum* + 1 h/d of *Leucaena* (T1), grazing in *Panicum* + 1 h/day of *Leucaena* + 1 kg concentrate/cow/day (T2) and grazing in *Panicum* + 1 h/day of *Leucaena* + 2 kg concentrate/cow/day (T3) in a completely randomized design with eight replications. The results showed significative effects ($P < 0.05$) of supplementation on urea and phosphorus contents, but there are not effect on insuline and glucose. The highest contents of phosphorus were observed in T2 and T3 (4,23 and 4,29 mg/dl, respectively), while, the lowest value of urea was observed in T3 (14,83 mg/dl).

Key words: blood profile, supplementation

INTRODUCCIÓN

Las concentraciones de metabolitos sanguíneos representan un índice integrado del adecuado aporte de nutrientes con relación a la utilización de los mismos que es independiente del estado fisiológico y permite una indicación inmediata del estado nutricional puntual en el tiempo. Las pruebas del perfil metabólico han sido utilizadas para evaluar la adecuada nutrición en vacas lecheras durante la lactancia y la concentración de algunos metabolitos, se utilizan para determinar los requerimientos suplementarios de energía (Pambu-Gollah *et al.*, 2000).

Unos de los indicadores más útiles son los niveles de urea en sangre, los cuales reflejan el balance entre la proteína degradable y la energía fermentable en el rumen (Hammond, 1997). Los perfiles sanguíneos aportan gran cantidad de información relacionada con la nutrición y sanidad y determinar factores de riesgo, tales como desequilibrios nutricionales, que pudieran incidir en el rendimiento productivo y reproductivo del rebaño bovino.

El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar el efecto de la suplementación con concentrado sobre el perfil sanguíneo de vacas de doble aptitud pastoreando *Panicum maximum* y *Leucaena leucocephala*.

MATERIAL Y MÉTODOS

Ubicación del Área Experimental

La fase experimental de la investigación se desarrolló en una finca comercial, ubicada en el noroeste de Venezuela, estado Zulia (10° 15' latitud norte y 72° 40' longitud oeste). La zona bajo estudio está caracterizada como Bosque Seco Tropical, con precipitaciones promedio de 1100 mm/año y una temperatura media anual de 29 °C, a una altitud de 100 msnm (COPLANARH, 1974).

El suelo está clasificado taxonómicamente como *Typic Haplustult*, con una textura franco arenosa, con pH ácido (6,44), bajos contenidos de materia orgánica (0,76%), fósforo (4,49 ppm), potasio (0,11 me/100 g) y calcio (1,60 me/100 g) y valores medio de magnesio (1,69 me/100 g).

Manejo de los Animales

Se utilizaron 24 vacas mestizas (8 por tratamiento), las cuales se agruparon de acuerdo a la producción de leche; número de partos y tiempo de lactancia. Los animales se mantuvieron bajo pastoreo con el resto de las vacas de ordeño de la finca, consumiendo *Panicum maximum* en una superficie de 70 ha. Antes del ordeño de la tarde los animales se suplementaron con concentrado comercial de acuerdo al tratamiento y después del ordeño de la tarde los animales entraron durante 1 hora/día a la parcela de *L. leucocephala* (40 ha). La composición química de la leucaena, el pasto guinea y el concentrado comercial se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Composición química de la *L. leucocephala*, *P. maximum* y concentrado comercial.

Componente	Leucaena	Panicum	Concentrado
Proteína cruda (%)	22,47	11,54	17,0
Grasa cruda (%)	—	—	2,50
FDN (%)	29,19	62,89	12,0*
FDA (%)	21,49	40,22	—
Lignina (%)	8,87	6,81	—

FDN = Fibra detergente neutra

FDA = Fibra detergente ácida

* Fibra bruta

Tratamientos

Los diferentes niveles de suplementación evaluados fueron:

- T1: Pastoreo en *P. maximum* (P) + 1 hora/día en leucaena (L)
- T2: P + 1 kg concentrado (17% PC) + L
- T3: P + 2 kg concentrado (17% PC) + L

Variables en Estudio

Antes de la suplementación, se realizó un análisis a cada animal para determinar los niveles de urea, glucosa, insulina y fósforo y determinar los cambios de estos metabolitos a través de toda la lactancia. En ayunas, a cada vaca se le tomaron muestras de sangre en la vena yugular cada dos meses durante la evaluación (7 meses), para estimar los metabolitos sanguíneos y el contenido de fósforo. Una vez tomada las muestras de sangre se centrifugaron a 4000 rpm durante 10 minutos para la separación del plasma y suero, éste último se refrigeró para su posterior análisis, de acuerdo a lo sugerido por Hess *et al.* (1999). La urea se determinó a través del método completamente enzimático para determinaciones cinéticas, la glucosa mediante la técnica de glucosa oxidasa (enzimático-colorimétrico), insulina por el método del test del Elecsys Insulina (electroquimioluminiscencia) y el fósforo por colorimetría.

Análisis Estadístico

Los resultados obtenidos se analizaron a través del paquete estadístico SAS (1990), por el procedimiento General Lineal Model (GLM) y para la separación de medias se utilizó la prueba de Tukey.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de varianza mostró influencia significativa ($P < 0,05$) de la suplementación sobre los niveles de fósforo y urea en sangre y no existieron efectos significativos sobre los contenidos de insulina y glucosa.

Los valores promedios de insulina y glucosa fueron 0,71 mUI/ml y 52,05 mg/dl, respectivamente (Tabla 2). Los niveles de glucosa se encuentran dentro del rango normal (40-80 mg/dl) reportados para bovinos adultos. Al comparar los niveles de insulina y glucosa al inicio y al final del ensayo, se puede observar que existió un incremento de los niveles de ambas variables producto de la suplementación, quizás debido a una mayor aporte de carbohidratos solubles en la dieta (Tabla 2 y 3).

Tabla 2. Valores medios de los metabolitos sanguíneos en vacas suplementadas con *L. leucocephala* y concentrado.

Tratamientos	Insulina (μ UI/ml)	Fósforo	Glucosa mg/dl	Urea
T1	0,82 \pm 1,09	3,73b \pm 0,82	53,33 \pm 11,3	17,84a \pm 8,55
T2	0,80 \pm 1,03	4,23a \pm 1,39	52,50 \pm 12,0	17,33a \pm 9,47
T3	0,70 \pm 0,93	4,29a \pm 0,83	50,43 \pm 7,85	14,83b \pm 8,88

Medias con distintas letras en la misma columna difieren significativamente ($P < 0,05$)

Tabla 3. Valores iniciales de los metabolitos sanguíneos en vacas mestizas antes de la suplementación.

Tratamientos	Insulina (μ UI/ml)	Fósforo	Glucosa mg/dl	Urea
T1	0,20	3,62	48,85	23,85
T2	0,24	3,96	47,39	23,91
T3	0,18	3,90	49,57	20,42

Al inicio del ensayo, se observó un desequilibrio energético-proteico demostrado por los altos valores de urea y bajos niveles de azúcares en sangre. Bach (2001) señaló que un balance energético negativo se caracteriza por niveles sanguíneos elevados de hormonas de crecimiento y ácidos grasos no esterificados y niveles sanguíneos bajos del factor de crecimiento similar a la insulina tipo I (IGF-I), insulina y glucosa. Bajo estas condiciones, los mecanismos de regulación homeorrética (acción de distribuir la energía disponible hacia las distintas funciones metabólicas) establecen la prioridad de utilización de nutrientes hacia la producción por encima de la función reproductiva.

A pesar de que no se registraron diferencias significativas entre los diferentes tratamientos, los valores absolutos presentan una tendencia en la disminución de la insulina y glucosa a medida que se incrementaron los niveles de concentrado. Knaus *et al.* (1998) mencionaron que al utilizar suplementos con proteína sobrepasante, como la proporcionada por la leucaena, puede esperarse un incremento de la glucosa por efecto indirecto en el aumento de la proporción de precursores glucogénicos. Asimismo, la insulina y el factor de crecimiento ligado a la insulina son afectados por el estatus energético (Griinari *et al.*, 1997).

Resultados que coinciden con los observados por Andrade de Sabogal *et al.* (1998), López *et al.* (1999) y Chapa *et al.* (2001) utilizando diferentes niveles y tipos de proteína en la dieta.

El contenido de fósforo sanguíneo fue afectado por los diferentes tratamientos de suplementación (Tabla 2). Observándose que los valores de este mineral fueron superiores en aquellos animales que consumieron

leucaena más concentrado, siendo estadísticamente diferente al valor obtenido en el tratamiento de sólo leucaena, el cuál es inferior al rango (4-6 mg/dl) considerado como normal (Ramana *et al.*, 2001).

En el material comestible (hojas y tallos finos) de leucaena se han referido contenidos de P entre 0,21 (Ramana *et al.*, 2001) y 0,23 % (Clavero, 1998), siendo inferiores a los niveles críticos (0,25 %) señalados por McDowell *et al.* (1993). Los niveles de P en esta leguminosa no satisfacen los requerimientos mínimos en vacas lactantes, reflejándose en la disminución de su concentración en sangre. Además, Andrade de Sabogal *et al.*, (1998) encontraron una respuesta significativa en los niveles de P en sangre cuando suplementaron con concentrado comercial, atribuyendo la respuesta a la suplementación mineral a través del concentrado, favoreciendo los contenidos de macroelementos en sangre.

La suplementación afectó significativamente ($P < 0,05$) el contenido de urea en sangre. Los máximos valores se obtuvieron cuando los animales se suplementaron con sólo leucaena y con leucaena y 1 kg de concentrado, no existiendo diferencias significativas entre ellos pero si con respecto al consumo de 2 kg de concentrado. Respuestas similares fueron obtenidas por Hussain y Cheeke (1995), quienes observaron una disminución significativa en la concentración de urea en sangre a medida que incrementaron los niveles de concentrado en la dieta cuando utilizaron harina de soja como suplemento proteico.

Cuando el consumo de proteína degradable en el rumen es alto, o el consumo de carbohidratos degradables es bajo, el nivel de amonio en el rumen aumenta y sobrepasa la cantidad que pueden utilizar las bacterias; cuando existen excesos de amonio pasan al hígado a través de la sangre, donde es transformado y eliminado, y trae como consecuencia un incremento de los niveles de urea en sangre (Arias y Nesti de Alonso, 1999). Los resultados obtenidos en esta investigación reflejan que las diferentes estrategias de suplementación mantienen un equilibrio del balance entre la proteína degradable y la energía fermentable en el rumen, lo que trae como consecuencia que los niveles de urea registrados están dentro de los rangos considerados como normales (6-22 mg/dl) referidos para bovinos adultos.

Estas respuestas coinciden con lo señalado por Hess *et al.* (1999) quienes indicaron que uno de los factores determinante en los niveles de urea en la sangre es la dieta que se le suministra al animal y el grado de degradabilidad de la proteína a nivel ruminal. Asimismo, sugieren que el contenido de urea en sangre es un buen indicador del estado de nutrición de los animales y sirve como herramienta para ajustar el suministro de proteína y energía en la dieta de vacas en sistemas de doble propósito en pastoreo.

CONCLUSIONES

El suministro de concentrado comercial mejoró las concentraciones de metabolitos y contenido de fósforo sanguíneo, los cuales juegan un papel fundamental sobre los índices productivos y reproductivos de vacas lactantes doble propósito, de forma que los indicadores hematológicos estudiados se mantuvieron dentro de los rangos fisiológicos para este tipo de animales lo cual garantiza resultados productivos superiores. Las determinaciones del perfil metabólico sanguíneo son una herramienta importante para estimar el estado nutricional de los animales y de esta forma diseñar estrategias de alimentación que optimicen el potencial productivo y reproductivo de las vacas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE DE SABOGAL, N.; RIVERA, M.G.; TORRES, G., 1998. Estudio de un perfil metabólico patrón en la leche de clima cálido, un mes antes del parto y tres diferentes etapas de lactancia. *Conciencia*. Año 1, Nº 2. Universidad de Tolima. (En línea). <http://www.ut.edu.co/investigacion/seriados/2/2>.
- ARIAS, J.; NESTI DE ALONSO, A., 1999. Importancia de los niveles de nitrógeno ureico en leche y sangre en el ganado lechero. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*. **16**, 553-561.
- BACH, A., 2001. La reproducción del vacuno lechero: nutrición y fisiología. (En línea). <http://www.etsia.upm.es/fedna/capitulos/2001CAPV.pdf>.

- CHAPA, A.M.; McCORMICK, M.E.; FERNÁNDEZ, J.M.; FREUCH, D.D.; WARD, J.D. BEATTY, J.F., 2001. Supplemental dietary protein for grazing dairy cows: reproduction, condition loss, plasma metabolites and insulin. *J. Dairy Sci.* **84(4)**, 908-916.
- CLAVERO, T., 1998. *Leucaena leucocephala: alternativa para la alimentación animal*. Centro de Transferencia de Tecnología en Pastos y Forrajes y Fundación Polar. Editorial Refolit. 78 p. Caracas (Venezuela).
- COMISIÓN DE PLAN NACIONAL DE APROVECHAMIENTO DE LOS RECURSOS HIDRÁULICOS (COPLANARH), 1974. *Atlas: Inventario Nacional de Tierras*. Región del Lago de Maracaibo. 91 p. Venezuela.
- GRINARI, J.M.; McGUIRE, M.A.; DWYER, D.A.; BAUMAN, D.E.; BARBANO, D.M.; HOUSE, W.A., 1997. The role of insulin in the regulation of milk protein synthesis in dairy cows. *J. Dairy Sci.* **80**, 2361-2371.
- HAMMOND, A.C., 1997. Update on bun and mun as a guide for protein supplementation in cattle. (On line). [Http://www.dps.ufl.edu/pub/frns1997.pdf](http://www.dps.ufl.edu/pub/frns1997.pdf).
- HESS, H.D.; FLOREZ, H.; LASCANO, C.E.; BAQUERO, L.A.; BECERRA, A.; RAMOS, J., 1999. Fuentes de variación en la composición de la leche y niveles de urea en sangre y leche en vacas en sistemas de doble propósito en el trópico bajo de Colombia. *Pasturas Tropicales*. **21(1)**, 33-42.
- HUSSAIN, I.; P.R. CHEEKE, P.R., 1995. *Yucca extract and rumen nitrogen*. Enclosure code SC3.3. Alltech Inc.
- KNAUS, W.P.; BEERMANN, D.H.; ROBINSON, T.F.; FOX, D.G.; FINNERTY, K.D., 1998. Effects of dietary mixture of meat and bone meal, feather meal, blood meal and fish meal on nitrogen utilization in finishing Holstein steers. *J. Anim. Sci.* **76**, 1481-1487.
- LÓPEZ, M.; GARMENDIA, J.; OBISPO, N., 1999. Efecto de la proteína sobrepasante de la harina de pescado sobre metabolitos sanguíneos de novillas Holstein. *Zootecnia Tropical*. **17(1)**, 19-32.
- McDOWELL, L.R.; CONRAD, J.H.; FHEMBRY, F.G., 1993. *Minerals for grazing ruminants in tropical regions*. Univ. of Florida, Gainesville.
- PAMBU-GOLLAH, R.; CRONJE, P.B.; CASEY, N.H., 2000. An evaluation for the use of blood metabolite concentrations as indicator of nutritional status in free-ranging indigenous goats. *South African J. Anim. Sci.* **30(2)**, 115-120.
- RAMANA, J.V.; PRASAD, C.S.; GOWDA, N.K.S.; RAMACHANDRA, K.S., 2001. Mineral status of soil, feed, fodder and blood plasma of animals in northern dry and northern transition zones of Karnataka. *Indian J. Dairy Sci.* **54(1)**, 40-46.
- STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM (SAS), 1990. User's guide Raleigh, North Carolina.

Influencia del sistema de producción en la calidad de la leche de la oveja churra-tensina

S. TORT¹, S. GRACIA², R. DELFA¹ y M. JOY¹

¹Unidad de Tecnología en Producción Animal. CITA- Aragón. Apdo 727. 50.080-Zaragoza. ²Departamento de grasas y productos lácteos del laboratorio Agroalimental de Aragón. Avda de Montañana, 1005, 50.016-Zaragoza.

RESUMEN: Se estudia el efecto del sistema de producción: *extensivo*, con una alimentación basada exclusivamente en forraje, e *intensivo*, con una alimentación basada en forraje y suplemento para las ovejas (500 g de harina de cebada), sobre la producción y calidad de la leche de ovejas de raza Churra-Tensina en tres momentos distintos de la lactación. Los resultados mostraron que la producción de leche fue significativamente superior durante el primer mes de lactación en el tratamiento extensivo mientras que la calidad de la leche no estuvo afectada por el tratamiento. La composición de los ácidos grasos varió en función del sistema de producción y destacó la reducción de la relación de ácidos grasos poliinsaturados omega 6/omega 3 (AGPI_{n6/n3}) que se observó en el tratamiento extensivo, lo que es deseable para la alimentación humana.

Palabras clave: ovino, leche, composición, ácidos grasos

Influence of production systems on milk quality of ewes churra tensina breed

SUMMARY: The aim of the present study was to determine the effect of the production system, *extensive*, where animals diet was only pasture, and *intensive* with a diet based on pasture and 500 g of barley meal, on the milk yield and quality from ewes Churra-Tensina at three moments of lactation (13, 27, 41 days). During the first month of lactation the milk yield was significantly greater in extensive treatment, while the milk quality was not affected. The fatty acid composition changed according to the production system. A decrease of AGPI_{n6/n3} was observed in the pasture treatment, which is desirable for human diet.

Key words: Milk, composition, fatty acid.

INTRODUCCIÓN

La política de extensificación de la ganadería que favorece la PAC junto con la mayor demanda de productos ganaderos controlados conduce a cambiar los sistemas de producción intensivos hacia unos sistemas más extensivos que garanticen un producto natural, controlado y sano. Actualmente el concepto de un producto sano está unido a su contenido en "grasa poco dañina" que según estudios médicos están definidas como grasas con una relación alta de ácidos grasos poliinsaturados (AGPI): ácidos grasos saturados (AGS), baja relación AGPI de enlace omega 6 (n6)/AGPI de enlace omega 3 (n3) y un contenido en ácido linoléico conjugado (ALC) alto (Enser *et al.*, 1998). El tipo de alimentación influye en la composición y cantidad de grasa tanto de la carne como de la leche (Chilliard *et al.*, 2000). Los animales que reciben dietas con alta proporción de forraje tienen tendencia a presentar un mayor contenido en AGPI_{n3} (Geay *et al.*, 2002) y una reducción de la relación AGPI_{n6/n3} (French *et al.*, 2000), así como un incremento del contenido en ácido linoléico (Chilliard *et al.*, 2001) lo que favorece el concepto de producto sano que tiene el consumidor.

El objetivo de la presente experiencia fue estudiar el efecto del sistema de producción, alimentación exclusivamente de forraje (extensivo) y alimentación con forraje y un suplemento energético (intensivo) sobre la cantidad y calidad de la leche de ovejas Churra-Tensina en el Pirineo Aragonés.

MATERIAL Y MÉTODOS

El ensayo se desarrolló en la finca experimental de Bescós de la Garcipollera (Huesca) que el Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA) dispone en el Pirineo Oscense, durante la

primavera de 2003. Se utilizó el rebaño de ovejas de raza Churra Tensina, que fueron cubiertas de forma controlada en otoño para tener el parto a finales de marzo, momento en que las praderas inician su crecimiento. Se utilizaron 38 ovejas (19 por tratamiento) de peso vivo medio de 48,9 (\pm 5,44) kg, madres de corderos machos nacidos en parto simple y se repartieron en 2 lotes, siguiendo un modelo estadístico al "azar dirigido", puesto que se tuvo en cuenta el peso y la fecha de nacimiento, para conseguir lotes lo más homogéneos posibles y evitar así diferencias iniciales. A las crías al nacer, únicamente se les desinfectó el cordón umbilical y se les administró una dosis vitamínica, así como hierro y selenio, para asegurar su viabilidad. Las madres se mantuvieron vigiladas hasta que se recuperaron del parto y se aseguró que aceptaban a la cría, mamando ésta sin dificultad. Tras un periodo, de 5 a 7 días, posterior al parto, madres y crías se fueron distribuyendo simultáneamente, en uno de los dos tratamientos y se inició la experiencia propiamente dicha. Se realizaron dos tratamientos:

- Extensivo: las ovejas junto con los corderos pastaban siempre y no recibieron ningún tipo de suplementación.
- Intensivo: las ovejas salían a pastar sin las crías durante el día (8h/día) y por la noche se recogían en el aprisco junto con sus corderos donde recibían una suplementación de 500 g de harina de cebada. Los corderos dispusieron desde el principio de concentrado comercial de iniciación a libre disposición, además de la leche materna durante la tarde-noche (16 h/día).

El pastoreo tuvo lugar en una pradera compuesta principalmente por un 22% de leguminosas (principalmente *Trifolium repens*), 68% de gramíneas (*Festuca arrundinacea* y *F. pratensis*, *Dactylis glomerata*) y un 10% de otras especies (*Rumex acetosa*, *Ranunculus bulbosus*...), de 1,13 ha de superficie y que se dividió en dos partes iguales una para cada tratamiento. La carga ganadera inicial media fue de 33 ovejas/ha durante los dos meses y medio que duró la experiencia. Se aseguró que la producción de forraje en la parcela del tratamiento extensivo (donde 19 ovejas y sus crías pastaban todo el día) fuera siempre suficiente para la alimentación de animales, mientras que en la otra parcela donde pastaba el lote intensivo, con 19 ovejas, 8 horas/día, la producción forrajera fue excedentaria. Los corderos del lote intensivo recibían pienso comercial, de iniciación en los 33 primeros días y de engorde en el resto del periodo de cebo. Dichos corderos fueron destetados entre los 45-50 días de vida. En el tratamiento extensivo ni las ovejas ni los corderos recibieron ningún tipo de suplementación al forraje.

Los muestreos de leche se realizaron de media a los 13, 27 y 41 (\pm 2) días de lactación en una submuestra de 10 ovejas por tratamiento, utilizándose siempre los mismos animales. Un último muestreo se realizó a los 66 días postparto únicamente a las ovejas del lote extensivo. Los controles se realizaron a primera hora de la mañana, y las crías fueron separadas de las madres durante el tiempo que duraba el método de estimación. La metodología seguida para la estimación de la producción de leche fue la descrita por Doney *et al.* (1979), que consiste en la inyección intravenosa (yugular) de 3 UI de oxitocina (Vcterin lobulor-S Hoechst-Roussel) y posterior vaciado de la ubre mediante ordeño mecánico. Transcurridas 4 horas se repetía la operación y se pesaba y muestreaba la leche obtenida. La producción diaria de leche se estimó multiplicando la cantidad de leche obtenida en el segundo ordeño, por un factor inversamente proporcional al intervalo exacto de tiempo transcurrido entre los dos ordeños consecutivos de cada madre (en este estudio 6), suponiendo una velocidad de secreción láctea constante a lo largo de las 24 horas del día en una oveja. Sistemáticamente, se tomaron dos muestras de leche de unos 60 ml cada una de ellas por oveja y control. Una de ellas se utilizó para determinar la composición química de la leche mediante infrarrojo (Milkoscan, 255 AB, Foss Electric Ltd. U.K.), en el Laboratorio Interprofesional Lechero de Aragón (Movera, Zaragoza). La otra muestra se utilizó para determinar la composición de ácidos grasos que se realizó en el Departamento de Grasas y Productos Lácteos del Laboratorio Agroambiental del Gobierno de Aragón. De la muestra de leche se separó la grasa anhidra extrayéndola con éter de petróleo 40-60°. Los análisis de los ácidos grasos se realizaron a partir de los ésteres metílicos según el BOE (num. 208, 1979). Para ello se utilizó un cromatógrafo de gas HP-5890 con columna capilar (SP2330) de 30 m, 0,25 mm ID y 0,2 mm df, usando como gas portador el helio. Se cuantificaron los ácidos grasos pares desde 4 a 18 carbonos

Los resultados obtenidos fueron analizados mediante un análisis univariante por el procedimiento GLM del paquete estadístico SAS (1999)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La producción de leche a los 13 y 27 días de lactación fue significativamente ($P < 0,05$) superior en el tratamiento extensivo con 1708 y 1373 g/día frente a los 1257 y 956 g/día obtenidos en las ovejas del tratamiento intensivo. Por el contrario, a los 41 días postparto el tratamiento intensivo presentó una mayor producción (1257 vs 1098 g/día) aunque no presentó diferencias significativas (Tabla 1). En el tratamiento extensivo el efecto del estímulo de los corderos junto a la madre durante todo el día tuvo un efecto positivo importante sobre la producción de leche en los dos primeros muestreos (Fuertes *et al.*, 1998) mientras que la suplementación no provocó ningún incremento de la producción durante el primer mes de lactación, aunque permitió una mejor persistencia de la producción de leche, tal como proponen Bocquier y Caja (2000). Los contenidos (% sobre materia seca) de los componentes más importantes de la leche (grasa bruta, proteína bruta y lactosa) no estuvieron afectados por el sistema de producción y no hubo diferencias significativas ($P > 0,05$) entre los dos tratamientos, aunque el tratamiento intensivo presentó una tendencia a un mayor contenido en PB ($P > 0,05$), estando ello de acuerdo en que dietas ricas en almidón favorecen el contenido en proteína bruta (Murphy y O'Mara, 1993) (Tabla 1).

Tabla 1. Producción de leche (g/día) y su composición (% sobre materia seca) en proteína bruta (PB), grasa bruta (GB), y lactosa de las ovejas Churro-Tensinas sometidas a dos sistemas de producción, extensivo (ext) e intensivo (int).

	Días de lactación			
	13	27	41	66
Producción de leche (g/día)				
Ext	1708	1373	1098	724
Int	1257	956	1257	
RSD	368,5	351,6	340,1	
Efecto	*	*	n.s	
% Grasa Bruta				
Ext	5,82	4,27	5,42	8,10
Int	5,56	4,75	5,10	
RSD	1,468	0,798	0,614	
Efecto	n.s	n.s.	n.s.	
% Proteína Bruta				
Ext	4,50	4,58	4,53	5,27
Int	4,71	4,73	4,85	
RSD	0,348	0,392	0,397	
Efecto	n.s.	n.s.	n.s.	
% Lactosa				
Ext	5,46	5,64	5,41	5,17
Int	5,44	5,59	5,50	
RSD	0,331	0,212	0,157	
Efecto	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

RSD=Desviación estándar residual. * = $P < 0,05$; ** = $P < 0,01$; *** = $P < 0,001$; n.s. = $P > 0,05$

En el Tabla 2 se expresa la proporción de AG según su grado de insaturación. La leche de rumiantes se caracteriza por presentar un contenido en AGS alto y una relación AGPI/AGS baja en relación a los animales no rumiantes (French *et al.*, 2000). El tratamiento intensivo presentó un mayor contenido en AG insaturados, siendo significativamente superior sólo en el grupo de AGMI ($P < 0,001$), mientras que los AGPI únicamente mostraron una tendencia ($P > 0,05$) (Tabla 2). Estos resultados junto con el mayor contenido de AGS en el tratamiento extensivo son responsables de la mayor relación AGPI/AGS que presentó el tratamiento intensivo, aunque únicamente lo fue de forma significativa a los 27 días de lactación (Figura 1). El tratamiento extensivo presentó un menor contenido en C18:1 y C18:2 y un mayor en C18:3 lo que puede conducir a la disminución de la relación AGPI/AGS anteriormente mencionada, estando ello de acuerdo con Dhiman

et al. (1999). En cuanto a la relación AGPI_{n6/n3} destacamos que siempre fue menor para la leche procedente de las ovejas del lote extensivo siendo esta diferencia significativa ($P < 0,05$) en los tres momentos de lactación estudiados (Figura 2). Las dietas ricas en forrajes reducen la relación $n6/n3$ (French *et al.*, 2000; Enser *et al.*, 1998), lo que es favorable para la salud humana.

Tabla 2. Proporción de ácidos grasos saturados (AGS), monoinsaturados (AGMI), poliinsaturados (AGPI) en la grasa de la leche de ovejas Churro-Tensinas sometidas a dos sistemas de producción, extensivo (ext) e intensivo (int), determinadas en cuatro momentos distintos de la lactación (13, 27, 41 y 66 días).

	Días de lactación			
	13	27	41	66
% Ácidos grasos saturados				
Ext	65,59	63,19	64,11	61,99
Int	55,41	54,73	64,76	---
RSD	2,769	2,548	3,387	---
Efecto	***	***	n.s.	---
% Ácidos grasos monoinsaturados				
Ext	25,93	28,81	28,24	29,75
Int	36,17	37,34	27,67	---
RSD	2,392	2,122	2,658	---
Efecto	***	***	n.s.	---
% Ácidos grasos poliinsaturados				
Ext	3,11	2,70	2,44	2,65
Int	3,22	3,02	2,79	---
RSD	0,553	0,359	0,396	---
Efecto	n.s.	n.s.	n.s.	---

RSD= Desviación estándar residual. * = $P < 0,05$; ** = $P < 0,01$; *** = $P < 0,001$; n.s. = $P > 0,05$

El último muestreo realizado a los 41 días de lactación mostró pocas diferencias tanto a nivel de producción como de composición. En la lactación, las mayores diferencias siempre se encuentran al inicio de la lactación y van disminuyendo a medida que la lactación avanza (Cardellino y Benson, 2002)

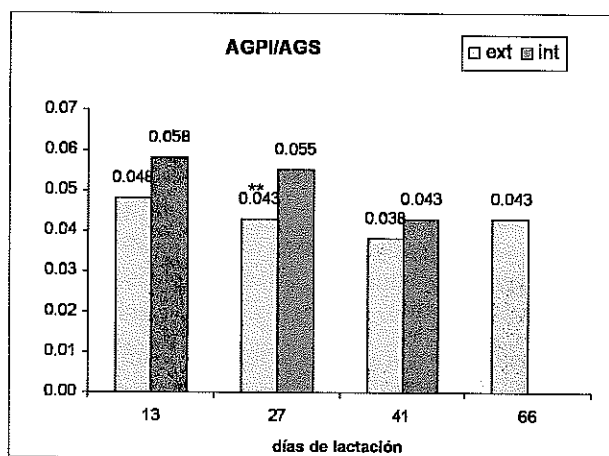


Figura 1.—Relación del contenido en ácidos grasos poliinsaturados (AGPI) con los ácidos grasos saturados (AGS) en la grasa de la leche de ovejas Churro-Tensinas sometidas a dos sistemas de producción: extensivo (ext) e intensivo (int), analizado en cuatro momentos de la lactación (13, 27, 41 y 66 días). ** $P < 0,01$

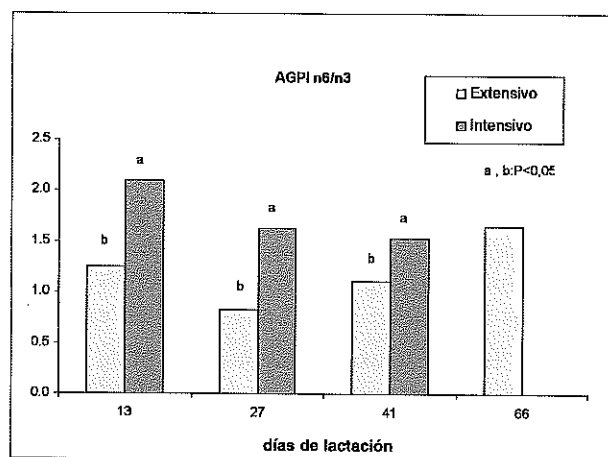


Figura 2.—Contenido de la leche en ácidos grasos linoleico y linolénico, y relación entre ambos, de las ovejas Churro-Tensinas sometidas a dos sistemas de producción, extensivo (ext) e intensivo (int), analizado en cuatro momentos de la lactación (13, 27, 41 y 66 días). a, b: $P < 0,05$

CONCLUSIONES

A partir de los resultados obtenidos bajo las condiciones experimentales del presente trabajo, se puede concluir que la suplementación de cebada en el sistema de producción intensivo provoca una modificación de la composición de los AG de la grasa de la leche frente a la ingestión única de forraje, y que el efecto que dichas modificaciones pueden tener sobre la industria quesera o la composición de la carne de las crías debe ser estudiada en futuros estudios.

AGRADECIMIENTOS

Deseamos agradecer al INIA por la financiación del proyecto RTA03-031, al Laboratorio Agroambiental de Aragón, y a I. Casasús, R. Revilla, A. Bergua, J. Casaus, J. Sarasa y F. Lahoz, por las facilidades prestadas durante el desarrollo experimental.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BOCQUIER, F.; CAJA, G., 2001. Production et composition du lait de brebis: effets de l'alimentation. *INRA Prod. Anim.*, **14**, 129-140.
- CARDELLINO, R. A.; BENSO, M.E., 2002. Lactation curves of commercial ewes rearing lambs. *J. Anim. Sci.*, **80**, 23-27.
- CHILLIARD, Y.; FERLAY, A.; MANSBRIDGE, R.M.; DOREAU, M., 2000. Ruminant milk fat plasticity: nutritional control of saturated, polyunsaturated, trans and conjugated fatty acids. *Ann. Zootech.*, **49**, 181-205.
- CHILLIARD, Y.; FERLAY, A.; DOREAU, M., 2001. Effect of different types of forages, animal fat or marine oils in cow's diet on milk fat secretion and composition, especially conjugated linoleic acid (CLA) and polyunsaturated fatty acid. *Livestock Production Science*, **70**, 31-48.
- DHIMAN, T. R.; ANAND, G.R.; SATTER, L.D.; PARIZA, M.W., 1999. Conjugated linoleic acid content of milk from cows fed different diets. *J. Dairy Sci.*, **82**, 2146-2156.
- DONEY, J.M.; PEART, J.N.; SMITH, W.F.; LOUDA, F., 1979. A consideration of the techniques for estimation of milk yield by suckled sheep and a comparison of estimates obtained by two methods in relation to the effect of breed, level of production and stage of lactation. *J. Agric. Sci., Camb.*, **92**, 123-132.
- ENSER, M.; HALLETT, K.G.; HEWETT, B.; FURSEY, G.A.J.; WOOD, J.D.; HARRINGTON, G., 1998. Fatty acid content and composition of UK beef and lamb muscle in relation to production system and implications for human nutrition. *Meat Science*, **49** (3), 329-341.
- FRENCH, P.; STANTON, C.; LAWLESS, F.; O'RIORDAN, E.G.; MONAHAN, F.J.; CAFFREY, P.J.; MOLONEY, A.P., 2000. Fatty acid composition, including conjugated linoleic acid, of intramuscular fat from steers offered grazed grass, grass silage, or concentrate-based diets. *J. Anim. Sci.*, **78**, 2849-2855.
- FUERTES, J. A., GONZALO, C., CARRIEDO, J.A., SAN PRIMITIVO, F., 1998. Parameters of test day milk yield and milk components for dairy ewes. *J. Dairy Sci.*, **81**, 1300-1307.
- GEAY, Y., BAUCHART, D., HOCQUETTE, J-F, CULIOLI, J., 2002. Valeur diététique et qualités sensorielles des viandes de ruminants. Incidence de l'alimentation des animaux. *INRA Prod. Anim.*, **15** (1), 37-52.
- MURPHY, J.J., O'MARA, F., 1993. Nutritional manipulation of milk protein concentration and its impact on the dairy industry. *Livestock Production Science*, **35**, 117-134.
- SAS Institute Inc. (1999) Versión 8.1, Cary N.C. USA,

Incidencia del análisis físico-químico y metabolitos de fermentación en la calidad nutritiva de ensilados de maíz

A. MARTÍNEZ¹, O. FERNÁNDEZ¹, A. SOLDADO¹, M. PELÁEZ², CARBALLAL, A., S. MODROÑO¹, R. GALIANO¹, B. DE LA ROZA¹ y A. ARGAMENTERÍA¹

¹Área de Nutrición, Pastos y Forrajes. Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario (SERIDA). Crta. de Oviedo s/n. 33300 Villaviciosa. Asturias (España). ²Sociedad Asturiana de Servicios Agropecuarios S. L. (ASA). 33199. Granda. Asturias

RESUMEN: Durante los años 2002 y 2003, se seleccionaron al azar 142 muestras de ensilados de maíz entre todos los recepcionados en el Laboratorio de Nutrición Animal del SERIDA, con el propósito de caracterizar la variabilidad de la composición en principios nutritivos y metabolitos de fermentación. Los valores medios para el contenido en materia seca (MS) oscilaron entre 24 y 48% y presentaron correlación negativa con el contenido en cenizas y con fibras bruta, neutro y ácido detergente (FB, FND, FAD) y, positiva con el contenido en almidón (ALM), además de la digestibilidad neutro detergente celulasa de la materia orgánica (DEMO). El almidón mostró una correlación negativa con las diferentes fracciones de fibra. En general, estos ensilados presentaron una calidad fermentativa aceptable, destacando las correlaciones negativas entre pH y contenido en ácido láctico, % MS con ácido acético y nitrógeno amoniacal con ácido láctico. Aunque se encontró correlación entre la calidad nutritiva y los procesos fermentativos acontecidos durante el proceso de estabilización del ensilado, genéricamente las deficiencias encontradas en el 15 % de los ensilados evaluados fueron imputables a una errónea elección del momento de aprovechamiento.

Palabras clave: Maíz ensilado, composición química, metabolitos de fermentación

Physicochemical analysis and fermentative parameters on corn silages and their implications on nutritive value

SUMMARY: Along 2002 and 2003, a total of 142 corn silage samples were selected with the main purpose of characterising the variability on nutritive composition and fermentative parameters. The average values for dry matter content ranged between 24 to 48 % and showed a negative correlation with ash content ($P=0.0003$), crude fibre, neutral and acid detergent fibre ($P<0.0001$). In addition, dry matter had a positive significant correlation with starch content ($P<0.0001$) and organic matter enzymatic digestibility ($P=0.0037$). In the other way, the relationships between starch and different fibre fractions were inverse. In general, the corn silages evaluated had a good fermentative quality and attending the negative correlation stand out those between pH and lactic acid content; dry matter with acetic acid content and ammonia-N with lactic acid ($P<0.0001$). Nevertheless, nutritive quality and fermentative process had a significative correlation. The results obtained in this work suggested that poor quality found on a 15 % of total samples, was directly implicated with an incorrect harvest date selected.

Key words: maize silage, fermentation process, chemical composition

INTRODUCCIÓN

El ensilado de maíz forrajero es un alimento de alto contenido energético debido a su elevado contenido en almidón y buena digestibilidad de sus partes verdes. La digestibilidad del almidón es elevada, con una baja tasa de degradación ruminal, que permite una mejor actividad de la microflora ruminal y posibilita un incremento en la eficacia de síntesis de proteína microbiana (Argamentería *et al.*, 1997). Otra ventaja es su gran facilidad para ensilar. Si bien el contenido en azúcares solubles del maíz forrajero no es excesivo, su capacidad tampón es tan baja (Martínez *et al.*, 2000) que basta una mínima fermentación de los azúcares residuales para reducir el pH lo suficiente para garantizar la estabilidad, consiguiendo como productos finales un adecuado contenido de ácido láctico, poco ácido acético y trazas o ausencia de ácidos propiónico y butírico. De hecho, la cantidad de ácido láctico que es necesario producir para alcanzar la estabilidad, es dos o tres veces inferior para el maíz que para las otras gramíneas y leguminosas (Cañeque y Sancha, 1998).

En contrapartida, es un alimento pobre en proteína bruta. Además, los ensilados de maíz forrajero son muy sensibles al deterioro aeróbico, asociado con la infiltración de aire en la masa ensilada por un deficiente sellado o falta de compactación y con el crecimiento de microorganismos indeseables como levaduras, hongos e incluso bacterias que elevan la temperatura del ensilado, provocando serias pérdidas de materia seca y gran disminución de la digestibilidad de la proteína, unido a elevados valores de pH (de la Roza *et al.*, 2003). Estos hechos están directamente relacionados con la escasez de génesis de compuestos antifúngicos como el ácido propiónico, que tiene lugar en los procesos fermentativos desarrollados en los forrajes de alta ensilabilidad como es el maíz forrajero y que, consecuentemente, ocasiona los problemas de estabilidad en los ensilados durante el almacenamiento y posteriormente en el transcurso de su utilización en la fase de alimentación (Kung *et al.*, 2000).

Actualmente, se mantiene la tendencia en alza del empleo de este forraje conservado en las explotaciones lecheras del norte de España, por su facilidad para integrarlo en los sistemas de alimentación unifeed.

El objetivo del presente trabajo ha sido evaluar la variabilidad de la composición en principios nutritivos y metabolitos de fermentación de muestras de ensilados de maíz procedentes de explotaciones asturianas.

MATERIAL Y MÉTODOS

Durante un periodo de dos años consecutivos, 2002 y 2003, se seleccionaron al azar 142 muestras entre todos los ensilados de maíz recepcionados en el Laboratorio de Nutrición Animal del SERIDA para su análisis de rutina. Las muestras, a fin de garantizar la representatividad de las mismas, habían sido recogidas en su totalidad por técnicos de la Sociedad Asturiana de Servicios Agropecuarios (ASA), en localizaciones a lo largo de la geografía de la región. Se efectuó el análisis rutinario de: materia seca (MS) a 60°C durante 24h; MS final y cenizas (Van der Meer, 1983); proteína bruta (PB) como N Kjeldahl x 6,25 (TECATOR, 1995); fibra bruta (FB, AFNOR, 1981); fibra ácido detergente (FAD, Goering y Van Soest, 1970); fibra neutro detergente (FND, Van Soest *et al.*, 1991); digestibilidad enzimática de la materia orgánica (DEMO, Riveros y Argamentería, 1987); almidón (YSI, 2000; Soldado *et al.*, 2003); pH medido con electrodo de penetración y parámetros fermentativos. Para la determinación de estos últimos, una alícuota de la muestra de ensilado fue prensada y sobre el jugo centrifugado y filtrado, se determinó el nitrógeno amoniacal (NNH₃) con el test comercial SPECTROQUANT de MERCK; los ácidos grasos volátiles: acético, propiónico y butírico y ácido láctico, por cromatografía líquida de alta resolución (columna Shodex Ropak KC-811).

Todos los parámetros evaluados fueron contrastados mediante análisis de correlación utilizando el paquete estadístico SAS (1990).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 se muestran los intervalos de variación, valores medios y desviación estándar de los principios nutritivos y parámetros fermentativos así como la estimación del contenido energético de los ensilados de maíz considerados.

Los valores medios de los parámetros que definen la calidad nutritiva, coinciden con los que figuran en las tablas publicadas con relación a los sistemas de alimentación más utilizados (INRA, 1987; AFRC, 1990; NRC, 2001). Asimismo, estos valores también concuerdan con los datos promedio que se han obtenido en el SERIDA en la evaluación de variedades de maíz forrajero en Asturias (Martínez *et al.*, 2003), así como en los ensayos llevados a cabo para la evaluación de diferentes aditivos comerciales (Martínez *et al.*, 2001).

En cuanto a la variabilidad observada, tenemos que el contenido en MS oscila desde un 24 %, que se corresponde con un estado de grano lechoso-pastoso a un 48 %, estado de grano vítreo. Este parámetro presenta correlación negativa con el contenido en cenizas ($P=0,0003$) y tal y como era de esperar con FND, FAD y FB ($P<0,0001$) y, positiva obviamente, con el contenido en almidón ($P<0,0001$), además de con la DEMO ($P=0,0037$). Estos hechos concuerdan con lo observado en el trabajo realizado por de la Roza *et al.*

Tabla 1. Intervalo de variación, valores medios y desviación estándar de la calidad nutritiva y parámetros fermentativos evaluados en los ensilados de maíz (n=142).

	Intervalo	Media	Desviación estándar
Materia seca (%)	24,00-47,80	32,31	4,41
Cenizas (%sms)	2,25-11,62	4,22	1,22
Proteína bruta (%sms)	5,17-11,09	7,75	0,88
Fibra neutro detergente (%sms)	32,05-59,39	45,43	4,81
Fibra ácido detergente (%sms)	20,20-33,94	26,24	2,75
Fibra bruta (%sms)	17,88-32,62	23,06	2,64
Almidón (%sms)	14,68-49,42	30,71	6,05
DEMO (%)	49,99-75,80	64,20	4,13
Energía metabolizable (MJ*kg MS-1)	8,27-12,84	10,77	0,73
pH	3,34-4,73	3,87	0,25
Ácido láctico (%sms)	0,37-7,34	4,12	1,29
Ácido acético (%sms)	0,00-7,69	1,70	1,19
Ácido propiónico (%sms)	0,00-0,70	0,01	0,06
Ácido butírico (%sms)	0,00-1,78	0,03	0,16
Nitrógeno amoniacal (% sobre N total)	0,00-2,46	0,09	0,23

DEMO: Digestibilidad enzimática de materia orgánica neutro detergente celulosa (%sms): porcentajes referidos % MS

(1995) para caracterizar la evolución en el tiempo de la composición química y digestibilidad sobre una variedad de maíz de ciclo corto (FAO 200).

Con respecto al contenido en almidón, se observa un amplio rango de valores, relacionado no sólo con las distintas variedades de maíz empleadas, sino también con los diferentes estados de desarrollo de la planta. De ahí que las correlaciones halladas entre las fracciones de fibra (FND, FAD y FB) y el almidón sean siempre negativas ($P < 0,0001$). En la Figura 1 se muestra la relación entre FND y el contenido en almidón.

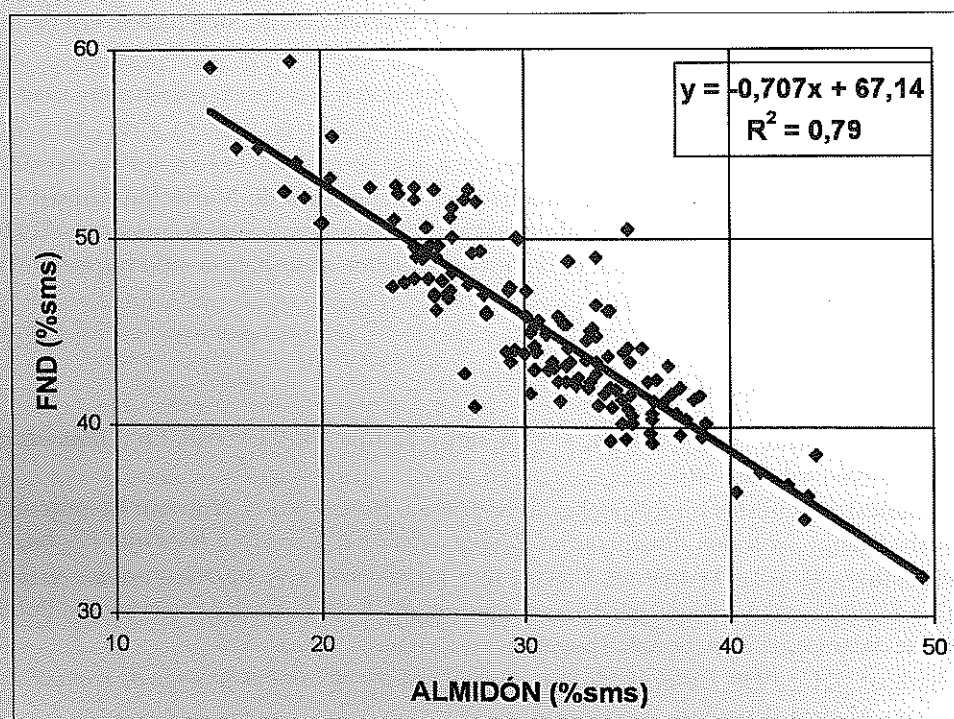


Figura 1.—Relación entre el contenido en almidón y el de fibra neutro detergente (FND) en los ensilados de maíz procedentes de explotaciones lecheras (n=142).

Respecto a la calidad fermentativa, los valores medios se corresponden con una buena calidad: pH inferior a cuatro; ácido láctico superior al 4%, bajos contenidos de ácido acético y despreciables de ácidos propiónico y butírico. En cuanto al valor medio de nitrógeno amoniacal referido al nitrógeno total es inferior al 1%, lo que indica una mínima degradación de la proteína inicial.

De las correlaciones observadas para los parámetros fermentativos, las más relevantes a destacar por su nivel de significación ($P < 0,0001$), son las negativas entre pH y contenido en ácido láctico; % MS y contenido en ácido acético y % nitrógeno amoniacal con ácido láctico.

De todo el conjunto de los ensilados evaluados, un 15% presentó una baja calidad nutritiva, con valores de DEMO inferiores al 60%. Los bajos contenidos en almidón de estas muestras (en torno al 20%), un promedio de contenido en MS inferior al 30%, son imputables a una mala elección del momento óptimo de aprovechamiento. En cuanto a la calidad fermentativa de estos ensilados, los datos de ácido acético en estas muestras confirman la correlación negativa antes indicada con la MS, con contenidos en este ácido superiores en más de un 55% al promedio poblacional y altos valores de pH (superiores a 4). Estas evidencias no cabe atribuirles a causas fortuitas derivadas de un mal manejo como contaminación con tierra o infiltración de aire en la masa ensilada, ya que el contenido medio en cenizas es inferior al 5% y sólo un ensilado presenta un valor superior a nueve. Por otro lado, la ausencia de ácidos propiónico y butírico, es indicativo de que no tuvieron lugar fermentaciones indeseables.

En contrapartida, los ensilados con valores de DEMO superiores al 70%, presentaron siempre contenidos en materia seca superiores al 30% y en almidón superiores al 35%, con un valor medio de éste último 40%. El pH fue siempre inferior a cuatro y se mejoró la relación láctico/acético de 1,36 a 2,71.

CONCLUSIONES

Aunque sea un hecho conocido la óptima aptitud del maíz forrajero para ensilar y que en los ensilados de maíz procedentes de explotaciones lecheras asturianas exista correlación entre la calidad nutritiva y los procesos fermentativos acontecidos durante el proceso de estabilización del ensilado, se detectan algunas deficiencias imputables a un aprovechamiento demasiado temprano, consecuencia a su vez de una mala elección de la variedad sembrada.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer al personal auxiliar del Laboratorio de Nutrición Animal del SERIDA y especialmente al personal técnico de ASA y al encargado de la preparación de muestras (Dña. Mercedes García Salvado y D. José Fernández Fernández), sin cuya colaboración habría sido imposible la realización de este trabajo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AFNOR, 1981. Cellulose Brute, Methode CCE 4^{ème} Directive Norme NF V 03-040. En : *Aliments des Animaux. Méthodes d'analyse*. Ed. AFNOR.
- AFRC, 1990. Technical Committee on Responses to Nutrients, Report No. 5, Nutrient Requirements of Ruminant Animals: Energy. *Nutrition Abstracts and Reviews, Series B: Livestock Feed and Feeding*, **60**, 729-804.
- ARGAMENTERÍA, A.; ROZA, B. de la; MARTÍNEZ, A.; SÁNCHEZ, L.; MARTÍNEZ, A. 1997. *El ensilado en Asturias*. Centro de Investigación Aplicada y Tecnología Agroalimentaria (C. I. A. T. A.). Ed.: Servicio de Publicaciones del Principado de Asturias, 127 pp. Oviedo (España).
- CAÑEQUE, V. y SANCIA, J. L., 1998. *Ensilado de forrajes y su empleo en la alimentación de rumiantes*. Ed.: Mundi Prensa, 260 pp. Madrid (España).
- DE LA ROZA, B.; MARTÍNEZ, A.; ARGAMENTERÍA, A., 2003. *El ensilado como método de conservación de forrajes*. Informes Técnicos nº 2. Edita SERIDA & KKK Ediciones, 61 pp. Oviedo (España).

- DE LA ROZA, B.; SANTOS, B.; MIRANDA, J.; DíEZ, E.; ALFAGEME, L. A.; ARGAMENTERÍA, A., 1995. Evolución del valor nutritivo del maíz forrajero en verde en zona húmeda, según su contenido en materia seca. En *Actas de la XXXV Reunión Científica de la SEEP*, 217-221. Tenerife.
- GOERING, H. K.; VAN SOEST, P. J., 1970. Forage Fiber Analices (Apparatus Reagents, Procedures and some applications). *Agriculture Handbook N° 379*. Agriculture Research Service. United States Department of Agriculture.
- INRA, 1987. *Alimentation des ruminants: Révision des systèmes et des tables de INRA*. Ed. INRA Publications, 222 pp. Versailles (Francia).
- KUNG, L.; ROBINSON, J. R.; RANJIT, N. K.; CHEN, J. H.; GOLT, C. M., 2000. Microbial populations, fermentation end products, and aerobic stability of corn silage treated with ammonia or a propionic acid-based preservative. *Journal of Dairy Science*, **83**, 1479-1486.
- MARTÍNEZ, A.; ARGAMENTERÍA, A.; DE LA ROZA, B., 2000. Obtención de un forraje equilibrado en energía y proteína mediante la asociación maíz-leguminosa forrajera. 335-361. En *Actas de la III Reunión Ibérica de Pastos y Forrajes*. Braganza-Lugo-Coruña. (Portugal-España).
- MARTÍNEZ, A.; DE LA ROZA, B.; MODRÑO, S.; FERNÁNDEZ, O.; AFIF, E., 2001. Maíz forrajero: Calidad de los ensilados elaborados con distintos aditivos comerciales. Estabilidad aeróbica de los mismos. En *Biodiversidad de Pastos*. Actas de la XLI Reunión científica de la SEEP. I Foro Iberoamericano de Pastos, 379-384.
- MARTÍNEZ, A.; PEDROL, N.; ALPERI, J.; GONZÁLEZ, C., 2003. *Varietades de maíz. Actualización año 2002*. Edita SERIDA, 12 pp. Gijón (España).
- NRC, 2001. *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. National Academy Press, 381 pp. Washington, D.C. (USA).
- RIVEROS, E.; ARGAMENTERÍA, A., 1987. Métodos enzimáticos de la predicción de la digestibilidad in vivo de la materia orgánica de forrajes. I. Forrajes verdes. II. Henos. III. Ensilados y pajas. *Avances en Producción Animal*, **12**, 49-75.
- S.A.S., 1990. *SAS/STAT. User's Guide. Ver. 6. Fourth Edition*. SAS Institute Inc., North Caroline (USA).
- SOLEDADO, A.; FERNÁNDEZ, O.; MARTÍNEZ, Adela y DE LA ROZA, B. 2003. Estudio comparativo de métodos analíticos para la determinación del contenido en almidón en ensilados de maíz. En *Pastos, desarrollo y conservación*. Actas de la XLIII Reunión Científica de la SEEP. 297-303. Ed. A. B. ROBLES.; M. E. RAMOS.; M. C. MORALES.; E. DE SIMÓN.; J. L. GONZÁLEZ.; J. BOZA. Junta de Andalucía. (España).
- TECATOR, 1995. *Application Note, AN 300. The determination of nitrogen according to Kjeldahl using block digestion and steam distillation*. Perstorop Analytical. Sweden.
- VAN DER MEER, J. M., 1983. C. E. C. *Workshop on methodology of feedingstuffs for ruminants. European in vitro Ringtest Statistical Report*. Concept Report 155. Ins. Voor Veevoedingsonderzoek (I. V.V.O), 36 pp. The Netherlands.
- VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J. B.; LEWIS, B.A., 1991. Methods for dietary, neutral detergent fiber and non starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, **74**, 3583-3597.
- YSI, 2000. Application Note 306. Dextrose measurement in corn Syrup and other syrup products. YSI Incorporated. Ohio. USA. (<http://www.YSI.com>)

Evolución de la producción y ensilabilidad de la asociación triticale-haboncillos, según su estado de desarrollo

B. DE LA ROZA-DELGADO, A. MARTÍNEZ FERNÁNDEZ, A. SOLDADO CABEZUELO y A. ARGAMENTERÍA GUTIÉRREZ

Área de Nutrición, Pastos y Forrajes. Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario (SERIDA). Crta. de Oviedo s/n. 33300 Villaviciosa. Asturias (España).

RESUMEN: El objetivo del ensayo fue caracterizar producción y ensilabilidad de la asociación triticale-haboncillos utilizada como forraje de invierno-primavera, según estado de desarrollo. Para ello, en una superficie de 4,2 ha se dieron tres cortes secuenciales en las fases: espigado-floración (C1), grano incipiente-legumbres inmaduras (C2) y grano lechoso-vainas con grano (C3). Tras separación manual de especies, se controló producción, contenido en materia seca (MS), capacidad tampón y azúcares solubles. Ambas especies evolucionaron paralelamente, incrementándose su producción conjunta sensiblemente entre C1 y C2 (2943 vs 4625 kg MS ha⁻¹) y poco entre C2 y C3 (4625 vs 5405), manteniéndose la proporción en peso de triticale:haboncillos (65:35 sobre materia seca), con un promedio de 108 y 19 plantas m⁻². El triticale fue superior en altura, sobre todo entre C2 y C3, rebasando finalmente a los haboncillos. La ensilabilidad aumentó sensiblemente para ambas especies desde C1 a C2, debido al descenso significativo de la capacidad tampón y al incremento de azúcares solubles, favorecido por el aumento de MS. Entre C2 y C3, disminuyó la ensilabilidad, ya que, aunque la capacidad tampón siguió bajando (no significativamente), los azúcares disminuyeron significativamente.

Se concluye que en las condiciones de este ensayo, C2 fue el momento óptimo de corte para dicha asociación.

Palabras clave: asociación cereal-leguminosa, cultivo de invierno, producción, capacidad tampón, azúcares solubles

Yield and ensilability of triticale and fava bean intercrop according to their developing stage

SUMMARY: Field experiments were developed during 2003 using an experimental surface of 4.2 ha with the aim of characterizing a winter intercrop of triticale (*Triticosecale* Wittm. cv *tentudia*) and bean (*Vicia faba* cv *rutabon*) for production and ensilability characteristics. Three sequential harvest dates, representing successive growth stages were done: ears emergency-blooming (C1), initial grain-immature legumes (C2) and milky grain-pod with grain (C3). After manual separation of species, different parameters were studied: biomass production, height and density of plants, botanical composition, dry matter content and ensilability characteristics. Triticale and bean showed a similar evolution, being increased sensibly their joint production between the first and second cuts (2,943 vs 4,625 kg DM ha⁻¹). Nevertheless, a not significant increase of production was observed between the second and third cuts (4,625 vs 5,405 kg DM ha⁻¹). Triticale and bean showed always the same dry matter ratio (65:35), with an average of 108 and 19 plants m⁻², respectively. Attending height of species, bean was higher at the beginning; however, triticale was higher in the second and third cuts. For both species, the ensilability increased from the first one to the second cuts due to a significant reduction of the buffer capacity and also an increase of water-soluble carbohydrates (statistical significant in the case of triticale) and favoured by the increase in dry matter content. Nevertheless, between C2 and C3 the ensilability characteristics were reduced, firstly due a low content on water-soluble carbohydrates.

In conclusion, the results of the present study indicate that the optimum date for mowing was C2 (initial grain for triticale and immature legumes for bean).

Key words: cereal-legume association, winter crop, production, buffer capacity, water soluble carbohydrates

INTRODUCCIÓN

El cultivo primavera/invierno en rotación del maíz (*Zea mays* L.) con el raigrás italiano (*Lolium multiflorum* L.), es el más extendido en las explotaciones lecheras del norte de España (Pérez *et al.*, 2002), que se va repitiendo de forma continuada en el mismo terreno hasta 10-15 años (Martínez *et al.*, 2002). Este hecho

junto con su elevada productividad hace que los requerimientos en N de estos cultivos sean altos, lo que conlleva serios problemas medioambientales además del consabido cansancio del terreno. La necesidad de romper esa dinámica, ha provocado en estas regiones la introducción de nuevos cultivos como son las mezclas de gramíneas con leguminosas que pueden aportar soluciones a estos problemas por los beneficios que acarrear en el ámbito edafológico y de la ecología del suelo.

Resultados previos obtenidos en ensayos de campo en el SERIDA (de la Roza *et al.*, 2002) con la asociación maíz – soja forrajera (*Glycine hispida*) han puesto de manifiesto que la principal ventaja de esta asociación es la disminución de aportes de N al suelo. Sin embargo, la semilla de soja precisa inoculación con *Rhizobium meliloti* previa a la siembra. De acuerdo con los resultados obtenidos por Martínez *et al.* (2002) en los que se ensayaron varias leguminosas asociadas a avena *vs* triticale como alternativa al raigrás italiano, destacaron los obtenidos con la asociación de triticale (*Triticosecale* Wittm. cv tentudia) y haboncillos (*Vicia faba* cv rutabon), aunque es preciso completar la información disponible antes de recomendar su uso en las explotaciones de la España húmeda.

El objetivo de este estudio ha sido caracterizar la producción y ensilabilidad de ambas especies en orden a decidir su momento óptimo de corte.

MATERIAL Y MÉTODOS

Las experiencias fueron llevadas a cabo sobre una superficie de 4,2 ha, integrada por tres parcelas de características similares y colindantes, que durante primavera – verano de 2002 había sido empleada para el cultivo de maíz y soja forrajeros en asociación. Tras la siega, en el invierno del mismo año se sembró un intercultivo de triticale (*Triticosecale* Wittm. cv tentudia) y haboncillos (*Vicia faba* cv rutabon) como forraje de invierno – primavera, en lugar del habitual raigrás italiano. La preparación del terreno consistió en: rotovateado, 125 kg ha⁻¹ de P₂O₅ y K₂O, 40 kg ha⁻¹ de N en forma de nitrato amónico cálcico, rotovateado, dosis de semillas de 65 kg ha⁻¹ para el triticale y 150 kg ha⁻¹ para los haboncillos suministrados a volco con el fin de conseguir una densidad de 159 y 26 plantas m⁻², respectivamente, rotovateado superficial y pase de rulo.

En la primavera siguiente, se efectuaron tres cortes secuenciales en las fases fenológicas respectivas de espigado/floración (C1), grano incipiente/legumbres inmaduras (C2) y grano lechoso/vainas con grano (C3), para las respectivas gramínea/leguminosa. La superficie destinada a cada corte (1/3 del total) fue distribuida al azar en franjas longitudinales en el sentido de la pendiente dentro de cada parcela, en previsión de un posible gradiente de fertilidad. El mismo día de la siega se delimitaron superficies de cuatro m², seleccionadas al azar en la parte alta, media y baja de cada parcela y dentro de la parcela asignada a ese corte. Tras segarlas, se efectuó una separación manual de las especies a controlar y de la vegetación espontánea para efectuar los controles de: estado fenológico, peso verde, determinación del contenido en materia seca (102 °C durante 24 h), producción en kg MS ha⁻¹, número de plantas m⁻² y altura en cm de las mismas. A su vez, de las muestras separadas de triticale y haboncillos, se separaron dos fracciones. Una, para la determinación en verde de la capacidad tampón (Playne y McDonald, 1966) y la otra para su desecación a 60°C y molido a 0,75 mm para la determinación del contenido en azúcares solubles.

Los resultados de producción fueron contrastados mediante un modelo de análisis de varianza $y = \mu + \text{Zona} + \text{Parcela} + \text{Corte} + \xi$, considerando los dos primeros factores como de efecto aleatorio y “corte” como efecto fijo. Para los parámetros que definen la ensilabilidad se consideró la “especie” (triticale *vs* haboncillos) como un factor más de efecto fijo: $y = \mu + \text{Zona} + \text{Parcela} + \text{Corte} + \text{Especie} + \text{Corte} * \text{Especie} + \xi$.

En el primer caso se compararon las medias por corte ajustadas por mínimos cuadrados y en el segundo se efectuaron los contrastes entre cortes para cada especie dentro de la interacción corte * especie.

En ambos casos se utilizó el paquete estadístico SAS (1990).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Parámetros de producción

Los resultados según estado fenológico en el momento del corte, en cuanto a porcentaje de materia seca (%MS), producción en kg MS ha⁻¹, número de plantas m⁻² y altura en cm de las mismas, se muestran en la Tabla 1.

Como era de esperar el contenido en MS de ambas especies aumentó significativamente al avanzar el estado de madurez. Ambas especies presentaron una evolución paralela. Se incrementó la producción conjunta sensiblemente entre el primer y segundo cortes (2943 vs 4625 kg MS ha⁻¹) y muy poco entre el segundo y el tercero (4625 vs 5405 kg MS ha⁻¹), manteniéndose siempre la proporción en peso de triticale:haboncillos en un 65:35 sobre materia seca, con un promedio respectivo de 108 y 19 plantas m⁻², aunque inferior al esperado. En cuanto al crecimiento en altura de las plantas, fue muy superior para el triticale, sobre todo entre C2 y C3, llegando finalmente a rebasar la de los haboncillos, que al principio era superior. Éstos últimos, ya en estado de plántulas presentaban en sus raíces nódulos de *Rhizobium* bien desarrollados, sin haber sido inoculadas previamente sus semillas.

La fracción botánica de adventicias fue muy variable en cuanto a especies presentes y tanto su contenido en MS como su producción no se ajustó a ningún patrón esperado.

Tabla 1. Producción de la asociación triticale-haboncillos, según su estado de desarrollo.

Especie	Corte	Estado	MS (%)	Producción (kg MS* ha ⁻¹)	Plantas * m ⁻²	Altura (cm)	% Producción total (sobre MS)	
							Total	Especies sembradas
Triticale	C1	Espigado	23,4a	2000a	111	57,7a	54	65
	C2	Grano incipiente	32,1b	3065b	110	61,5a	50	62
	C3	Grano lechoso	35,3c	3476b	103	69,6b	55	64
	s.e.m.		0,3	194	6,3	1,5	2,3	2,4
	P		***	*	n.s	*	n.s	n.s
Haboncillos	C1	Floración	15,6a	943a	20	64,1	28	35
	C2	Legumbres inmaduras	17,1b	1560b	19	64,7	28	38
	C3	Vainas con grano	18,4c	1929b	18	65,6	32	36
	s.e.m.		0,2	122	0,9	1,9	2,3	2,4
	P		***	*	n.s	n.s	n.s	n.s
Adventicias	C1	Vegetativo	15,6a	669a			18	
	C2	Floración	22,3b	1279b			22	
	C3	Fructificación	15,7c	850a			13	
	s.e.m.		0,3	118			2,2	
	P		***	*			n.s	

s.e.m.: error estándar de la media; MS: materia seca.

***, P< 0,001; **, P< 0,01; *, P< 0,05; n.s: P>0,1

a,b,c en la misma columna al nivel de P indicado dentro de cada especie señalan diferencias significativas.

Comparando estos resultados con los obtenidos por Martínez *et al.* (2002) para triticale en estado de grano lechoso y haboncillos en estado de vainas con grano, la producción total de MS, así como la proporción y altura de la leguminosa sembrada, fueron muy inferiores. La altura del triticale y el porcentaje de MS de la asociación si resultaron coincidentes.

Con respecto a los resultados obtenidos por Aizpurúa *et al.* (2001) para cultivo mono específico de triticale, Fraser *et al.* (2001) con haboncillos y Ghanbari-Bonjar y Lee (2003) con cultivos mono específicos de trigo y haboncillos y su asociación, las producciones obtenidas en este trabajo también fueron inferiores. Este problema puede ser imputado al retraso en la fecha de siembra ocasionado por las malas condiciones atmosféricas del otoño, que impidieron acondicionar el terreno y como consecuencia dificultó el desarrollo de las especies, sobre todo para los haboncillos. Sin embargo, si comparamos las diferencias relativas entre cortes resultan concordantes con los trabajos mencionados.

Parámetros de ensilabilidad

Los resultados obtenidos para los parámetros que definen la ensilabilidad de las especies como son: capacidad tampón (CT) en miliequivalentes de NaOH por kg de MS y azúcares solubles (AzSol) en g por kg MS, se reflejan en la Tabla 2. En dicha tabla se encuentra también recogidos los valores iniciales de pH de cada especie. El porcentaje de materia seca en el momento del corte (%MS), se muestra en la Tabla 1.

La aptitud de los forrajes para ensilar (ensilabilidad), es inversamente proporcional a los valores de CT y directamente proporcional a los contenidos de AzSol asociados a las diferentes especies botánicas o asociaciones de las mismas. Así por ejemplo, los valores de CT en los forrajes, varían en función de la especie entre menos de 200 meq de NaOH kg MS⁻¹ para las gramíneas y más de 600 meq de NaOH kg MS⁻¹ para las leguminosas (Jaster, 1995), presentando por ejemplo el maíz valores extremadamente bajos (Martínez *et al.*, 2000). De acuerdo con esta afirmación y tal como era de esperar la ensilabilidad del triticale resultó muy superior a la de los haboncillos.

En cuanto a su evolución según cortes, la ensilabilidad aumentó sensiblemente para ambas especies desde el primer al segundo corte, ocasionado no solamente por un descenso significativo de la capacidad tampón al avanzar el estado de maduración de manera similar a lo que ocurre en las especies pratenses (Martínez, 2003), sino también por un incremento de azúcares solubles estadísticamente significativo en el caso del triticale ($p < 0,001$) y favorecido por el aumento en el contenido en materia seca entre ambos cortes.

Entre el segundo y tercer corte, no cabe hablar de una mayor ensilabilidad, pues aunque la capacidad tampón sigue disminuyendo, este descenso no es significativo. Además, se produce una reducción significativa en el contenido de azúcares solubles, probablemente ocasionado por una reducción de la función clorofílica asociada a causas meteorológicas (Martínez, 2003). Por último, el aumento en el porcentaje de materia seca es menor entre los cortes C2 y C3 que entre los C1 y C2.

En síntesis, entre C1 y C2 aumentan sensiblemente tanto la producción como la ensilabilidad mientras que entre C2 y C3 no se produce este efecto en las condiciones de esta experiencia. Por tanto parece mejor opción, cosechar la asociación triticale- haboncillos en estado fenológico de grano incipiente/legumbres inmaduras (C2) lo que además permitirá disponer de más tiempo para el posterior acondicionamiento del terreno y siembra del maíz.

Tabla 2. Parámetros de ensilabilidad de la asociación triticale-haboncillos, según su estado de desarrollo.

Especie	Corte	Estado	pH	CT (meq kg MS ⁻¹)	AzSol g kg MS ⁻¹
Triticale	C1	Espigado	6,20	163	185
	C2	Grano incipiente	6,26	119	269
	C3	Grano lechoso	6,29	100	241
Haboncillos	C1	Floración	5,31	318	176
	C2	Legumbres inmaduras	5,29	231	192
	C3	Vainas con grano	5,64	206	133
e.s.m.			0,04	5,67	4,10
Triticale vs haboncillos			***	***	***
Corte * especie			n.s.	***	***
C1 vs C2, triticale			n.s.	*	***
C1 vs C2, haboncillos			n.s.	***	n.s.
C2 vs C3, triticale			n.s.	n.s.	*
C2 vs C3, haboncillos			*	n.s.	***

e.s.m.: error estándar de la media. CT: Capacidad tampón; AzSol: Azúcares solubles.

***: $P < 0,001$; **: $P < 0,01$; *: $P < 0,05$; n.s.: no difiere significativamente de cero a $P > 0,1$

CONCLUSIONES

Las conclusiones preliminares de este trabajo, indican que para las zonas húmedas del Norte de España y en caso de siembra tardía de una asociación triticale y haboncillos, tras cultivo de maíz, el momento óptimo de corte para combinar producción y ensilabilidad, se correspondería al estado de maduración de grano incipiente en el cereal y formación de vainas en la leguminosa.

Esta asociación triticale – haboncillos es una buena alternativa al raigrás italiano, como cultivo de invierno particularmente por ser menos exigente en fertilización nitrogenada.

AGRADECIMIENTOS

Los autores quieren mostrar su agradecimiento a todo el personal auxiliar de campo que ha colaborado bajo la supervisión del capataz Dña. M^a Antonia Cueto Ardavín, así como al personal del Laboratorio de Nutrición Animal del SERIDA, especialmente a Dña. Reyes Galiano y Dña. Roxana González.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AIZPURÚA, A.; CASTELLÓN, A.; ALBIZU, I.; GARRO, J.; BESGA, G., 2001. Productividad y calidad nutritiva de cereales de invierno en rotación con maíz en el País Vasco. En *Biodiversidad de Pastos. Actas de la XLI Reunión Científica de la SEEP. I Foro Iberoamericano de Pastos*, 539 – 545. Ed. Consejería de Agricultura, Pesca y Alimentación. Comunidad de Valencia (España).
- DE LA ROZA, B.; MARTÍNEZ, A.; ARGAMENTERÍA, A. 2002. Efectos de la asociación maíz-soja forrajera sobre producción y valor nutritivo. Calidad fermentativa de los ensilados resultantes. En *Actas de V Congreso de la SEAE. I Congreso Iberoamericano de Agroecología*, 1245-1252. Ed. E. Dapena y J. L. Porcuna, SERIDA_SEAE. Granda. Siero (España).
- FRASER, M. D.; FYCHAN, R.; JONES, R., 2001. The effect of harvest date and inoculation on the yield, fermentation characteristics and feeding value of forage pea and field bean silages. *Grass and Forage Science*, **56(3)**, 28-30.
- GHANBARI-BONJAR, A.; LEE, H. C., 2003. Intercropped wheat (*Triticum aestivum* L.) and bean (*Vicia faba* L.) as a whole crop forage: effect of harvest time on forage yield and quality. *Grass and Forage Science*, **58(1)**, 218-230.
- JASTER, E. H., 1995. Legume and grass silage preservation. En *Post-harvest physiology and preservation of forages*. 91-115. Ed.: K. J. Moore y M. A. Peterson. CSSA Special Publication 22. American Soc. of Agron. Inc; Crop Science Society of America, Inc. Madison, Wisconsin, USA.
- MARTÍNEZ, A. 2003. *Ensilabilidad de especies pratenses en Asturias y su interacción con el uso de aditivos*. Tesis Doctoral. Universidad de Oviedo. 400 pp.
- MARTÍNEZ, A.; ARGAMENTERÍA, A.; DE LA ROZA, B. (2000). Obtención de un forraje equilibrado en energía y proteína mediante la asociación maíz-leguminosa forrajera. 335-361. En *Actas de la III Reunión Ibérica de Pastos y Forrajes*. Braganza-Lugo-Coruña. (Portugal-España).
- MARTÍNEZ, A.; ARGAMENTERÍA, A.; DE LA ROZA, B.; MARTÍNEZ, A., 2002. Mezclas cereal- leguminosa como forraje invernal en zonas húmedas. En *Producción de Pastos, Forrajes y Céspedes. Actas de la XLII Reunión Científica de la SEEP*, 315 – 320. Ed. C. Chocarro; F. Santiveri; R. Fanlo; I. Bovet; J. Lloveras. Lleida (España).
- PÉREZ, J. A.; ARIAS, A. M.; CASTRO, O.; CUETO, B.; GARCÍA, B.; GARCÍA, J. L.; MACHADO, A.; FERNÁNDEZ, F. L.; YÁNEZ, L. 2002. Evaluación económico-financiera de los Planes de Mejora en las ganaderías de leche de Asturias. Informe final del Proyecto CICYT 1FD97-1015. Ed. Universidad de Oviedo (España). 603 pp.
- PLAYNE, M. J.; McDONALD, P. 1966. The buffering constituents of herbage and od silage. *Journal of Science of Food and Agriculture*, **17**, 264-268.
- S.A.S., 1990. SAS/STAT. User's Guide. Ver. 6. Fourth Edition. SAS Institute Inc., North Caroline (USA).

Análisis de ensilados de maíz mediante NIRS

P. CASTRO, G. FLORES, A. GONZÁLEZ-ARRÁEZ, J. CASTRO y B. FERNÁNDEZ-LORENZO

Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo (CIAM). Apartado 10. 15080 La Coruña

RESUMEN: El objetivo del presente trabajo fue la actualización y mejora de las ecuaciones de calibración NIRS para el análisis de ensilados de maíz incluyendo nuevas muestras evaluadas *in vivo* y la obtención de calibraciones para el análisis en fresco de los mismos. En todos los casos, excepto la determinación de materia seca (MS), el análisis en fresco fue menos preciso que en seco. La determinación de la proteína bruta (PB) fue la más precisa, destacando por el contrario la escasa precisión de las determinaciones de fibra, sobre todo de NDF (fibra con detergente en medio neutro) debido probablemente a la presencia de almidón. Se concluye que es necesario añadir más muestras al grupo de calibración, sobre todo aquellas con valores extremos de digestibilidad para obtener ecuaciones de calibración NIRS más robustas.

Palabras clave: valor nutritivo, digestibilidad, fibra, almidón.

Analysis of maize silages by NIRS

SUMMARY: The aim of the present work was to update and improve NIR calibration equations to analyse maize (*Zea mays*, L.) silages by adding new samples of known *in vivo* digestibility (OMD) to the calibration set, and to obtain NIR calibrations for their "fresh" analysis. All determinations on fresh material were less precise than those on dried material, with the exception of dry matter. Precision of crude protein determination was the highest both for dried and fresh material while errors for fibre determinations were high, mainly for neutral detergent fibre (NDF), probably due to the high starch content. It was concluded it is necessary to add further samples to the calibration set, mainly with higher and lower digestibility to improve the robustness of NIR calibrations.

Key words: nutritive value, *in vivo* digestibility, fibre, starch.

INTRODUCCIÓN

La demanda de información analítica sobre los ensilados de maíz (*Zea mays*, L.) ha crecido considerablemente en los últimos años, debido a su mayor utilización en las explotaciones lecheras en Galicia. Aunque el valor nutritivo del maíz forrajero y sus ensilados se considera casi constante, su digestibilidad y contenido energético puede variar en función de las condiciones de cultivo (año, localidad, madurez) y sus características genotípicas (Deinum and Struick, 1988; Moreno *et al.*, 1993). Se han propuesto diversos métodos químicos y bioquímicos para la estimación de la digestibilidad *in vivo* de la materia orgánica del maíz forrajero (Aufrère *et al.*, 1992) y de los ensilados de maíz (Flores *et al.*, 2003). Cada vez con mayor frecuencia, se viene utilizando la espectroscopía de reflectancia en el infrarrojo próximo, NIRS, tanto para el análisis del forraje verde (De Boever *et al.*, 1994) como del ensilado (De Boever *et al.*, 1997).

En trabajos previos se han desarrollado ecuaciones de calibración NIRS para la determinación de materia orgánica (MO), proteína bruta (PB), fibra ácido y neutro detergente (ADF y NDF, respectivamente), almidón (ALM) y digestibilidad *in vivo* de la materia orgánica (OMD) de ensilados de maíz (Castro *et al.*, 2003a).

El objetivo del presente trabajo fue actualizar las ecuaciones anteriores añadiendo muestras de ensilados de digestibilidad *in vivo* conocida y, además, obtener ecuaciones NIRS para el análisis en fresco de los mismos ensilados.

MATERIAL Y MÉTODOS

Los espectros NIR de las muestras de ensilados de maíz procedentes de explotaciones lecheras se registraron en fresco, se guardó una submuestra para el análisis de pH, ácidos grasos volátiles y nitrógeno amoniacal (N-NH₃) y el resto se secó en estufa a 80 °C durante 16 h, determinando su contenido en materia seca (MS), y se molió con tamiz de 1 mm. Los espectros de las muestras secas y molidas se obtuvieron también en el

espectrofotómetro NIRSystem 6500 (Foss NIRSystem, Silver Spring, Whashington, USA), mediante el programa WinISI 1.5 (InfraSoft International, Port Matilda, PA, USA). Después de seleccionar al azar las muestras de validación externa (5-10 %), se realizó la selección de las muestras representativas para calibración por análisis discriminante basado en la distancia de Mahalanobis calculada por componentes principales (SELECT, WinISI 1.5). Los ensilados evaluados *in vivo* se eligieron entre los seleccionados para calibración, atendiendo a las condiciones geoclimáticas de su cultivo y a su valor de digestibilidad NIRS, para cubrir un rango amplio de variabilidad, hasta un total de 93 muestras.

La evaluación *in vivo* de los ensilados elegidos se realizó con carneros en la unidad de alimentación animal del CIAM (Flores *et al.*, 2002). Los valores de digestibilidad *in vivo* de la materia orgánica (OMD, g/100 g MO) se utilizaron como datos de referencia para el análisis NIRS.

El análisis químico de referencia se realizó sobre la muestra seca y molida. La humedad residual y la materia orgánica (MO) se determinaron en dos pasos (100 °C y 475 °C) con el Analizador Termogravimétrico LECO Mac 500 (LECO Corporation, Michigan, USA). La proteína bruta (PB) se calculó como N orgánico total x 6,25 mediante digestión microKjeldahl (Castro, 1994), seguida de la determinación colorimétrica del ión amonio con el AutoAnalyzer III Bran+Luebbe, Mét. N° G-188-97, Rev. 2 (Bran+Luebbe, Analyzer Division, Norderstedt, Alemania). El sistema de detergentes (Van Soest *et al.*, 1991; Castro *et al.*, 2003b) fue el método de referencia para la determinación de las fibras (ADF y NDF) y el almidón (ALM) se determinó polariméricamente (MAPA, 1995)

Los espectros se trataron mediante SNV y D-trend (Barnes *et al.*, 1989) para corregir los efectos de dispersión de la luz y las ecuaciones de calibración se obtuvieron por regresión MPLS (mínimos cuadrados parciales) entre la 1ª y 2ª derivada del espectro NIR (1100-2500 nm) y los datos de referencia. La validación externa de las ecuaciones NIR se realizó mediante regresión lineal entre los resultados NIR y los datos de referencia de las muestras seleccionadas al azar con este fin. Todas estas operaciones se realizaron mediante el programa WinISI 1.5.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de los datos de referencia, análisis químico e *in vivo*, para los grupos de calibración y validación se resumen en la Tabla 1. El análisis en fresco se inició un año más tarde que en seco, de ahí que el número de muestras sea menor. Por otra parte, para obtener las ecuaciones de calibración NIR para el material fresco se llevó a cabo un paso de eliminación de *outliers*, tratando de evitar posibles problemas inherentes a la manipulación de las muestras y, además, se eliminó del espectro la región de agua comprendida entre 1850 y 1970 nm. En cambio, para la calibración en fresco se utilizó todo el espectro NIR (1100 – 2500 nm) y a los *outliers* se les restó peso en los cálculos (*downweighting*).

Tabla 1. Datos de referencia de las muestras analizadas en fresco y en seco.

Componente ¹	N	EN SECO			N	EN FRESCO		
		Rango	Media	s		Rango	Media	s
MS	114	14,30-44,45	30,10	5,45	113	14,30-44,45	30,11	5,47
Materia Orgánica	195	91,17-98,08	95,83	1,27	139	91,44-98,02	85,89	1,14
Proteína Bruta	195	3,89-13,88	7,22	1,32	139	3,89-13,38	6,95	1,36
ADF	187	17,42-47,19	27,27	5,28	123	18,42-45,94	26,92	4,98
NDF	175	32,37-70,60	47,05	7,2	123	32,37-70,60	46,45	7,27
Almidón	169	0,00-49,00	24,70	9,12	117	0,00-42,20	25,68	8,90
OMD	93	58,73-76,33	67,85	3,41	93	58,73-76,33	67,85	3,41

¹ g/100 g MS; N = número de muestras; s = desviación típica; MS = materia seca (g/ 100 g de material fresco); ADF y NDF = Fibra en detergente ácido y neutro; OMD = digestibilidad *in vivo* de la materia orgánica (g/100 g MO)

Las ecuaciones obtenidas a partir de la segunda derivada del espectro fueron las más precisas y exactas (Tabla 2), tanto para las muestras analizadas en fresco como para las analizadas en seco.

Tabla 2. Ecuaciones de calibración para el análisis NIR de ensilados de maíz

Componente ¹	Análisis NIR en SECO				Análisis NIR en FRESCO					
	N	SEC	R2	SECV	N	Media	s	SEC	R2	SECV
MS	114	3,16	0,66	3,59	109	30,10	5,24	1,10	0,96	1,77
Materia Orgánica	195	0,91	0,48	0,98	131	95,97	0,92	0,70	0,42	0,81
Proteína Bruta	195	0,39	0,91	0,50	134	6,90	1,24	0,63	0,74	0,81
ADF	187	2,44	0,79	2,53	124	26,75	4,54	2,23	0,76	2,83
NDF	175	2,53	0,88	3,30	116	46,62	7,22	3,44	0,77	4,13
Almidón	169	2,06	0,95	2,81	113	25,84	8,73	3,89	0,80	4,66
OMD	93	2,03	0,64	2,45	90	67,82	3,32	2,65	0,36	2,92

¹ g/100 g MS; N= número de muestras; s= desviación típica; MS= materia seca (g/ 100 g de material fresco); ADF y NDF= Fibra en detergente ácido y neutro; R2= coeficiente de determinación; OMD= digestibilidad *in vivo* de la materia orgánica (g/100 g MO); SEC y SECV= error típico de calibración y de validación cruzada

Todas las determinaciones sobre muestra seca, excepto la de materia seca, fueron más precisas que las realizadas sobre el material fresco. Cabe destacar los valores relativamente bajos de los coeficientes de determinación, R²= 0,48 a 0,95 para MO y almidón en seco, respectivamente, y R²= 0,36 a 0,96 para digestibilidad y MS en fresco, debido al bajo margen de variabilidad de los ensilados de maíz. En cuanto al error de validación cruzada varió entre SECV = 0,50 y 0,81 para PB en seco y en fresco, y SECV = 3,59 para MS en seco y 4,66 para almidón en fresco. Es necesario destacar que el valor de los errores para las determinaciones de fibra, sobre todo para NDF fue muy alto (SECV = 3,30 y 4,13 en seco y en fresco, respectivamente) debido, probablemente, a la escasa repetibilidad del método de referencia, motivada por la presencia de almidón (Castro *et al.*, 2003b).

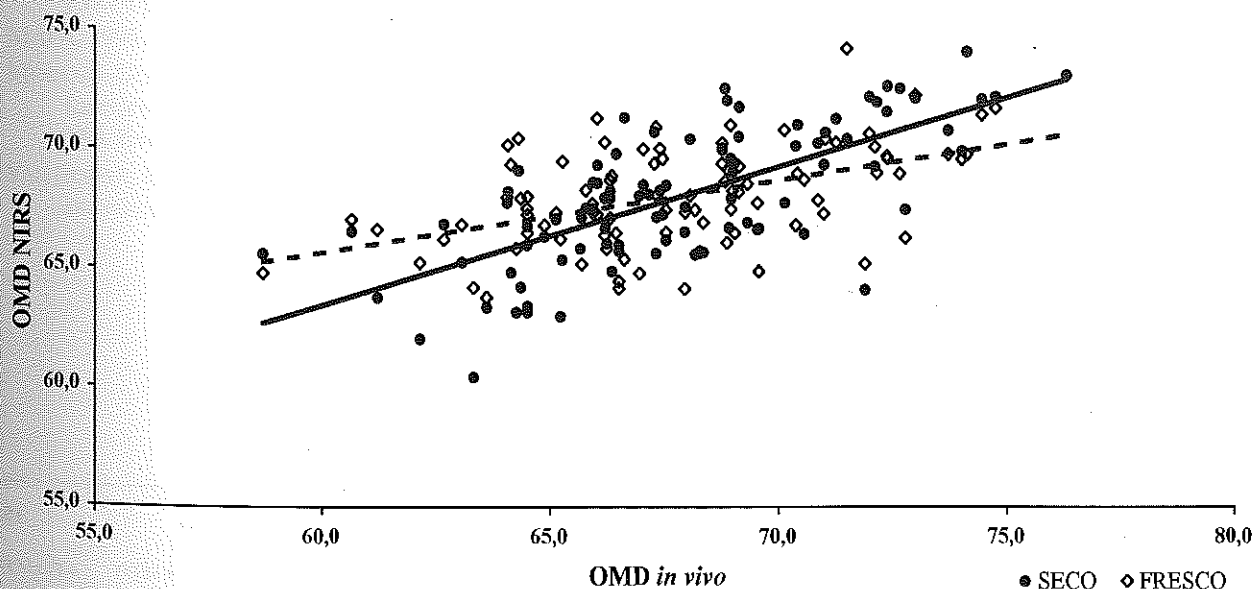


Figura 1. Resultados de validación cruzada para digestibilidad *in vivo* de ensilados de maíz.

En todos los casos el error fue menor que la desviación típica de los datos de referencia, pero la robustez de las ecuaciones NIR debe ser mejorada añadiendo al grupo de calibración muestras que amplíen el rango de variabilidad, tales como ensilados de *pastone* (planta de maíz con predominio de mazorca) o de maíz recogido en un estado vegetativo más temprano y con una mayor proporción de tallo y hojas.

Las Figuras 1 y 2 muestran, respectivamente, las rectas de validación cruzada para las determinaciones NIR en fresco y en seco de la digestibilidad *in vivo* y la proteína bruta, reflejando el escaso número de muestras con valores extremos de ambos parámetros.

CONCLUSIONES

El análisis en seco fue más preciso que en fresco en todos los casos excepto MS.

La determinación de proteína bruta fue la más precisa tanto en fresco como en seco, $SECV = 0,81$ y $0,50$, respectivamente, mientras que, excluyendo la determinación en seco de MS, destacan por su escasa precisión las determinaciones de almidón en fresco ($SECV = 4,66$) y de NDF en fresco y en seco ($SECV = 4,13$ y $3,30$, respectivamente).

En cuanto a la determinación de digestibilidad *in vivo*, fue aceptable aunque debe ser mejorada mediante la incorporación de ensilados con valores extremos de digestibilidad (de *pastone* y de maíz menos maduro) al grupo de calibración.

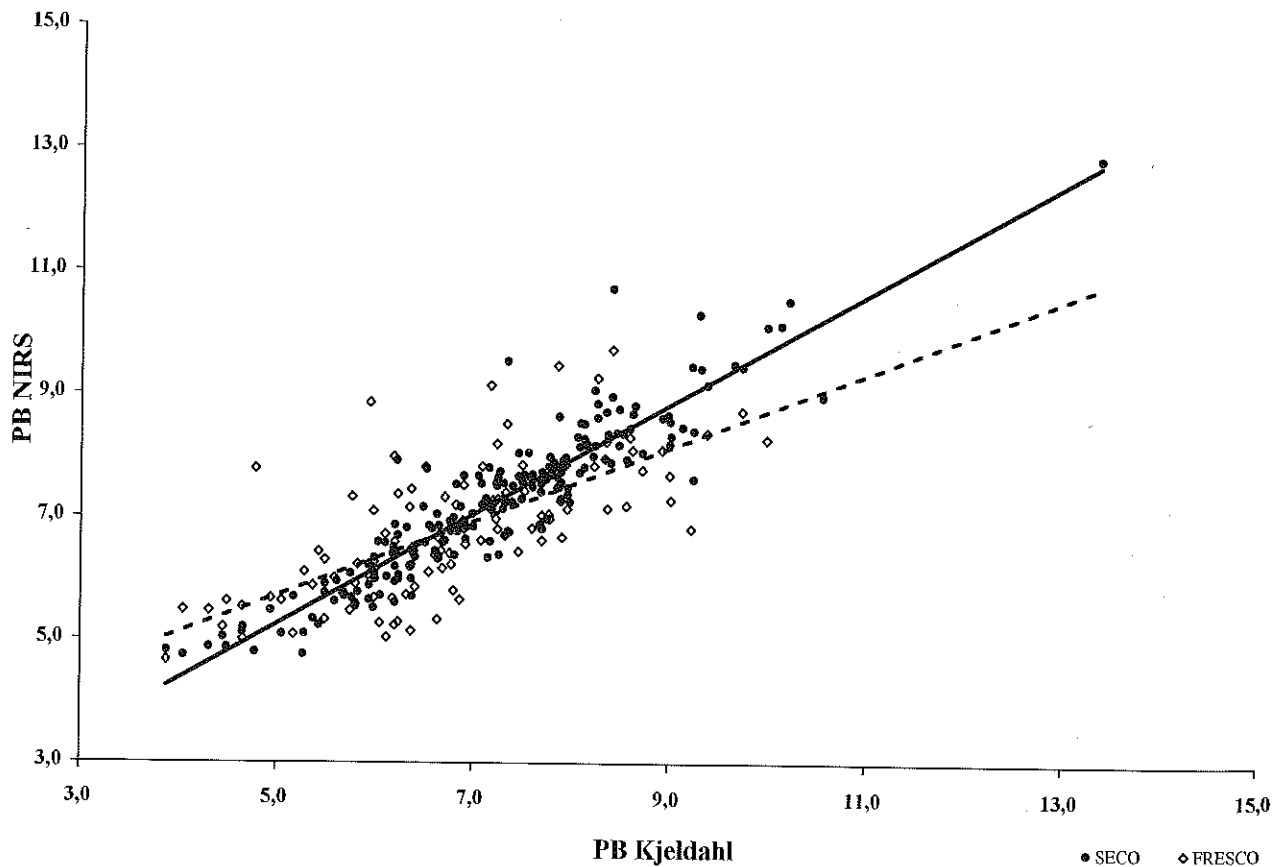


Figura 2. Resultados de validación cruzada para proteína bruta en ensilados de maíz.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- AUFÈRE, J.; GRAVIOU, D.; DEMARQUILLY, C.; ANDRIEU, J.; EMILE, J.C.; GIOVANNI, R.; MAUPETIT, P., 1992. Estimation of organic matter digestibility of whole maize plants by laboratory methods. *Anim. Feed Sci. Technol.*, **36**, 187-204.
- BARNES, R.J.; DHANOA, M.S.; LISTER, S.J., 1989. Standard Normal Variate Transformation and De-trending of Near-Infrared Diffuse Reflectance Spectra. *Appl. Spectroscopy*, **43**, 772-777.
- CASTRO, P., 1994. *Espectroscopía de reflectancia en el infrarrojo próximo (NIRS) y evaluación nutritiva de pastos*. Tesis Doctoral, Microfilm N° 408. Servicio de Publicaciones e Intercambio Científico da Universidade. Santiago de Compostela.
- CASTRO, P.; FLORES, G.; GONZÁLEZ-ARRAEZ, A.; CASTRO, J.; DÍAZ-VILLAMIL, L., 2003a. Nutritive quality of maize silages by NIRS. En *Proc. 11th Int. Confer. on NIRS*. Córdoba. (en prensa).
- CASTRO, P.; FLORES, G.; SANTOALLA, C., 2003b. Comparación de tres sistemas de la fibra con detergentes en forrajes y heces. En *Pastos, desarrollo y conservación*, 269-275. Consejería de Agricultura y Pesca. Servicio de Publicaciones y Divulgación. Junta de Andalucía.
- DE BOEVER, J.L.; VAN WAES, J.; COTTYN, B.G.; BOUCQUÉ, Ch.W., 1994. The prediction of forage maize digestibility by near reflection spectroscopy. *Neth. J. Agric. Sci.*, **42**, 105-113.
- DE BOEVER, J.L.; COTTYN, B.G.; DE BRABENDER, D.L.; VANACKER, J.M.; BOUCQUÉ, Ch.W., 1997. Prediction of the feeding value of maize silages by chemical parameters, in vitro digestibility and NIRS. *Anim. Feed Sci. Technol.*, **66**, 211-222.
- DEINUM, B.; STRUYK, P.C., 1988. Genetic variation and digestibility of forage maize (*Zea mays*, L.) and its estimation by near infrared reflectance spectroscopy (NIRS). En *Quality of silage maize, Digestibility and Zootechnical performance*, 1-20. Proc. Int. Sem. Center for Agricultural Research. Gembloux (Bélgica).
- FLORES, G.; GONZÁLEZ-ARRAEZ, A.; CASTRO, J.; CASTRO, P.; CARDELLE, M., 2002. Predicción de la digestibilidad *in vivo* de la materia orgánica de ensilajes de maíz a partir de su composición química y digestibilidad *in vitro*. En *Producción de pastos, forrajes y céspedes*, 407-412, Eds. C. CHOCARRO, F. SANTIVERI, R. FANLO, I. BOVET y J. LLOVERAS. Edicions de la Universitat. Lleida.
- FLORES, G.; GONZÁLEZ-ARRAEZ, A.; CASTRO, J.; CASTRO, P.; CARDELLE, M.; DÍAZ-VILLAMIL, L., 2003. Ecuaciones para la estimación de la digestibilidad *in vivo* de ensilajes de maíz: composición química y métodos *in vitro*. En *Pastos, desarrollo y conservación*, 303-309. Consejería de Agricultura y Pesca. Servicio de Publicaciones y Divulgación. Junta de Andalucía.
- MAPA, 1995. Método Oficial n° 34. BOE 2 marzo 1995
- MORENO-GONZÁLEZ, J.; CASTRO, P.; LOSADA, E.; LÓPEZ, A., 1993. Variabilidad y selección de genotipos de maíz forrajero para valor nutritivo utilizando el NIRS. En *Actas de la XXX Reunión Científica de la SEEP*, 161-168. Exema. Diputación Provincial. Ciudad Real.
- VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A., 1991. Symposium: Carbohydrate methodology, metabolism and nutritional implications in dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, **74**, 3583-3597.

Estimación de la composición química del guisante (*Pisum sativum* L.) y triticale (*x Triticosecale* Wittm.) mediante NIRS

B. FERNÁNDEZ-LORENZO, P. CASTRO, G. FLORES, A.G. ARRÁEZ y J. VALLADARES.

Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo (CIAM) Apdo. 10, 15080 A Coruña.

RESUMEN: Entre los ganaderos de vacuno de leche de Galicia existe una creciente demanda de información sobre cultivos forrajeros invernales alternativos al raigrás italiano en rotación anual. Uno de los cultivos propuestos es la asociación triticale - guisante forrajero. El conocimiento de su composición química, fundamental para evaluar su valor nutritivo, requiere el análisis de un gran número de muestras lo que ralentiza y encarece el proceso. El objetivo de este trabajo fue conocer la capacidad predictiva de las ecuaciones NIRS para estimar algunos de los parámetros de composición química de guisante forrajero (*Pisum sativum* L.), triticale (*x Triticosecale* Wittm.) y sus mezclas en cinco proporciones. Los parámetros estudiados fueron materia seca (MS), materia orgánica (MO), nitrógeno (N), fibra ácido detergente (FAD), fibra neutro detergente (FND), carbohidratos no estructurales (CNET), y solubles en agua (CSA). Las estimaciones más y menos exactas fueron las de N y CNET, respectivamente. Las ecuaciones obtenidas se consideran apropiadas para el análisis de guisante, triticale y sus mezclas, aunque la ampliación del grupo de calibración con nuevas muestras procedentes de otras localidades y años posteriores podrá mejorar la robustez y la exactitud de las estimaciones.

Palabras clave: ecuación, calibración, nitrógeno, fibra, carbohidratos.

Estimate of chemical composition of pea (Pisum sativum L.) and triticale (x Triticosecale Wittm.) by NIRS

SUMMARY: Among Galician dairy farmers exists an increasing demand for information about an alternative to Italian ryegrass as a winter crop. One of the alternatives proposed was the association triticale-forage pea. The study of its nutritive value requires the analysis of a great number of samples, which makes advisable to develop faster and reliable laboratory techniques. The aim of this work was to obtain NIRS calibration equations in forage pea, triticale and mixtures of forage pea-triticale, to estimate dry matter (DM), organic matter (OM), nitrogen (N), acid detergent fibre (ADF), neutral detergent fibre (NDF), total non-structural carbohydrates (TNSC), and water soluble carbohydrates (WSC). N and TNSC were the parameters estimated with higher and lower precision, respectively. The equations obtained are deemed suitable for routine analysis of forage pea, triticale and their mixtures, although it is necessary to add new samples to the calibration sets in order to increase calibrations robustness and accuracy.

Key words: equation, calibration, nitrogen, fibre, carbohydrates.

INTRODUCCIÓN

El proceso de intensificación de la producción forrajera en las explotaciones de leche gallegas ha llevado al uso generalizado de la rotación anual formada por maíz forrajero (*Zea mays* L.) como cultivo de verano y raigrás italiano (*Lolium multiflorum* L.) como cultivo invernal, aprovechado generalmente en un corte de invierno para alimentación en verde, y uno o dos cortes de primavera para alimentación en ensilado (Flores *et al.*, 2003). Sin embargo esta alternativa de invierno presenta inconvenientes como las dificultades para dar el primer corte de primavera, el encarecimiento de los gastos de cultivo en un sistema de tres cortes, y las pérdidas de valor proteico y posibilidades de encamado cuando se da un solo corte. Esto ha provocado, entre los ganaderos, una demanda creciente de información sobre cultivos forrajeros invernales alternativos al raigrás italiano. Entre los requerimientos que se piden a una nueva alternativa destaca la superación del valor nutritivo del raigrás italiano para la alimentación de vacas de leche, especialmente su contenido proteico.

Uno de los cultivos propuestos es la asociación triticale - guisante forrajero. En los ensayos preliminares llevados a cabo en el CIAM en 2002 se concluye que esta asociación permite obtener un ensilado de alta calidad, con un intervalo de fechas de aprovechamiento compatible con la siembra del maíz forrajero. Dichos

resultados justifican la realización posterior de estudios más detallados sobre el valor nutritivo de la asociación triticale - guisante y las variables que influyen en dicho valor nutritivo, como genotipo, estado de madurez o localidad (Flores *et al.*, 2003). Este estudio requiere el análisis de un gran número de muestras realizando varias determinaciones por muestra, lo que hace necesario buscar una técnica analítica más rápida y económica que las tradicionales por vía húmeda. El desarrollo, en los últimos años, de la técnica NIRS (near infrared reflectance spectroscopy) ha supuesto uno de los logros más significativos en la determinación del valor nutritivo de los forrajes. Las ventajas del uso de NIRS son su rapidez, el tratarse de una técnica no destructiva y el bajo coste de los análisis (Fahey *et al.*, 1999). El objetivo del presente trabajo fue la obtención de ecuaciones de calibración NIRS para el análisis de composición química en muestras de: (i) guisante forrajero; (ii) triticale; y (iii) mezclas de guisante forrajero - triticale en cinco proporciones de gramínea y leguminosa, estimando materia seca (MS), materia orgánica (MO), nitrógeno (N), fibra ácido detergente (FAD), fibra neutro detergente (FND), carbohidratos no estructurales (CNET), y carbohidratos solubles en agua (CSA).

MATERIAL Y MÉTODOS

Material vegetal

El material vegetal proviene de los ensayos de campo realizados en Mabegondo (zona atlántica de la provincia de A Coruña) durante las campañas 2001/2002 y 2002/2003. En la primera campaña se utilizaron 10 variedades comerciales de guisante forrajero y 11 de triticale, tal y como se describe en el trabajo de Flores *et al.* (2003), obteniéndose 120 muestras de guisante y 132 de triticale (Tabla 1).

En la segunda campaña se hizo un cultivo asociado de una variedad de guisante (cv Odalet) y otra de triticale (cv Senatrit) con cuatro repeticiones. Las plantas de cada repetición fueron recogidas en 10 fechas de corte con frecuencia semanal, siguiendo el mismo método que el año anterior. Tras su separación por especies en el laboratorio se obtuvieron finalmente 40 muestras de guisante y 40 de triticale. Para el conjunto de las 2 campañas el número total de muestras de guisante y triticale ascendió a 160 y 172, respectivamente (Tabla 1).

Las mezclas de guisante - triticale en tres proporciones (75%-25%, 50%-50%, y 25%-75%) se obtuvieron manualmente a partir de las muestras secas y molidas de guisante y triticale. El primer año se obtuvieron 252 mezclas combinando muestras de 10 variedades de guisante y ocho de triticale cortadas en la misma fecha. El segundo año se obtuvieron 120 mezclas de una variedad de guisante y otra de triticale de la misma parcela y cortadas en la misma fecha. En total se obtuvieron en las dos campañas 372 mezclas de guisante - triticale en las tres proporciones citadas. Considerando también las muestras puras de guisante y triticale se obtuvieron un total de 704 mezclas de guisante - triticale con cinco proporciones (100-0%; 75-25%; 50-50%; 25-75%; y 0-100%) (Tabla 1).

Tabla 1. Número de muestras recogidas de guisante y triticale, y de mezclas guisante-triticale obtenidas.

Campaña	Guisante	Triticale	Mezclas	Mezclas
			(75-25%; 50-50%; 25-75%)	(100-0%; 75-25%; 50-50%; 25-75%; 0-100%)
2001/2002	120	132	252	504
2002/2003	40	40	120	200
TOTAL	160	172	372	704

Análisis por vía húmeda

Únicamente se analizaron las muestras de guisante y las de triticale. Los resultados analíticos de las mezclas (guisante - triticale con tres proporciones 75%-25%, 50%-50%, y 25%-75%) se calcularon como la media ponderada de los valores de laboratorio de sus componentes respectivos.

La materia seca de las muestras se determinó con estufa de aire forzado a 80°C durante 16 horas. Posteriormente, las muestras se molieron en molino de martillos "Christy and Norris" con tamiz de 1mm. Sobre las muestras secas y molidas se determinaron MO en un analizador termogravimétrico LECO-MAC500 (a 100°C y 475°C), N por digestión Kjeldhal y determinación colorimétrica del ion NH₄⁺ en un Autoanalizador Bran+Luebbe, método n° G-188-97 Rev.2 (Bran+Luebbe, Analyser Division, Norderstedt, Germany), FAD y FND según Goering y Van Soest (1970), y CNET y CSA según Castro (2000). MS se expresó en % sobre materia fresca y el resto de parámetros en % sobre MS.

Análisis NIRS

Los pasos seguidos para el análisis NIR fueron:

- Lectura y registro de los espectros de reflectancia (log 1/R vs λ) de todas las muestras por duplicado (dos cargas por muestra y un espectro por carga) en un espectrofotómetro monocromador Foss NIRSystem 6500 (Foss NIRSystem, Inc., Silver Spring, Washington, USA), en cámara isoterma, con módulo alimentador giratorio y equipado con el programa WinISI II v. 1.50 (InfraSoft International, Port Matilda, PA, USA). Para las siguientes operaciones de calibración y validación se utilizó solamente la región NIR del espectro (1100 a 2500 nm).
- Selección al azar del 10% de las muestras reservándolas como grupo de validación.
- Selección, en el 90% restante, de las muestras representativas del grupo de calibración, para lo que se utilizó el algoritmo SELECT basado en el análisis por componentes principales.
- Obtención de las ecuaciones NIR mediante regresión MPLS (mínimos cuadrados parciales modificado) entre los datos espectrales y los de referencia. Los espectros fueron tratados previamente mediante SNV y De-trend (Barnes *et al.*, 1989) para corregir la línea base. Se probaron dos procedimientos matemáticos: primera y segunda derivada; utilizando en ambos casos seis grupos de validación cruzada. No se hizo eliminación de valores aberrantes, pero sí se les restó peso en los cálculos.
- La validación de todas las ecuaciones se realizó mediante regresión lineal entre los datos NIR y los de laboratorio de las muestras de validación.
- La mejor ecuación se seleccionó atendiendo a los valores más bajos de error estándar de validación cruzada (SECV) y error estándar de validación (SEP), y a los valores más elevados de los coeficientes de determinación en calibración (RSQ_c) y en validación (RSQ_v).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Guisante

Los datos de calibración y validación de las ecuaciones de guisante forrajero se resumen en la Tabla 2. Se utilizaron 61 muestras como grupo de calibración. La segunda derivada resultó la más adecuada para la esti-

Tabla 2. Valores de laboratorio, y estadísticos de calibración y validación para guisante.

	Valores de laboratorio			Estadísticos de calibración					Estadísticos de validación		
	TM	Media	SD	Nc	SEC	RSQ _c	SECV	SD/SECV	Np	SEP	RSQ _v
MS	2D	15,89	3,08	61	0,78	0,94	0,99	3,11	16	1,09	0,86
MO	2D	93,42	1,71	61	0,29	0,97	0,51	3,37	16	0,37	0,95
N	2D	2,85	0,62	61	0,16	0,93	0,20	3,11	16	0,21	0,80
FAD	2D	30,02	3,78	61	0,60	0,98	0,90	4,18	16	0,72	0,94
FND	1D	36,00	4,72	61	0,64	0,98	0,96	4,93	16	1,11	0,93
CNET	2D	22,01	6,18	61	2,21	0,87	2,65	2,33	16	2,98	0,67
CSA	2D	17,58	3,07	61	0,64	0,96	0,93	3,31	16	0,70	0,93

1D: primera derivada de los espectros. 2D: segunda derivada de los espectros. TM: tratamiento matemático. Nc y Np: número de muestras de calibración y validación, respectivamente. SD: desviación típica del grupo de calibración. SEC, SECV y SEP: errores estándar de calibración, validación cruzada, y validación, respectivamente. RSQ_c y RSQ_v: coeficientes de determinación en calibración y validación, respectivamente.

mación de todas las determinaciones excepto la de FND. Los coeficientes de determinación en calibración (RSQ_c) variaron entre 0,87 para CNET, y 0,98 para FAD y FND. Los errores estándar de calibración (SEC) fueron desde 0,16 para N hasta 2,21 para CNET. En la validación se utilizaron 16 muestras. Los errores estándar de validación (SEP) variaron entre un mínimo de 0,21 para N y un máximo de 2,98 para CNET.

Triticale

Los datos de calibración y validación de las ecuaciones de triticale se resumen en la Tabla 3. Para las calibraciones de triticale se utilizaron 51 muestras. El tratamiento matemático con la segunda derivada resultó ser más adecuado para todos los parámetros estudiados salvo MO y FAD. Los RSQ_c fueron elevados, con valores mínimo y máximo de 0,91 para CNET, y 0,98 para MS y FAD. Los SEC variaron desde 0,13 para N hasta 1,77 para CNET. El grupo de validación fue de 17 muestras. Los valores de SEP variaron entre 0,11 para N y 2,38 para CNET.

Tabla 3. Valores de laboratorio, y estadísticos de calibración y validación para triticale.

	Valores de laboratorio			Estadísticos de calibración					Estadísticos de validación		
	TM	Media	SD	Nc	SEC	RSQ_c	SECV	SD/SECV	Np	SEP	RSQ_v
MS	2D	23,71	6,19	51	0,81	0,98	1,21	5,11	17	1,15	0,96
MO	1D	94,07	1,86	51	0,30	0,97	0,40	4,67	17	0,34	0,97
N	2D	1,54	0,62	51	0,13	0,96	0,19	3,33	17	0,11	1,00
FAD	1D	33,99	4,57	51	0,69	0,98	1,64	2,78	17	0,67	0,98
FND	2D	56,66	5,24	51	1,48	0,92	1,84	2,84	17	1,05	0,95
CNET	2D	21,57	5,89	51	1,77	0,91	1,95	3,02	17	2,38	0,80
CSA	2D	20,32	5,83	51	1,19	0,96	1,50	3,90	17	1,09	0,93

1D: primera derivada de los espectros. 2D: segunda derivada de los espectros. TM: tratamiento matemático. Nc y Np: número de muestras de calibración y validación, respectivamente. SD: desviación típica del grupo de calibración. SEC, SECV, y SEP: errores estándar de calibración, validación cruzada, y validación, respectivamente. RSQ_c y RSQ_v : coeficientes de determinación en calibración y validación, respectivamente.

Mezclas guisante-triticale

Los estadísticos de calibración y validación de las ecuaciones de mezclas de guisante y triticale se resumen en la Tabla 4. Se utilizaron como grupo de calibración 125 muestras para CSA y 126 para el resto de los parámetros. Las ecuaciones obtenidas a partir de la segunda derivada permitieron obtener las estimaciones más exactas para los parámetros MS, MO, FAD, y FND. Para el resto fueron más exactas las obtenidas con la primera derivada. Los RSQ_c variaron entre 0,91 para CNET y 0,99 para MS y FND. Los valores del SEC variaron desde un mínimo de 0,13 para N hasta un máximo de 1,84 para CNET. En la validación se utilizaron 69 muestras. Los valores de SEP fueron desde un mínimo de 0,17 para N hasta un máximo de 1,95 para CNET.

Tabla 4. Valores de laboratorio, y estadísticos de calibración y validación para mezclas guisante + triticale.

	Valores de laboratorio			Estadísticos de calibración					Estadísticos de validación		
	TM	Media	SD	Nc	SEC	RSQ_c	SECV	SD/SECV	Np	SEP	RSQ_v
MS	2D	19,61	5,85	126	0,59	0,99	0,96	6,12	69	0,98	0,97
MO	2D	93,69	1,82	126	0,32	0,97	0,40	4,57	69	0,34	0,96
N	1D	2,23	0,86	126	0,13	0,98	0,17	5,16	69	0,17	0,95
FAD	2D	31,56	4,49	126	0,56	0,98	0,77	5,84	69	0,74	0,96
FND	2D	45,38	10,67	126	0,79	0,99	1,05	10,15	69	1,12	0,99
CNET	1D	22,18	6,21	126	1,84	0,91	2,13	2,91	69	1,95	0,86
CSA	1D	19,05	4,93	125	1,36	0,92	1,52	3,24	69	1,08	0,93

1D: primera derivada de los espectros. 2D: segunda derivada de los espectros. TM: tratamiento matemático. Nc y Np: número de muestras de calibración y validación, respectivamente. SD: desviación típica del grupo de calibración. SEC, SECV, y SEP: errores estándar de calibración, validación cruzada, y validación, respectivamente. RSQ_c y RSQ_v : coeficientes de determinación en calibración y validación, respectivamente.

No se han encontrado en la bibliografía trabajos similares para guisante forrajero ni mezclas específicas de triticale y guisante. Por lo que respecta al triticale, en el trabajo de Bruno-Soares *et al.* (1998) se obtuvieron ecuaciones de calibración multiproducto para 135 muestras de avena, cebada, triticale, trigo, raigrás y sorgo. En estas ecuaciones los valores de RSQ_c para ceniza, PB, FAD y FND fueron respectivamente: 0,90; 0,98; 0,96 y 0,97. Los valores de SEC fueron respectivamente: 0,72, 0,63, 1,43 y 1,41. En nuestras ecuaciones de triticale RSQ_c fue mayor para MO y SEC fue menor para MO y FAD. Para el resto resultaron algo peores.

Una forma de comparar la exactitud de ecuaciones obtenidas por diferentes autores es utilizar los valores de la relación SD/SECV, donde SD es la desviación estándar de los valores de laboratorio en las muestras de calibración. Según Park *et al.* (1998), valores de este cociente superiores a 2,5 y a 3 indican que la calibración es adecuada para análisis cualitativos y cuantitativos, respectivamente. En nuestro caso los valores de la relación SD/SECV varían entre 2,33 y 10,15.

Los resultados de las calibraciones NIRS de los tres productos estudiados han mostrado buenos coeficientes de determinación con valores de RSQ_c superiores a 0,90 excepto para CNET en guisante. Las predicciones NIRS más exactas fueron las de N, debido a la propia precisión del método de referencia y gran variabilidad de los datos de laboratorio. Las predicciones de los componentes de la pared celular (FAD y FND) y CSA fueron satisfactorias, con coeficientes de determinación altos y errores de calibración comparables e incluso menores que los de otros autores consultados (Bruno-Soares *et al.*, 1999; Campo *et al.*, 1999; Castro *et al.*, 2001). Las predicciones de CNET fueron aceptables, aunque resultaron las menos exactas, especialmente para guisante ($RSQ_c=0,87$ y $SECV=2,65$). Otros autores como Castro *et al.* (2001) obtuvieron estimaciones ligeramente menos exactas trabajando con silos de planta entera de maíz ($SECV=3,47$).

CONCLUSIONES

Los resultados muestran una alta correlación entre los valores estimados por NIRS y los valores obtenidos por vía húmeda, tanto en calibración como en validación. Las calibraciones NIRS son apropiadas para la predicción de los parámetros de composición química estudiados. La ampliación del grupo de calibración con más muestras procedentes de otras localidades y años posteriores podrá aumentar la robustez y la exactitud de las calibraciones.

BIBLIOGRAFÍA:

- BARNES, R.J.; DHANOA, M.S.; LISTER, S.J., 1989. Standard normal variate transformation and De-trending of Near-infrared Diffuse Reflectance Spectra. *Applied Spectroscopy*, **43**, 772-777.
- BRUNO-SOARES, A.; MURRAY, I.; PATERSON, R.M.; ABREU, J.M.F., 1998. Use of near infrared reflectance spectroscopy (NIRS) for the prediction of the chemical composition and nutritional attributes of green crop cereals. *Anim. Feed Science and Technology*, **75**, 15-25.
- CAMPO RAMÍREZ, L.; MORENO-GONZÁLEZ, J.; CASTRO, P., 1999. Determinación del valor nutritivo del maíz forrajero a distintas densidades de plantas mediante el NIRS. En *Actas de la XXXIX Reunión Científica de la SEEP*, 179-183. Ed. SEEP. Almería (España).
- CASTRO, P., 2000. Determinación de carbohidratos no estructurales en forrajes. En *III Reunión Ibérica de Pastos y Forrajes*, 447-453. Ed. Consellería de Agricultura, Gandería e Política Agroalimentaria. Santiago de Compostela (España).
- CASTRO, P.; FLORES, G.; GONZÁLEZ-ARRÁEZ, A.; CARDELLE, M., 2001. Predicción del valor nutritivo de ensilados de maíz mediante NIRS. En *XLI Reunión científica de la SEEP*, 407-411. Ed. Centro Iberoamericano de la Biodiversidad. Alicante (España).
- FAHEY, G.C. JR.; HUSSEIN, H.S., 1999. Forty Years of forage quality research: accomplishments and impact from an animal nutrition perspective. *Crop Science.*, **39**, 4-12.
- FLORES, G.; GONZÁLEZ-ARRÁEZ, A.; PIÑEIRO, J.; CASTRO, P.; DÍAZ-VILLAMIL, L.; VALLADARES, J., 2003. Composición química y digestibilidad in vitro del guisante forrajero (*Pisum sativum* L.) y Triticale (*x Triticosecale*

- Wittm.) como cultivos invernales en seis fechas de corte en primavera. En *Actas de la XLIII Reunión Científica de la SEEP*, 261-267. Ed. Junta de Andalucía. Granada (España).
- GOERING, H.; VAN SOEST, P., 1970. *Forage Fiber Analysis (Apparatus, Reagents, Procedures and some applications)*. U.S.D.A. Agriculture Handbook n°379, 20pp. EEUU.
- PARK, R.S.; AGNEW, R.E.; GORDON, F.J.; STEEN, R.W.J., 1998. The use of near infrared reflectance spectroscopy (NIRS) on undried samples of grass silage to predict chemical composition and digestibility parameters. *Animal Feed Science Technology*, 72, 155-167.

Variabilidad de parámetros de calidad y rendimiento del maíz forrajero en Galicia

G. FLORES, A. GONZALEZ-ARRAEZ, P. CASTRO, J. VALLADARES, M. CARDELLE, B. FERNANDEZ-LORENZO y L. DIAZ-VILLAMIL

Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo (CIAM) Apdo 10, 15080 A Coruña

RESUMEN: Se presentan en este trabajo resultados de la evaluación de nueve híbridos comerciales de maíz forrajero cultivados durante 2001 y 2002 en dos localidades gallegas y cosechados desde la semana sexta a la décima tras la floración femenina, a fin de evaluar el efecto de los factores ambientales, genotipo y estado de madurez sobre la variabilidad de la calidad y el rendimiento del cultivo. La composición química y digestibilidad de la planta entera (PE), parte verde (PV) y mazorca (MZ) fueron estimadas por NIRS. Los valores medios de digestibilidad de la materia orgánica fueron $74,0 \pm 2,3$; $60,6 \pm 3,9$ y $84,1 \pm 2,1\%$ y los del rendimiento de materia seca (MS) $18,4 \pm 3,9$; $8,2 \pm 2,2$ y $10,1 \pm 2,2$ t MS ha⁻¹ para PE, PV y MZ, respectivamente. La variabilidad debida a los factores ambientales sobre la calidad y el rendimiento fue superior a la del genotipo y el estado de madurez de la cosecha. Un porcentaje significativo de la variabilidad total de la digestibilidad y el rendimiento es debido al genotipo, lo que indica la importancia de considerar conjuntamente ambos factores en la elección de los híbridos para el cultivo.

Palabras clave: componentes de la varianza, valor nutritivo, ambiente, genotipo, madurez.

Variability in quality traits and yield of forage maize in Galicia

SUMMARY: With the objective of assessing the effect of environment, genotype and maturity stage on the variability of forage maize quality and yield, in 2001 and 2002 nine commercial hybrids were grown in two locations in Galicia (NW Spain) and harvested in the weeks six to ten from silking. Whole plant (PE), stover (PV) and ear (MZ) chemical composition and digestibility were estimated by NIRS. Mean values for digestibility and dry matter (MS) yield were 74.0 ± 2.3 ; 60.6 ± 3.9 and $84.1 \pm 2.1\%$; and 8.4 ± 3.9 ; 8.2 ± 2.2 y 10.1 ± 2.2 t MS ha⁻¹ for PE, PV and MZ, respectively. Environmental effects on the variability of forage quality traits and yield were of higher magnitude compared to genotype and maturity stage. Nevertheless, genotype still accounts for a significant percentage of total digestibility and yield variability, stressing the importance of considering both attributes when selecting a hybrid for forage maize production.

Key words: Variance components, nutritive value, environment, genotype, maturity.

INTRODUCCIÓN

El maíz forrajero es un cultivo de creciente importancia en las explotaciones ganaderas de Galicia debido, entre otros factores, a su elevado rendimiento, alta densidad energética y facilidad para ensilar correctamente. En general, hasta hace relativamente poco tiempo se ha venido asumiendo que los mejores híbridos para grano lo eran también para forraje. Sin embargo diversos trabajos (Hunt *et al.*, 1992) señalan una amplia variabilidad en la calidad del forraje obtenido con híbridos comerciales de similar contenido en grano. Cox *et al.*, (1994) indican que los híbridos de alto contenido en grano no están necesariamente asociados con alto rendimiento de materia seca. A pesar de que la mejora genética del maíz se ha dirigido fundamentalmente a aumentar su valor nutritivo y mejorar la productividad, existe poca información acerca de la variabilidad de la digestibilidad ente los híbridos comerciales (Moreno-González *et al.*, 2002), siendo de utilidad para mejoradores, técnicos y productores disponer de resultados acerca de la influencia de factores ambientales, genotípicos y el estado de madurez de la planta en la calidad nutritiva y rendimiento de la planta de maíz en las zonas de cultivo.

Con este objetivo se planteó en el CIAM un estudio de dos años de duración en el cual se evaluaron en dos localidades nueve híbridos comerciales cultivados para ensilado en Galicia y cosechados en cinco momentos

de madurez diferentes. En el presente trabajo se presentan resultados relativos a la cuantificación del efecto de dichos factores sobre la variabilidad de parámetros productivos y de calidad de la planta entera de maíz.

MATERIAL Y MÉTODOS

El ensayo se desarrolló en las fincas experimentales del CIAM sitas en los ayuntamientos de Abegondo (provincia de A Coruña, zona costera atlántica de Galicia, con suelos de textura franco-limoso y clima templado-húmedo, a 100 m de altitud, en seco) y Pobra de Brollón (provincia de Lugo, zona interior, con suelos de textura franco-arcillosa y clima continental, a 400 m de altitud, en regadío), en los años 2001 y 2002. Las variedades estudiadas fueron nueve híbridos comerciales, pertenecientes a los ciclos FAO 200 (cuatro genotipos), 300 (tres genotipos) y 400 (dos genotipos).

Dentro de cada localidad y año, el diseño elegido fue el de parcelas subdivididas (Split-plot), donde la parcela principal era la fecha de cosecha y la subparcela la variedad, con dos repeticiones. Los diferentes momentos de recolección para cada variedad fueron cinco, a intervalos semanales comenzando a partir de la sexta semana tras la floración femenina, hasta la décima semana. La siembra fue realizada entre la primera y la tercera semana de mayo para cada variedad en parcelas elementales de 12 líneas de 8,4 m de longitud separadas 80 cm y una densidad inicial de 120 000 plantas por ha. Fueron aplicados 350 kg ha⁻¹ del complejo 15-15-15 y 120 kg ha⁻¹ de nitrato amónico cálcico del 20,5% como abonados de fondo y cobertera, respectivamente, así como 6 L ha⁻¹ de un herbicida a base de metolacoloro + atrazina en preemergencia y 25 kg ha⁻¹ del insecticida clorpirifos contra gusanos del suelo.

En cada fecha de cosecha se recogieron al azar 30 plantas de las ocho líneas centrales de cada parcela elemental, cortándolas manualmente entre el segundo y tercer entrenudo, siendo separada la mazorca (MZ: grano+zuro) de la parte verde (PV: penacho+hojas+tallo+espatas) de cada planta y registrado el peso de la planta entera (PE) y las dos fracciones MZ y PV. Una vez picadas por separado en una trituradora de forrajes Viking, se tomó una alícuota de aproximadamente 500 g, en la que se determinó el contenido en materia seca (MS) mediante secado en estufa de aire forzado Unitherm, a 80 °C durante 16 h, y el contenido en materia orgánica (MO) en un analizador termogravimétrico LECO. Los contenidos en proteína bruta (PB) fibra ácido detergente (FAD) carbohidratos no estructurales (CNET) y carbohidratos solubles en agua (CSA), así como la digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica (IVDMO) de las fracciones MZ y PV se estimaron mediante NIRS, utilizando las calibraciones desarrolladas en el CIAM para mazorca y parte verde de maíz según lo descrito por Campo y Moreno-González (2003).

Para el análisis estadístico, realizado mediante ANOVA, se consideraron todos los factores como aleatorios, salvo la fecha de corte, que se consideró un factor fijo. El modelo utilizado fue

$$Y_{ijklm} = \mu + \alpha_i + \rho(\alpha)_{ij} + \lambda_k + \lambda\alpha_{ik} + \rho\lambda(\alpha)_{ijk} + \phi_l + \phi\lambda_{kl} + \phi\alpha_{il} + v_m + v\alpha_{im} + v\lambda_{lm} + v\phi_{lm} + \epsilon_{ijklm}$$

donde α , ρ , λ , ϕ y v representan los efectos de los factores Año, Repetición, Localidad, Corte y Variedad, respectivamente. Los procedimientos utilizados en el análisis fueron PROC GLM y PROC MIXED de SAS (SAS Institute Inc., 1999). Este último procedimiento permite calcular directamente los componentes de la varianza de cada variable dependiente estudiada debido a los diferentes factores incluidos en el modelo. En los análisis relativos al rendimiento se utilizó la densidad final de cada parcela elemental como covariable.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 se muestran los valores de temperatura media y de precipitación mensual registrados en las dos localidades durante los dos años de estudio, promediados para los meses de mayo-junio, julio-agosto y septiembre-octubre. El año 2002 resultó más fresco y lluvioso en los meses de mayo y junio comparado con el anterior. Como resultado, las fechas medias de floración de las variedades fueron el 21/7 y 3/8 en 2001, y el 30/7 y 15/8 en 2002, para las localidades de Mabegondo y Pobra de Brollón, respectivamente.

Tabla 1. Temperatura media diaria y precipitación mensual durante el ensayo

	Temperatura media diaria, °C			Precipitación mensual, mm		
	Media ¹	2001	2002	Media ¹	2001	2002
Loc: Mabegondo						
Mayo a Junio	15,6	15,6	14,9	63,9	55,5	93,4
Julio a Agosto	19,1	18,8	17,9	29,2	61,3	22,95
Septiembre a Octubre	15,6	15,8	16,7	94,3	95,0	141,9
Loc: Pobra de Brollón						
Mayo a Junio	16,3	18,0	15,3	72,1	37,3	66,1
Julio a Agosto	20,5	20,7	18,9	32,2	55,4	5,65
Septiembre a Octubre	16,0	16,7	16,3	89,0	54,4	114,7

¹ Medias de 24 y 36 años en las localidades de Mabegondo y Pobra de Brollón, respectivamente

La densidad media del cultivo fue de 91,2 (rango 59,4 a 109,3) mil plantas ha⁻¹, reflejo de las diferentes condiciones de medio a lo largo del ensayo. El intervalo medio entre la siembra y la cosecha fue de 134 (rango 105 a 162) días.

Valores medios de composición química, digestibilidad y rendimiento

En la Tabla 2 se reflejan los valores medios de composición química, digestibilidad y rendimiento de la planta entera de maíz (PE) y las fracciones parte verde (PV) y mazorca (MZ) para el conjunto de la muestra.

Tabla 2. Valores medios de composición química, digestibilidad y rendimiento de la planta entera de maíz y las fracciones parte verde y mazorca considerando todas las variedades, estados de madurez y ambientes (n=360)

Variable	Fracción	Media	s.d.	c.v.	Máximo	Mínimo
Materia Seca (%)	PE	33,31	5,10	15,32	48,62	22,33
	PV	22,99	3,41	14,83	35,48	16,01
	MZ	52,40	6,12	11,68	67,95	37,04
Materia Orgánica (%MS)	PE	96,59	0,50	0,52	98,38	94,39
	PV	93,99	0,73	0,78	97,25	91,85
	MZ	98,24	0,60	0,61	99,88	97,04
Proteína Bruta (%MS)	PE	6,09	0,72	11,79	7,73	4,04
	PV	5,02	1,04	20,69	8,03	2,53
	MZ	6,95	0,79	11,31	9,17	5,05
Fibra Ácido Detergente (%MS)	PE	22,92	2,21	9,64	29,09	18,03
	PV	40,45	2,91	7,20	49,88	30,99
	MZ	8,98	1,29	14,33	12,92	6,25
Carbohidratos no Estructurales (%MS)	PE	45,82	4,93	10,76	59,15	32,13
	PV	14,50	4,09	28,22	27,33	5,20
	MZ	70,57	5,49	7,78	86,74	50,96
Carbohidratos Solubles en Agua (%MS)	PE	11,73	2,47	21,02	20,75	6,59
	PV	14,50	4,09	28,22	27,33	5,20
	MZ	9,35	1,54	16,44	13,39	5,70
Almidón (%MS)	PE	34,09	6,24	18,30	49,69	16,79
Digestibilidad de la materia orgánica in vitro (%)	PE	74,00	2,32	3,13	79,36	67,65
	PV	60,63	3,97	6,54	70,39	46,90
	MZ	84,13	2,11	2,51	88,78	76,35
Producción de materia seca (t MS ha ⁻¹)	PE	18,44	3,93	21,34	30,86	9,54
	PV	8,28	2,24	27,03	16,08	3,49
	MZ	10,16	2,28	22,43	16,61	5,35
Producción de MS debida a la mazorca (%)		55,35	6,26	11,31	68,32	38,96
Producción de materia orgánica digestible (t MOD ha ⁻¹)	PE	13,15	2,70	20,55	20,84	7,04
	PV	4,71	1,28	27,28	8,43	2,11
	MZ	8,40	1,92	22,80	13,49	4,43
Producción de MOD debida a la mazorca (%)		63,94	6,55	10,24	76,82	44,74

PE: planta entera; PV: parte verde; MZ: mazorca; s.d.: desviación estándar; c.v.: coeficiente de variación

Para la planta entera, considerando todas las variedades, estados de madurez y ambientes, el contenido en materia seca osciló entre 22,3 y 48,6%, mientras que los valores de MO, PB, FAD, CNET, CSA y almidón (medido como diferencia entre CNET y CSA) oscilaron entre 94,3 y 98,3; 4,0 y 7,7; 18,0 y 29,0; 32,1 y 59,1; 6,5 y 20,7; 16,7 y 49,6 %MS, respectivamente. De entre los parámetros de composición química, el contenido en materia orgánica fue el menos variable (c.v. <1%), mientras que la mayor variabilidad se encontró para el contenido en carbohidratos solubles de la parte verde y carbohidratos solubles y almidón de la planta entera (c.v.: 28,2; 21,0 y 18,3 %, respectivamente), reflejando las diferencias atribuibles a los distintos ambientes y genotipos, y los distintos estados de madurez de la planta debido al proceso de traslocación de azúcares de la parte verde a la mazorca con incremento de edad de la planta. Los valores medios de digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica (IVDMO, %) de la planta entera, parte verde y mazorca fueron 74,0; 60,6 y 84,1, respectivamente. Se destaca la escasa variabilidad de la digestibilidad de la mazorca comparada con la de la parte verde (c.v. 2,5 y 6,5%, respectivamente). El rendimiento medio en materia seca del cultivo fue de 18,4 t ha⁻¹ (c.v. 3,93), mostrando como era de esperar un amplio rango de variación, de 9,5 a 30,8 t MS ha⁻¹. De esta producción, 8,3 t correspondieron a la parte verde y 10,1 t a la fracción mazorca, la que representó un 55,3% (rango 38,9 a 68,3%) de la producción media total de MS del cultivo. El valor medio del rendimiento en materia orgánica digestible (MOD) ascendió a 13,1 (rango 7,0 a 20,8) t MOD ha⁻¹, a la cual la fracción mazorca contribuyó con un 63,9% de media, oscilando esta aportación entre 44,7 y 76,8%.

Componentes de la varianza

En la Tabla 3 se muestra la estructura de los tests *F* realizados en el ANOVA para analizar la significación de los diferentes efectos incluidos en el modelo. Se llama la atención acerca del hecho de que los factores año y localidad únicamente cuentan con un grado de libertad en el denominador, lo que es causa de la no significación del test *F* a pesar de su importante contribución a la varianza total para algunos parámetros de calidad y rendimiento.

Tabla 3. Grados de libertad y estructura de los test *F* del ANOVA para las distintas fuentes de variación incluidas en el modelo

Fuente de Variación	g.l.	Denominador del test <i>F</i> en el ANOVA	g.l.
Año	1	CM(Rep(Año)) + CM(Año*Localidad) - CM(Localidad*Rep(Año)) + CM(Año*Corte) + CM(Año*Variedad) - 2*CM(Error)	1
Rep(Año)	2	CM(Localidad*Rep(Año))	2
Localidad	1	CM(Año*Localidad) + CM(Localidad*Corte) + CM(Localidad*Variedad) - 2*CM(Error)	1
Año*Localidad	1	CM(Localidad*Rep(Año))	2
Localidad*Rep(Año)	2	CM(Error)	284
Localidad*Corte	4	CM(Error)	284
Año*Corte	4	CM(Error)	284
Año*Variedad	8	CM(Error)	284
Localidad*Variedad	8	CM(Error)	284
Corte*Variedad	32	CM(Error)	284
Corte	4	CM(Localidad*Corte) + CM(Año*Corte) + CM(Corte*Variedad) - 2*CM(Error)	7
Variedad	8	CM(Año*Variedad) + CM(Localidad*Variedad) + CM(Corte*Variedad) - 2*CM(Error)	14

CM: cuadrado medio; g.l.: grados de libertad

En la Tabla 4 se muestran los componentes de la varianza de los contenidos en proteína, fibra ácido detergente, almidón, digestibilidad de la materia orgánica y rendimiento de la planta de maíz, expresados en porcentaje sobre la varianza total de cada parámetro, considerando en este caso el factor corte como aleatorio.

Los factores ambientales (año, localidad y sus interacciones) aportaron la mayor parte de la variabilidad en los parámetros de calidad y rendimiento siguientes: PB de planta entera y parte verde (41,3 y 33,8 %, respectivamente); FAD de planta entera (33,0%); digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica de planta

Tabla 4. Componentes de la varianza (expresadas en porcentaje de la varianza total) de diversos parámetros de calidad y rendimiento de la planta de maíz

Fuente de Variación	Proteína Bruta (%MS)			Fibra Ácido Detergente (%MS)			Almidón (%MS)	Digestibilidad de la materia orgánica <i>in vitro</i> (%)			Producción (t ha ⁻¹)	
	PE	PV	MZ	PE	PV	MZ	PE	PE	PV	MZ	MS	MOD
											PE	PE
Año	0,0	2,1	1,1	0,0	0,0	20,9	0,0	27,3	0,0	5,3	0,0	0,0
Rep(Año)	0,0	2,8	0,8	2,3	0,5	0,4	1,4	1,1	0,4	1,1	0,0	0,0
Localidad	21,8*	18,9*	3,2*	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	20,9	24,1
Año*Localidad	0,0	0,0	0,0	28,8**	9,6***	6,0	2,2	16,6*	26,3***	24,0***	15,8	9,2
Localidad*Rep(Año)	19,4***	9,8***	17,7***	1,7**	0,0	1,0*	1,1**	1,6*	0,0	0,0	8,3***	8,2***
Corte	0,0	9,9*	0,4	24,4***	19,9*	33,9**	67,1***	0,6	20,6*	0,0	6,8	9,5*
Localidad*Corte	0,0	0,0	0,0	0,0	4,1***	0,0	1,2**	1,1*	2,0*	4,3***	1,5**	1,3*
Año*Corte	1,2**	1,5*	1,2**	0,2	1,0	1,5**	0,0	0,9*	0,4*	4,6***	2,1**	2,1**
Variedad	25,0**	13,4*	44,9**	23,2***	24,3**	7,1*	4,9	26,0***	13,9***	14,4	20,6**	18,3**
Año*Variedad	3,3***	6,5***	3,4***	1,8***	3,6***	2,7***	5,7***	1,7	3,7**	0,0	3,1***	3,4***
Localidad*Variedad	8,8***	4,6***	9,4***	0,9*	3,9	1,5*	2,4***	2,4***	5,7***	13,1***	0,6	1,1*
Corte*Variedad	0,0	0,0	0,6	0,7	0,0	2,3**	0,7	0,5	0,0	1,4	0,0	0,0
Residuo	20,2	30,0	16,6	15,5	32,7	22,2	13,2	19,6	26,7	31,5	20,0	22,4
Varianza total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

MS: materia seca; MOD: materia orgánica digestible; PE: planta entera; PV: parte verde; MZ: mazorca; Significación del test F en el ANOVA: * p<0,05; ** p<0,01; *** p<0,001

entera, parte verde y mazorca (46,9; 26,8 y 30,5 %, respectivamente) y rendimiento de planta entera y parte verde (45,0 y 48,9 % para t ha⁻¹ MS y 41,6 y 40,8% para t ha⁻¹ MOD, respectivamente). El genotipo aportó el mayor porcentaje de variabilidad del contenido en PB de la mazorca (45,0%) y FAD en la parte verde (24,3%), siendo de mencionar su contribución a la varianza de PB, FAD y digestibilidad de planta entera (25,0; 23,3 y 26,0%, respectivamente), así como al rendimiento de planta entera y parte verde (20,6 y 25,4 % para t ha⁻¹ MS y 18,4 y 24,4% para t ha⁻¹ MOD, respectivamente). Por su parte, el estado de madurez de la planta (corte) fue responsable de la mayor parte de variabilidad para el contenido en almidón de la planta entera (67,1%), FAD de mazorca (34,0%) y rendimiento de la fracción mazorca -no mostrado en la Tabla 4- (43,1 % para t ha⁻¹ MS y 43,0 % para t ha⁻¹ MOD, respectivamente). La interacción genotipo x ambiente contribuyó significativamente a la varianza de prácticamente todos los parámetros de calidad y rendimiento analizados, si bien dicha aportación fue cuantitativamente inferior a la descrita para los factores anteriormente citados. La contribución de la interacción corte x variedad a la varianza total fue prácticamente despreciable para todos los parámetros estudiados, evidenciando un comportamiento semejante de los diversos genotipos con el avance de la madurez de la planta. En general, los resultados obtenidos en el presente ensayo concuerdan con lo observado por diversos autores, entre ellos Aufrère *et al.*, (1992), quienes destacan la importancia de los factores año y localidad sobre la calidad de la planta de maíz, comparada con la variación existente entre diferentes genotipos y la debida a la fecha de cosecha dentro de una determinada variedad, así como los de Carter *et al.* (1992) quienes, en evaluaciones de híbridos comerciales muestran la existencia de interacciones significativas genotipo por ambiente.

CONCLUSIONES

Los resultados ponen de manifiesto que los factores ambientales (localidad y año) ejercen una fuerte influencia en la mayor parte de los parámetros de composición química, digestibilidad y rendimiento de la planta de maíz, superior a la del genotipo y el estado de madurez de la cosecha entre las semanas seis a diez tras la floración femenina. Esto, unido a la existencia de interacciones significativas genotipo x ambiente pone de manifiesto la necesidad de realizar las evaluaciones del material vegetal en diferentes localidades y dife-

rentes años. Por otra parte, la existencia de un porcentaje significativo de la variabilidad total debida al genotipo para el rendimiento y digestibilidad de la planta indica la importancia de considerar conjuntamente ambos factores en la elección de los híbridos para el cultivo.

AGRADECIMIENTOS

Trabajo realizado dentro del Proyecto PGIDT 50302PR de la Xunta de Galicia.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AUPRÈRE, J.; GRAVIOU, D.; DEMARQUILLY, C.; ANDRIEU, J.; EMILE, J.; GIOVANNI, R.; MAUPETIT, P., 1992. Estimation of organic matter digestibility of whole maize plants by laboratory methods. *Animal Feed Science and Technology*, **36**, 187-204.
- CAMPO, L.; MORENO GONZÁLEZ, J., 2003. Evaluación del rendimiento, digestibilidad y otros caracteres de maíz forrajero en diferentes fechas de recolección. En *Actas de la LXIII Reunión Científica de la SEEP*, 277-283.
- COX, W.; CHERNEY, J.; CHERNEY, D.J.; PARDEE, W., 1994. Forage quality and harvest index of corn hybrids under different growing conditions. *Agronomy Journal*, **86**, 277-282.
- CARTER, P.; COORS, J.; UNDERSANDER, D.; ALBRECHT, K.; SHAVER, R., 1992. Corn hybrids for silage: an update. En *Proceedings of the Annual Corn and Sorghum Research Conference*, 141-164. Ed: D. WILKINSON. American Seeds Trade Assoc. Chicago (EEUU).
- HUNT, C.W.; KEZAR, W.; VINANDE, R., 1992. Yield, chemical composition and ruminal fermentability of corn whole plant, ear and stover as affected by hybrid. *Journal Production of Agriculture*, **2**, 357-361.
- MORENO GONZÁLEZ, J.; BRICHETTE MIEG, I.; LOPEZ, A.; ALONSO, R.C., 2002. Parámetros genéticos del rendimiento, digestibilidad y otros caracteres del maíz (*Zea mays* L.) forrajero. En *Actas de la LXII Reunión Científica de la SEEP*, 413-418.
- SAS INSTITUTE, 1999. SAS/Stat User's Guide, V. 8, SAS Institute Inc., Cary, NC (EEUU).

Efecto de la fecha de recolección sobre la calidad y rendimiento de la planta de maíz forrajero en Galicia

G. FLORES, A. GONZALEZ-ARRAEZ, P. CASTRO, J. VALLADARES, M. CARDELLE; B. FERNANDEZ-LORENZO y L. DÍAZ-VILLAMIL

Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo (CIAM) Apdo 10, 15080 A Coruña

RESUMEN: El objetivo del presente trabajo fué estudiar el momento óptimo de corte de la planta de maíz para ensilar, utilizando el tiempo transcurrido desde la floración femenina como criterio objetivo de manejo. El ensayo se realizó en 2001 y 2002 en dos localidades gallegas, evaluando nueve variedades comerciales cosechadas en las semanas (S) sexta a décima tras la floración femenina. El contenido en materia seca de la planta entera (MS) se incrementó linealmente de 28,0 a 38,5% entre S6 y S10, mientras que el rendimiento de MS no aumentó significativamente a partir de la semana octava o novena, dependiendo del año y localidad, variando entre 16,7 a 19,5 t MS ha⁻¹ para S6 y S10, respectivamente. La digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica de la planta entera varió de 73,3 (S6) a 74,0 % (S10), con un valor máximo de 74,3 % en la semana octava. Se concluye que el momento más adecuado de recolección se situó entre las semanas octava y novena tras la floración femenina (contenido medio de MS de la planta entre 33,3 y 35,9 % y estado de madurez del grano entre 1/3 y 3/4 de la "línea de leche").

Palabras clave: madurez, momento de corte, floración femenina, digestibilidad, producción.

Effect of harvest date on forage yield and quality of maize plant in Galicia

SUMMARY: With the objective of assessing the optimal harvest date of forage maize in Galicia (NW Spain) conditions, in 2001 and 2002 nine commercial hybrids were grown in two galician farms and harvested in the weeks (S) six to ten from silking. Whole plant dry matter (MS) content increased linearly from 28.0 (S6) to 38.5% (S10), whilst MS yield, which varied from 6.7 to 19.5 t MS ha⁻¹ did not increase significantly from week eight or nine onwards, depending on year and site. *In vitro* organic matter digestibility of the whole plant in S6 and S10 cuts was 73.3 and 74.0%, respectively, with a maximum value of 74.3% in week eight. It is concluded that optimum harvest period was situated from weeks eight to nine from silking, with MS content between 33.3 and 35.9% and kernel maturity stage from ? to ? milk line.

Key words: maturity stage, silking, digestibility, production.

INTRODUCCIÓN

La dependencia del ensilaje de maíz forrajero en la alimentación del ganado en las explotaciones lecheras gallegas se ha incrementado de forma importante en los últimos años, en particular para las ganaderías de mayor dimensión. Para los productores de vacuno de una determinada zona, las decisiones sobre la elección de las variedades y el momento de cosecha constituyen importantes consideraciones de manejo. Diversos autores han descrito las variaciones de la composición química y digestibilidad con la madurez de la planta de maíz cosechada para ensilar, relacionándolas con el rendimiento obtenido, y derivando recomendaciones acerca del momento óptimo de cosecha en función de determinados criterios, como el contenido en materia seca de la planta (por ejemplo Daccord et al., 1996), el estado de madurez del grano indicado por la evolución de la "línea de leche" (Wiersma et al., 1993) o la acumulación de unidades térmicas de crecimiento (Darby y Lauer, 2002). A este respecto Campo y Moreno-González, (2003) concluyen, como resultado de un ensayo de un año de duración realizado en una localidad gallega con diferentes variedades, que la novena semana tras la floración femenina sería el momento óptimo de cosecha. Flores *et al.*, (2004) señalan la homogeneidad del comportamiento de diferentes genotipos con la madurez de la planta, indicando la necesidad de documentar con mayor precisión los cambios estacionales de la calidad de la planta entera de maíz y de sus fracciones (mazorca y parte verde) en diferentes ambientes.

En el presente trabajo se presentan resultados de un estudio de dos años de duración, en el cual se evaluaron nueve híbridos comerciales cultivados en dos localidades y cosechados en cinco momentos de madurez dife-

rentes, relativos al efecto de la fecha de recolección sobre la evolución de la composición química, digestibilidad y producción de la planta de maíz.

MATERIAL Y MÉTODOS

El ensayo se desarrolló en las fincas experimentales del CIAM sitas en los ayuntamientos de Abegondo (provincia de A Coruña, zona costera atlántica de Galicia, con suelos de textura franco-limosa y clima templado-húmedo, a 100 m de altitud, en secano) y Pobra de Brollón (provincia de Lugo, zona interior, con suelos de textura franco-arcillosa y clima continental, a 400 m de altitud, en regadío), en los años 2001 y 2002. Las variedades estudiadas fueron nueve híbridos comerciales, pertenecientes a los ciclos FAO 200 (cuatro genotipos), 300 (tres genotipos) y 400 (dos genotipos). Dentro de cada localidad y año, el diseño elegido fue el de parcelas subdivididas (Split-plot), donde la parcela principal era la fecha de cosecha y la subparcela la variedad, con dos repeticiones. Cada variedad se cosechó en cinco estados de madurez, desde la sexta semana tras la floración femenina hasta la décima, a intervalos semanales (momentos de corte S6 a S10). Las labores de siembra y tratamientos del cultivo, así como la metodología de muestreo y fraccionamiento de planta entera (PE) en mazorca (MZ) y parte verde (PV) se realizó según lo descrito por Flores *et al.*, (2004). Los contenidos en materia seca (MS) y materia orgánica (MO) de las muestras se determinaron por métodos de referencia (MS por secado en estufa Unitherm, a 80 °C durante 16 h y MO en un analizador termogravimétrico LECO). Los restantes parámetros de composición química (proteína bruta, PB; fibra ácido detergente, FAD; carbohidratos no estructurales, CNET; carbohidratos solubles en agua, CSA), así como la digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica (IVDMO) se estimaron mediante NIRS, utilizando las calibraciones desarrolladas en el CIAM para mazorca y parte verde de maíz según lo descrito por Campo y Moreno-González (2003).

El análisis estadístico se realizó mediante ANOVA, considerándose todos los factores como aleatorios, salvo la fecha de corte, que se consideró un factor fijo. El modelo utilizado fue

$$Y_{ijklm} = \mu + \alpha_i + \rho(\alpha)_{ij} + \lambda_k + \lambda\alpha_{ik} + \rho\lambda(\alpha)_{ijk} + \phi_l + \phi\lambda_{kl} + \phi\alpha_{il} + \nu_m + \nu\alpha_{im} + \nu\lambda_{km} + \nu\phi_{lm} + \epsilon_{ijklm}$$

donde α , ρ , λ , ϕ y ν representan los efectos de los factores Año, Repetición, Localidad, Corte y Variedad, respectivamente. El procedimiento utilizado en el análisis fue PROC GLM de SAS (SAS Institute Inc., 1999). La separación de medias para las diferentes fechas de corte se realizó mediante tests LSD cuando se obtenía un test F significativo ($p < 0,5$) en el ANOVA. Las medias relativas al rendimiento en materia seca fueron ajustadas utilizando la densidad final de cada parcela elemental como covariable.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El año 2002 resultó más fresco y lluvioso en los meses de mayo y junio comparado con el anterior, lo que se tradujo en un retraso de aproximadamente 11 días para la fecha media de la floración femenina de las variedades ensayadas respecto de los valores observados en 2001, como media de las dos localidades. La densidad media del cultivo fue de 91,2 (rango 59,4 a 109,3) mil plantas ha^{-1} , reflejo de las diferentes condiciones de medio a lo largo del ensayo. El intervalo medio entre la siembra y la cosecha fue de 134 (rango 105 a 162) días, correspondiendo un valor de unidades térmicas de crecimiento (UTC: promedio de las temperaturas máximas y mínimas diarias menos seis grados, acumulado en el período siembra-cosecha, con umbral máximo diario de treinta grados y mínimo de seis) de 1620 (rango 2006 a 1328) grados. En la Tabla 1 se muestran los valores medios obtenidos en el ensayo, para cada momento de corte, de las UTC, días de cultivo y estado de madurez del grano, medido a través de la posición de la "línea de leche".

Los valores medios de composición química, digestibilidad y rendimiento de la planta entera de maíz y las fracciones parte verde y mazorca, promediados para todos los ambientes, genotipos y fechas de recolección se muestran en la Tabla 2.

En la Tabla 3 se muestra la estructura de los tests *F* realizados en el ANOVA para analizar la significación del efecto momento de corte (semanas tras la floración femenina), único factor fijo considerado en el modelo

Tabla 1. Valores medios (y desviación estándar) de unidades térmicas de crecimiento, días de cultivo y posición de la línea de leche del grano en cada momento de cosecha (semanas seis a 10 tras la floración femenina)

Semana	UTC ¹	Días transcurridos		Posición de la línea de leche ²	
		Floración-Cosecha	Siembra-Cosecha	Media	Rango
6	1467 (103)	41,9 (2,1)	120,2 (7,6)	1/8	0 a 1/4
7	1546 (109)	48,8 (2,2)	127,1 (7,7)	1/4	1/4 a 3/8
8	1623 (109)	55,8 (2,3)	134,1 (7,8)	1/2	3/8 a 5/8
9	1698 (107)	63,0 (2,3)	141,3 (7,8)	3/4	5/8 a 3/4
10	1767 (107)	70,1 (2,2)	148,3 (7,6)	7/8	3/4 a madurez

¹ Unidades térmicas de crecimiento, °C, base 6 grados

² medida en el recorrido desde el extremo distal del grano hasta el punto de inserción de éste con el zuro

Tabla 2. Valores medios (y desviación estándar) de composición química, digestibilidad y rendimiento de la planta entera de maíz y de las fracciones parte verde y mazorca.

	MS (%)	PB (%MS)	FAD (%MS)	CNET (%MS)	CSA (%MS)	ALMIDON (%MS)	IVDMO (%)	Producción	
								t MS ha ⁻¹	t MOD ha ⁻¹
Planta Entera	33,31 (5,1)	6,09 (0,72)	22,92 (2,2)	45,82 (4,93)	11,73 (2,4)	34,09 (6,2)	74,00 (2,3)	18,44 (3,9)	13,15 (2,7)
Parte Verde	22,99 (3,4)	5,02 (1,0)	40,45 (2,9)	14,50 (4,0)	14,50 (4,0)	-	60,63 (3,9)	8,28 (2,2)	4,71 (1,2)
Mazorca	52,40 (6,1)	6,95 (0,7)	8,98 (1,2)	70,57 (5,4)	9,35 (1,5)	-	84,13 (2,1)	10,16 (2,2)	8,4 (1,9)

MS: Materia Seca; PB: Proteína Bruta; FAD: Fibra Ácido Detergente; CNET: Carbohidratos no Estructurales; CSA: Carbohidratos Solubles en Agua ; ALMIDON: diferencia entre CNET y CSA; IVDMO: Digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica(%); MOD: Materia orgánica digestible

Tabla 3. Grados de libertad y estructura de los test F del ANOVA para los efectos que incluyen el estado de madurez (fecha de cosecha) en el modelo

Fuente de Variación	g.l.	Denominador del test F en el ANOVA	g.l.
Corte	4	CM(Localidad*Corte) + CM(Año*Corte) + CM(Corte*Variedad) - 2*CM(Error)	7
Localidad*Corte	4	CM(Error)	284
Año*Corte	4	CM(Error)	284
Corte*Variedad	32	CM(Error)	284

CM: cuadrado medio; g.l.: grados de libertad

utilizado en el análisis, y sus interacciones, para las variables dependientes contenido en materia seca, almidón, digestibilidad de la materia orgánica *in vitro* y rendimiento de materia seca.

Como se observa en la Tabla 4, donde se muestran los valores medios por fecha de corte, el avance hacia la madurez incrementó significativamente el contenido en materia seca de la planta entera, parte verde y mazorca y la concentración de almidón en la planta entera entre las semanas sexta y décima (S6 a S10) tras la floración femenina. La tendencia observada en el aumento del contenido en MS de la planta entera es prácticamente lineal, mientras que la tasa de acumulación de almidón tendió a ralentizarse a partir de la octava semana. La digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica de la planta entera y mazorca no se vio afectada significativamente por la madurez de la planta en el período considerado, si bien se observó una tendencia a aumentar ligeramente hasta la octava semana para descender posteriormente (valores de 73,3; 74,3 y 74,0 % para PE; 83,6; 84,7 y 83,8 % para MZ en los cortes S6, S8 y S10, respectivamente). La digestibilidad de la parte verde se redujo significativamente, de forma prácticamente lineal, entre la semana sexta y décima, con valores de 63,3 y 58,3 % entre ambos aprovechamientos. La constancia de la digestibilidad de la planta entera, a pesar de este descenso, se explica por el incremento (p=0,0007) de la contribución de la fracción mazorca al peso seco total de la planta, que era del 48,3% en la sexta semana y del 60,4% en la décima.

Tabla 4. Efecto de la fecha de cosecha (semanas tras la floración femenina) sobre el contenido en materia seca, digestibilidad in vitro, rendimiento de la planta entera (PE), parte verde (PV) y mazorca (MZ) de maíz y contenido de almidón de la planta entera

Semana	MS			IVDMO			Producción (t MS ha ⁻¹)			Almidón PE
	PE	PV	MZ	PE	PV	MZ	PE	PV	MZ	
6	28,03	20,90	44,52	73,36	63,30	83,62	16,76	8,74	8,02	25,90
7	30,68	21,53	49,08	74,03	61,87	84,10	17,86	8,39	9,47	31,37
8	33,32	22,73	52,79	74,34	60,39	84,70	18,72	8,29	10,43	35,44
9	35,96	24,18	56,37	74,23	59,30	84,40	19,36	8,19	11,16	37,70
10	38,59	25,63	59,25	74,03	58,30	83,85	19,51	7,80	11,71	40,05
p test F	<0,0001	0,0037	<0,0001	ns	0,012	ns	ns	ns	0,001	0,0009
d.m.s. _{0,05}	1,89	2,47	1,48	-	2,56	-	-	-	1,13	3,52

MS: Materia Seca (%); Almidón (en %MS); IVDMO: Digestibilidad in vitro de la materia orgánica(%)

p: significación del test F en el ANOVA; ns: no significativo (p>0,05)

d.m.s._{0,05}: diferencia mínima significativa entre valores de la misma columna (p<0,05).

El rendimiento de materia seca de la planta entera y de la mazorca se incrementó con la madurez de la planta, siendo observada una tendencia cuadrática que sólo se manifestó de forma significativa para la fracción mazorca (p=0,001). Los valores medios de producción para las semanas sexta y décima, en t MS ha⁻¹, fueron de 16,7 y 19,5; 8,0 y 11,7 para PE y MZ, respectivamente. Las tasas de acumulación de materia seca para los cuatro períodos semanales comprendidos entre los cortes S6 y S10, en t MS ha⁻¹ semana⁻¹, fueron de 1,1; 0,9; 0,6 y 0,1 para la planta entera y de 1,4; 1,0; 0,7 y 0,6 para la mazorca. El rendimiento de la parte verde tendió a disminuir a lo largo de dicho período, aunque de forma no significativa.

La máxima diferencia de digestibilidad entre variedades para la media de todos los cortes y ambientes ascendió (p<0,0003) a 3,8 unidades porcentuales (5,1% de la media), oscilando entre 3,6 y 4,4 para los diferentes ambientes. Por su parte, para la variable rendimiento la máxima diferencia entre variedades (p=0,002) fue de 4,5 t MS ha⁻¹ (24,4% de la media), oscilando entre 4,0 y 7,0 t para los diferentes ambientes.

No se detectaron interacciones significativas corte x genotipo para el contenido en almidón, digestibilidad y rendimiento de materia seca de la planta entera, pero sí para su contenido en MS (p=0,007). Los valores medios de dicho contenido para las variedades agrupadas por ciclos FAO oscilaron de 28,3 a 40,5; de 28,2 a 38,4; y de 27,3 a 38,3 % en las semanas sexta y décima; ciclos 200, 300 y 400, respectivamente, poniendo de manifiesto que el ciclo modifica la tendencia lineal observada para el incremento de materia seca con la madurez de la planta. Esta relación es descrita por la ecuación siguiente, obtenida a partir de los valores medios de los genotipos en los distintos ambientes, agrupados en ciclos (n=15): $MS(\%) = (15,28 + \Delta_1) + (0,275 + \Delta_2) \times D$ (R²=0,90; p<0,001), donde D son los días tras floración femenina y Δ_1 y Δ_2 los efectos (p<0,001) del distinto ciclo en el intercepto y la pendiente, con valores de -4,9; -2,19 y 0 para Δ_1 y 0,16; 0,08 y 0 para Δ_2 , ciclos 200, 300 y 400 respectivamente.

En la Tabla 5 se detallan las interacciones corte x localidad y corte x año para la digestibilidad de la planta entera y el rendimiento en materia seca. Mientras que en el segundo año no se detectaron diferencias significativas entre cortes para el valor IVMOD, en el primero la digestibilidad se incrementó de la sexta a la octava semana tras la floración femenina (p=0,015), para después descender ligeramente. La digestibilidad de los cortes del segundo año fue consistentemente más elevada que los del primero, con una diferencia media de 2,3 unidades porcentuales. La diferencia entre localidades fue, a este respecto, claramente inferior, de 0,7 puntos de media. La observación de la evolución de la digestibilidad de la planta entera en los distintos cortes para los cuatro ambientes estudiados indica que la semana octava tras la floración femenina marcaría el punto de máxima digestibilidad de la planta entera, sugiriendo que éste es un momento adecuado de muestreo cuando se trata de evaluar dicho carácter en los trabajos de mejora genética.

Las condiciones más favorables para el cultivo del maíz de la localidad de Pobra de Brollón (mayor temperatura durante el período de crecimiento y disponibilidad de regadío) se manifestaron en la mayor produc-

Tabla 5. Interacciones Corte x Año y Corte x Localidad para la digestibilidad *in vitro* y el rendimiento de materia seca de la planta entera

	Digestibilidad <i>in vitro</i> de la materia orgánica (%)				Rendimiento (t MS ha ⁻¹)			
	Año		Localidad		Año		Localidad	
Semana	2001	2002	Mabegondo	Pobra	2001	2002	Mabegondo	Pobra
6	71,82	74,89	73,33	73,39	17,73	15,78	15,81	17,70
7	72,99	75,14	74,37	73,69	18,52	17,19	16,60	19,11
8	73,39	75,28	74,92	73,75	19,55	17,88	17,24	20,19
9	73,13	75,31	74,74	73,71	19,41	19,29	17,55	21,15
10	72,95	75,04	74,25	73,79	19,53	19,49	17,62	21,40
p test F	0,015		0,03		0,001		0,006	
d.m.s.0,05	0,62		0,62		0,92		0,92	

p: significación del test F en el ANOVA;
 d.m.s._{0,05}: diferencia mínima significativa entre valores de la misma columna (p < 0,05).

ción obtenida en aquella (+ 3 t MS ha⁻¹ para la media de todos los cortes) respecto de Mabegondo. Por otra parte, mientras que en esta localidad el rendimiento obtenido en la octava semana no se diferenció significativamente del de las dos siguientes fechas de cosecha, en Pobra de Brollón la producción de MS se incrementó significativamente hasta la novena semana. De la misma forma, mientras que en el año 2001 a partir de la octava semana no se incrementó significativamente la producción, como media de las dos localidades, en 2002 dicho incremento continuó hasta la novena semana. Para la media de todos los ambientes y genotipos, en los cortes S8 y S9, respectivamente, las unidades térmicas de crecimiento alcanzadas fueron 1623 ± 109 °C y 1698 ± 107 °C y el estado de madurez del grano, medido por la posición de la "línea de leche", se situó entre 1/2 y 3/4 de su recorrido. A este respecto Wiersma *et al.* (1993) indican un estado de madurez semejante como óptimo para cosechar el maíz forrajero, indicando que en ese momento el contenido en MS se situaría entre el 30 y 40%, lo cual coincide con lo observado en el presente trabajo. Estos resultados muestran que el criterio "tiempo transcurrido tras la floración femenina de la planta de maíz" es de utilidad para determinar el momento adecuado de cosecha, observándose un comportamiento homogéneo de las variedades ensayadas en cuanto a la variación del contenido en almidón, digestibilidad y rendimiento de materia seca con la madurez. Por otra parte, la fecha que optimiza el rendimiento de materia seca está sujeta a variación entre años y localidades, situándose entre los cortes correspondientes a las semanas octava y novena tras la floración femenina, confirmando los resultados obtenidos por Campo y Moreno-González (2003).

CONCLUSIONES

El aprovechamiento de la planta entera de maíz realizado entre la octava y novena semana tras la floración femenina parece ser el momento más adecuado para realizar la cosecha, ya que a partir de ese momento no son de esperar incrementos significativos de producción ni de la concentración de almidón y la digestibilidad de la planta se mantiene en un nivel próximo al máximo, que se alcanzó en la octava semana. La existencia de interacciones significativas de genotipo x ambiente para estas variables de calidad y rendimiento podría hacer variar estas recomendaciones para condiciones que difiriesen sensiblemente de las del ensayo.

AGRADECIMIENTOS

Trabajo realizado dentro del Proyecto PGIDT 50302PR de la Xunta de Galicia.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CAMPO, L.; MORENO GONZÁLEZ, J., 2003. Evaluación del rendimiento, digestibilidad y otros caracteres de maíz forrajero en diferentes fechas de recolección. En *Actas de la XLIII Reunión Científica de la SEEP*, 277-283.
- DACCORD, R.; ARRIGO, Y.; VOGEL, R., 1996. Valeur nutritive de l'ensilage de maïs. *Revue Suisse d'Agriculture*, **28**, 17-21.
- DARBY, H.M.; LAUER, J.G., 2002. Harvest date and hybrid influence on corn forage yield, quality and preservation. *Agronomy Journal*, **94**, 559-566.
- FLORES, G.; GONZÁLEZ-ARRAEZ, A.; CASTRO, P.; VALLADARES, J.; CARDELLE, M.; FERNÁNDEZ-LORENZO, B.; DÍAZ-VILLAMIL, L., 2004. Variabilidad de parámetros de calidad y rendimiento del maíz forrajero en Galicia. En *Actas de la XLIV Reunión Científica de la SEEP*. (en este volumen)
- SAS Institute, 1999. SAS/Stat User's Guide, V. 8, SAS Institute Inc., Cary, NC, (EEUU).
- WIERSMA, D.W.; CARTER, P.R.; ALBRECHT, K.A., COORS, J.G., 1993. Kernel milkline stage and corn forage yield, quality and dry matter content. *Journal of Production Agriculture*, **6**, 94-99.

El trigo (*Triticum aestivum*) utilizado como forraje en la zona costera de Cantabria: (I) Producción, composición química y degradabilidad ruminal

G. SALCEDO DIAZ

Dpto. de Tecnología Agraria del I.E.S. "La Granja". 39792 Heras. Cantabria

RESUMEN: Durante los años 2000 y 2001 se evaluó la producción, composición química y degradabilidad ruminal de la materia seca y proteína bruta del trigo (*Triticum aestivum* cv 'Sideral', en diferentes estados de su ciclo de vegetación. Los resultados de la producción en kg/ha⁻¹ de materia seca, proteína bruta, materia orgánica digestible y la energía metabolizable en MJ/ha⁻¹ incrementaron linealmente con el estado de madurez ($P < 0,001$). La concentración de proteína bruta fue uniforme hasta el inicio del espigado (17,7%), para descender a 10% en el estado de grano pastoso. El mayor porcentaje de fibra ácido y neutro detergente correspondió a la fase de inicio de floración siendo los valores medios de 41,2 y 69,4% respectivamente. Los parámetros de degradación de materia seca descendieron linealmente ($P < 0,001$) hasta cuando el 30% del grano se encuentra en estado lechoso, para incrementar ligeramente en la fase de grano pastoso; por el contrario la degradabilidad efectiva de la proteína disminuyó de forma lineal ($P < 0,001$) hasta el estado del 30% de grano lechoso, después incrementa hasta 72,7% en la fase de grano pastoso. El momento óptimo del aprovechamiento de este forraje y en condiciones de clima atlántico corresponde al inicio del espigado, a partir del cual el valor nutritivo y la degradabilidad ruminal declinan.

Palabras clave: *Triticum*, estado de madurez, valor nutritivo, degradación *in sacco*.

Wheat used as forage in the coastside of Cantabria: 1) production, chemical composition and ruminal degradability

SUMMARY: The production, chemical composition and ruminal degradability of dry matter and crude protein of wheat (*Triticum aestivum*) "Sideral" variety, in different stages of its vegetation cycle, were object of scientific research during the years 2000 and 2001. The results of dry matter, crude protein, digestible organic matter and the metabolite energy production (MJ/ha) showed a linear increase relative with the maturity stage ($P < 0,001$). The concentration of crude protein was more uniform until the inflorescence emergence stage (17.7%) but in the soft dough grain stage it decreased until the 10%. The highest percentage of acid and neutral detergent fibre took place in the beginning of anthesis, and ranged between 41.2 and 69.4 % respectively. The parameters of dry matter degradation, showed a linear decrease ($P < 0,001$) until the 30% of the grain is in the medium milk stage, but there is a little increase in the soft dough grain stage; on the other hand, the effective degradability of the protein showed a linear decrease, until the 30% of the grain is on the medium milk stage, after that, it increases till the 72.7% in the soft dough grain stage.

Key words: *Triticum*, maturity stage, nutritional value, degradation *in sacco*.

INTRODUCCIÓN

Habitualmente, el trigo es cultivado para grano (Carver *et al.*, 1991), aunque en los últimos años se ha incrementado su uso como forraje en las dietas de lecheras (Weller, 1992), debido entre otras razones, a su elevada producción de materia seca y energía metabolizable (Harvey, 1990), pudiendo formar parte de la rotación con maíz (Salcedo, 2002) y reduciendo costes de producción (Leaver y Hill, 1992). Sin embargo, son escasos los estudios sobre su composición química y degradabilidad ruminal.

Los sistemas actuales de alimentación en vacuno tanto de carne como de leche, incluyen la degradabilidad proteica de los componentes de la ración, para dirigir y balancear los aportes de proteína y energía que satisfagan tanto las necesidades de los microorganismos ruminales como la proteína realmente digerida en el intestino delgado (Satter y Roffler, 1975). Sin embargo, aspectos tan variados como características físicas y químicas del propio forraje (Aufrère y Cartailier, 1988); estación del año, (Le Goffe *et al.*, 1993) y técnica utilizada (Ørskov y McDonald, 1979) pueden hacer variar la proteína degradable en rumen.

Los objetivos del presente trabajo se centraron en determinar la producción de materia seca, composición química y cinética de degradación de la materia seca y proteína bruta del trigo (*Triticum aestivum*) a lo largo del primer ciclo de crecimiento.

MATERIAL Y MÉTODOS

Para los diferentes estados de crecimiento se siguió la nomenclatura de Zadocks et al., (1974).

Forraje

La siembra se hizo el 29 de Noviembre (2000) y el 29 de Octubre (2001) a chorrillo, empleando 250 kg de trigo cv 'Sideral'; como abonado de fondo 20-60-40 kg de N-P₂O₅-K₂O por ha y 42 kg de Nitrato Amónico Cálcico del 28% a los 85 y 99 días de cultivo para el 2000 y 2001 respectivamente. Los diferentes estados de madurez considerados y las fechas de muestreo se pueden ver en la Tabla 1.

Tabla 1. Estados de madurez y fecha de recogida de muestras

Estados de madurez	Fecha de muestreo (Año 2000)	Fecha de muestreo (Año 2001)
Final ahijado	16-03-00	09-02-01
Inicio encañado	30-03-00	23-02-01
Final encañado	5-04-00	22-3-01
Inicio espigado	14-04-00	26-03-01
Final espigado	4-05-00	5-04-01
Inicio floración	8-05-00	10-04-01
Inicio formación del grano	18-05-00	03-05-01
30% grano lechoso	25-05-00	10-05-01
Grano lechoso	31-05-00	17-05-01
Grano pastoso	7-06-00	24-05-01

Diseño experimental de campo

Se realizó un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones por estado de madurez y un tamaño de parcela elemental de 25 m².

Diseño experimental de la cinética de degradación

Se realizó un cuadrado latino 2 x 2; 2 vacas por 2 períodos de 15 días.

Análisis químico

Las muestras se secaron en estufa durante 48 h a 60 °C y posteriormente molidas a 1 mm. Sobre la muestra seca y molida, se determinaron las cenizas a 550 °C; proteína bruta (PB) como N Kjeldhal x 6,25; fibra ácido detergente (FAD) según Goering y Van Soest (1970); fibra neutro detergente (FND) según Van Soest et al. (1991); digestibilidad enzimática de la materia orgánica por el método FND-celulasa (Riveros y Argamentería, 1987); energía metabolizable (MAFF, 1984).

Mediciones "in situ"

Para la determinación de la cinética de degradación del trigo fueron utilizadas dos vacas en lactación provistas de cánulas ruminales de 10 cm de diámetro efectivo, en pastoreo y suplementadas con 3,5 kg de concentrado repartidos en dos tomas iguales (8,30 a.m. y 15,30 p.m.).

Para la degradación ruminal "in situ" se emplearon bolsas de nylon de 13x7,7 cm y poros de 45 µm, conteniendo cada una tres g de muestra. Todas las bolsas fueron introducidas al mismo tiempo en el rumen de las vacas, a las ocho de la mañana, retirándose después de 2, 4, 8, 16, 24, 48 y 72 horas. A continuación fueron lavadas con agua fría en lavadora durante tres períodos de 10 minutos, con cambio de agua, y secadas a 60 °C en estufa durante 48 horas. El número de repeticiones fue de seis por muestra, vaca y tiempo de incubación.

Cálculos

La desaparición de la materia seca (MS) y del N se ajustaron al modelo exponencial descrito por Ørskov y McDonald (1979): $y = a + b [1 - e^{-(c)t}]$. Los parámetros a , b y c de este modelo se obtuvieron por regresión no

lineal usando el PROC (NLIN) de SAS (1985). La degradabilidad efectiva (De) de la PB y MS se determinó mediante la fórmula $De = a + b \cdot c / (c + k)$, para una velocidad de vaciado ruminal $k = 0,06h^{-1}$.

Análisis estadístico

Para la producción y composición química según el modelo: $Y = \mu + E_i + A_j + (E \times A)_{ij} + \epsilon_{ijk}$; donde: Y = observación, μ = media de la población, E_i = estado de madurez, =1....10; A_j = año, = 2000 y 2001 y ϵ_{ij} = error residual. Los efectos lineal y cuadrático se analizaron mediante contrastes ortogonales, separándose las medias con el test LSD del paquete estadístico SAS (1985). Para la cinética de degradación ruminal $Y = \mu + E_i + A_j + P_k + V_l + \epsilon_{ijkl}$; con el mismo significado anterior y añadiendo P_j = período, $j=1,2$ y V_k = vaca, $k=1,2$. El efecto lineal y cuadrático de la degradación se estudiaron mediante contrastes ortogonales, separándose las medias con el test LSD del paquete estadístico SAS (1985).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Producción

La Tabla 2 recoge la producción del trigo para cada estado de madurez, así como los efectos lineales (L) y cuadrático (C) considerados. Los rendimientos de materia seca, proteína bruta energía metabolizable y materia orgánica digestible por hectárea incrementan de forma lineal con el avance de la madurez ($P < 0,001$).

Composición químico-bromatológica

La Tabla 2 recoge la composición químico-bromatológica del trigo para cada estado de madurez, así como los efectos lineales (L) y cuadráticos (C).

Tabla 2. Datos de producción, composición química y estimación del contenido energético del trigo en sus diferentes etapas de maduración.

Madurez	(Datos de producción)*				(Valor nutritivo)							
	1	2	3	3	MS*	MO*	PB*	FAD*	FND*	MOD*	CNF*	EM*
FAH	1,6	17,6	455	1122	13,3	87,1	28,9	23,7	41,2	69,9	13,5	10,97
IE	1,9	19,8	511	1276	14,3	86,6	26,6	26,7	47,0	63,4	9,4	9,90
FEN	2,8	27,3	678	1745	15,5	89,7	24,5	35,5	55,4	62,2	6,2	9,77
IES	3,7	36,7	672	2339	12,8	89,3	17,7	39,0	56,4	61,5	11,7	9,66
FES	6,3	57,3	1009	3652	18,4	91,6	18,4	39,7	63,3	58,3	6,46	9,16
IFL	7,3	57,3	927	3652	18,7	91,2	13,2	41,2	69,4	51,9	5,11	8,15
IFG	8,5	75,8	1024	4833	24,2	91,7	12,4	40,0	63,4	56,7	12,4	8,91
1/3GL	8,9	84,6	1117	5390	27,5	92,3	12,3	37,9	61,7	60,0	14,7	9,42
GL	10,4	99,8	1083	6358	28,6	92,1	10,4	39,5	56,3	61,1	21,8	9,60
GP	.11	103,2	1112	6575	32,9	92,9	10,0	37,4	60,6	59,4	18,7	9,32
etd	3,7	34,5	306	2202	6,98	2,35	7,76	6,43	8,55	4,71	6,56	0,77
Año	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
Madurez	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
A * M	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
L	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
C	NS	NS	NS	NS	***	***	***	***	NS	***	**	***

Final abijado (FAH); Inicio encañado (IE); Final encañado (FEN); Inicio espigado (IES); Final espigado (FES); Inicio Floración (IFL); Inicio Formación del Grano (IFG); 30% de grano lechoso (1/3GL); Grano lechoso (GL); Grano pastoso (GP); MS: materia seca; MO: materia orgánica; PB: proteína bruta; FAD: fibra ácido detergente; FND: fibra neutro detergente; MOD: materia orgánica digestible; CNF: Carbohidratos No Fibrinosos; EM: energía metabolizable etd: error típico de la diferencia entre las medias. L: efecto lineal; C: efecto cuadrático. ¹ t MS ha⁻¹; ² GJ EM ha⁻¹; ³ kg PB ha⁻¹; ⁴ kg MOD ha⁻¹. * datos referidos a materia seca.

El contenido de materia orgánica (MO) incrementó linealmente con el avance de la madurez ($P < 0,001$). Entre estados, los porcentajes menores se registraron al final del ahijado (FAH) y el mayor en la fase de grano pastoso (GP) ($P < 0,001$), permaneciendo constante desde el final del espigado (FES) a GP. Hasta el inicio del espigado (IES), los porcentajes de materia orgánica resultan semejantes a la avena (Salcedo, 1998b) y coincidentes con la cebada a partir del inicio del espigado hasta la fase de grano pastoso (Salcedo 1998a).

En la proteína bruta se apreciaron diferencias significativas entre estados de madurez y año ($P < 0,001$). La mayor concentración se registró al FAH ($P < 0,001$) y el menor, en GP ($P < 0,001$).

La fibra ácido y neutro detergente presentaron diferencias significativas entre estados de madurez y año ($P < 0,001$), localizándose los porcentajes más altos al inicio de floración (IFL) 41,2 y 69,4% respectivamente.

Tanto la FAD como la FND incrementaron linealmente hasta IFL ($P < 0,001$), para después descender, hasta el estado de grano lechoso (GL), coincidentes con los resultados de Aizpurua *et al.*, (2001) al inicio de la floración y en la FAD y FND en grano pastoso.

El porcentaje de materia orgánica digestible *in vitro* (MOD) descendió linealmente en el tiempo ($P < 0,001$), registrándose los porcentajes más altos hasta el FES, para situarse después en 59,4% en GP imputable al contenido de grano. Al inicio de la floración, la digestibilidad disminuye hasta un 51,9%, debido posiblemente a un movimiento interno de nutrientes hacia la espiga.

Degradabilidad ruminal

Materia seca

Los resultados de la cinética de degradación figuran en la Tabla 3. La fracción soluble de la materia seca (a) fue más alta en las fases jóvenes ($P < 0,001$), con un valor medio de 40,82% hasta el IES; por el contrario, desde IES hasta GP, el valor medio resultó de 36,6%. En cualquier caso, éste descenso fue lineal hasta el inicio de la formación del grano (IFG) ($P < 0,001$), para después incrementar cuadráticamente ($P < 0,001$) hasta el estado GP. Los resultados aquí obtenidos, son semejantes a los de cebada cervecera (Salcedo, 1998a) y a la avena en las primeras fases vegetativas (Salcedo, 1998b).

La fracción potencialmente degradable (b) descendió linealmente hasta el estado 1/3GL ($P < 0,001$), después incrementa hasta GP ($P < 0,001$).

La degradabilidad efectiva de la materia seca (De MS) descendió linealmente hasta el inicio de formación del grano (IFG, $P < 0,001$), para incrementar después ($P < 0,001$). Desde el FAH a la IFG la De MS resulta semejante a la digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica, obteniéndose la ecuación del tipo $De\ MS = 25,49 + 0,59\ MOD$ ($r^2 = 0,77 \pm 1,73$). Hasta la fase de inicio del espigado la degradabilidad efectiva de la materia seca es semejante a la avena (Salcedo, 1998b) y, ligeramente superior a la cebada cervecera en los estados de espigado, grano lechoso y pastoso (Salcedo, 1998a). En la fase de grano pastoso resulta semejante al maíz (Salcedo y Sarmiento, 2002).

Tabla 3. Degradabilidad ruminal de la materia seca y proteína bruta en el trigo para los diferentes estados de madurez considerados

	Materia Seca			De	Proteína Bruta			De
	a	b	c		a	b	c	
FAH	42,0	38,1	0,118	67,3	53,7	40,6	0,142	82,2
IE	41,5	35,9	0,114	65,1	52,5	38,8	0,14	80,4
FEN	40,7	34,7	0,102	62,5	49,6	39,4	0,137	77,0
IES	39,1	34,3	0,098	60,4	47,7	39,3	0,129	74,5
FES	38,8	34,6	0,08	59,1	43,1	40,3	0,124	70,3
IFL	37,9	32,6	0,077	56,2	39,7	43,1	0,112	67,8
IFG	34,6	30,7	0,071	51,3	38,9	44,1	0,106	67,1
1/3GL	34,8	30,0	0,067	50,7	41,9	34,7	0,104	63,9
GL	35,7	32,8	0,058	51,8	44,9	36,2	0,11	68,3
GP	27,9	34,7	0,053	54,2	47,8	37,9	0,114	72,7
etd	0,41	0,37	0,003	0,91	0,78	0,43	0,002	0,93
Año	NS	***	***	***	***	NS	***	***
Madurez	***	***	***	***	***	***	***	***
A * M	NS	**	***	***	***	***	***	***
L	***	***	***	***	***	***	***	***
C	***	***	NS	***	***	***	***	***

Final ahijado (FAH); Inicio encañado (IE); Final encañado (FEN); Inicio espigado (IES); Final espigado (FES); Inicio Floración (IFL); Inicio Formación del Grano (IFG); 30% de grano lechoso (1/3GL); Grano lechoso (GL); Grano pastoso (GP); a: fracción inmediatamente degradable; b: fracción potencialmente degradable; c: tasa potencial de degradación de la fracción b; De: degradabilidad efectiva; etd: error típico de la diferencia entre las medias; L: efecto lineal; C: efecto cuadrático.

Proteína bruta

La cinética de degradación de la proteína bruta aparece reflejada en la tabla 3, con diferencias significativas entre estados de madurez ($P < 0,001$). La fracción inmediatamente degradable (a) fue mayor en las fases de crecimiento que en las reproductivas ($P < 0,001$), disminuyendo de forma lineal hasta el IFG ($P < 0,001$). Los resultados aquí obtenidos son semejantes a la avena (Salcedo, 1998b), cebada (Salcedo, 1998a) e inferiores a los señalados por Alfageme (1995) y Amrane y Michalet-Doreau (1993) en raigrás italiano.

La degradabilidad efectiva de la proteína bruta descendió linealmente hasta la fase del 30% de grano lechoso, para después incrementar hasta un 72,7% en la de grano pastoso.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos, en condiciones de clima atlántico, confirman un alto valor nutritivo y degradabilidad ruminal hasta la fase del inicio de floración, no siendo interesante prolongar su cultivo más allá de dicho estado, si bien los rendimientos son altos, comprometemos la rotación trigo-maíz.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AIZPURUA, A.; A. CASTELLÓN; I. ALBIZU; J. GARRO; G. BESGA., 2001. Productividad y calidad nutritiva de cereales de invierno en rotación con maíz en el País Vasco. En *XLI R.C. de la SEEP; I Foro Iberoamericano de Pastos*. 539-545. Alicante (España)
- ALFAGEME, A. 1995. Degradabilidad ruminal de tres gramíneas pratenses. Comunicación personal.
- AMRANE, R.; MICHIALET-DOREAU, B., 1993. Effect of maturity stage of Italian rye grass and lucerne on ruminal nitrogen degradability. *Ann. Zootech.*, **42**, 31-37.
- AUFRERE, J.; CARTAILLER, D., 1988. Mise au point d'une méthode de laboratoire de prévision de la dégradabilité des protéines alimentaires des aliments concentrés dans le rumen. *Ann. Zootech.* **37** (4) 255-270.
- CARVER, B.F., E.G. KRENZER, Jr.; W.E. WHITMORE., 1991. Seasonal forage production and regrowth of hard and soft red winter wheat. *J. Agron.* **83**, 533-537.
- GOERING H.K.; VAN SOEST P.J., 1970. *Forage fiber analysis*. Ag. Handbok N° 379. Washington DC ARS (USDA).
- HARVEY, J.J., 1990. The cost of utilizable metabolizable energy from crops. En *Milk and Meat From Forage crops*. Ed. British Grassland Society Occasional Symposium, **24**, 33-40.
- LEAVER, J.D., J. HILL. 1992. Feeding cattle on whole crops cereals. 59-72. En *Whole Crop Cereals*. B. STARK, and J.M. WILKINSON (Second edition). Chalcombe Publications (U.K).
- LE GOFFE, P; VERITE, R.; PEYRAUD, J.L., 1993. Influence de l'espèce et de la saison sur la dégradabilité de l'azote des fourrages verts dans le rumen. *Ann. Zootech.* **42**, 3-15.
- MAFF, 1984. Energy Allowances and feeding systems for ruminants. Reference Book 443. Her Majesty's Stationary Office. London (UK).
- ORSKOV, E.R., McDONALD, I., 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *J. Agric. Sci., Cambridge*, **92**, 499-503.
- RIVEROS, E.; ARGUMENTERIA, A., 1987. Métodos enzimáticos de la predicción de la digestibilidad in vivo de la materia orgánica de forrajes. 1. Forrajes verdes. 2. Ensilados y pajas. *Avances en Producción Animal* **12**, 49-75.
- SALCEDO, G., 1998a. Composición química y degradabilidad ruminal de la cebada cervecera utilizada como forraje. En *Actas de la XXXVIII R.C. de la S.E.E.P* 219-222. Soria (España).
- SALCEDO, G., 1998b. Valor nutritivo y degradabilidad ruminal de *avena sativa* y *vicia sativa*. *Pastos*, **XXVIII** (1), 71-85.
- SALCEDO, G., 2002. Efectos de la suplementación con harina de soja a ensilado de trigo sobre la producción y composición química de la leche. En *Actas de la XLII R.C. de la S.E.E.P* 485-490. Lérida (España).

- SALCEDO, G.; SARMIENTO, M., 2002. Valor nutritivo y degradabilidad ruminal de los componentes morfológicos del maíz forrajero en dos estados de madurez. En *Actas de la XLII R.C. de la S.E.E.P.* 419-424. Lérida (España).
- SAS/STAD, 1985. User's Guide Release 6.04 SAS-Institute INC. Cary NC USA.
- SATTER, L.D.; ROFFLER, R.E., 1975. Nitrogen requirement and utilization in dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, **58**, 1219-1237.
- VAN SOEST, P.J., 1982. *The nutritional ecology of ruminant*. 1st. Ed. O and B Books Inc., Corvallis, Oregon, USA.
- VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber non starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* **74**, 3583-3597.
- WELLER, R.F., 1992. The National whole crop cereals survey. 137-156. En *Whole Crop Cereals*. B. STARK, and J.M. WILKINSON (Second edition). Chalcombe Publications (U.K).
- ZADOCKS, J.C.; T.T. CHANG; C.F. KONZAK, 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Research*, **14**, 415-421.

El trigo (*Triticum aestivum*) utilizado como forraje en la zona costera de cantabria: (II) Predicción de la producción, valor nutritivo y degradabilidad ruminal

G. SALCEDO DIAZ

Dpto. de Tecnología Agraria del I.E.S. "La Granja". 39792 Heras. Cantabria

RESUMEN: Durante los años 2000 y 2001 se estudió la predicción de la producción, composición química y degradabilidad ruminal del trigo (*Triticum aestivum*) var. 'Sideral' a partir de tres variables, *número de días y horas de calor acumuladas* (ambas, a partir del uno de enero) y *análisis de laboratorio*. Los resultados demostraron el alto grado de correlación entre el número de días y las horas de calor acumuladas para la producción de materia seca, energía, materia orgánica digestible y proteína bruta. Sin embargo, para la composición química y degradabilidad ruminal se obtuvieron coeficientes de determinación mayores en modelos cuadráticos usando como variable dependiente las horas de calor. Se concluye señalando, que tanto las horas de calor como el número de días pueden ser utilizadas como variables alternativas a los análisis de laboratorio en condiciones de clima atlántico, pudiendo introducirse en programas informáticos para ser empleados en alimentación del ganado vacuno.

Palabras clave: *Triticum*, predicción, valor nutritivo, degradación *in sacco*

Wheat (Triticum aestivum) used as forage in the coastside of cantabria: 2) estimate of production, nutritional value and ruminal degradability

SUMMARY: During 2000 and 2001 the prediction between production, chemical composition and ruminal degradability of wheat (*Triticum aestivum*) var. 'Sideral' were evaluated from three variables, *number of days, accumulated heat hours* (beginning the first of January in both cases) and *laboratory analysis*. The results proved the high level of relationship between the number of days and the accumulated heat hours for the production of dry matter, energy, organic matter digestibility and crude protein. However, for the chemical composition and ruminal degradability determination ratios in quadratic models were obtained using the heat hours as dependent variable. The conclusion is that both the heat hours and the number of days can be used like alternative variables to the laboratory analysis in atlantic climate conditions, capable of being introduced in informatic programs to be used in cattle feeding.

Key words: *Triticum*, prediction, maturity stage, nutritional value, degradation *in sacco*

INTRODUCCIÓN

Entre las diferentes técnicas utilizadas para determinar la degradabilidad ruminal de los forrajes, la más frecuente es la de las bolsas de nylon (Ørskov y McDonald, 1979), aunque es laboriosa, puesto que requiere de animales preparados quirúrgicamente. Existen métodos alternativos de laboratorio como el uso de buffers, enzimas o fluidos ruminales, que son menos costosos y de alta fiabilidad (Krishnamoorthy *et al.*, 1983; Aufrère y Cartailleur, 1988; Susmel *et al.*, 1989, 1993). Por otra parte, en condiciones "*in vivo*" la determinación de la degradabilidad con material fresco es problemática, debido a las dificultades de manipulación y la posible pérdida de componentes celulares solubles, recurriendo al secado en estufa o la liofilización (Flores *et al.*, 1999).

Los objetivos del presente trabajo se centraron en presentar unos modelos matemáticos para estimar la producción, composición química y degradabilidad ruminal del trigo para su utilización como forraje a lo largo del primer ciclo de crecimiento.

MATERIAL Y MÉTODOS

Condiciones edafoclimáticas

Las condiciones edafoclimáticas vienen representadas en la Tabla 1 y 2 las fechas de muestreo y las horas de calor acumuladas en la Tabla 3.

Tabla 1. Características químicas del suelo (20 cm) y subsuelo (35 cm)

Análisis	Suelo (2000)	Suelo (2001)	Subsuelo (2000)	Subsuelo (2001)
pH	6,92	6,92	6,67	6,67
MO %	2,34	2,32	1,08	1,03
P (ppm)	18,5	18,3	4,6	4,35
Ca (ppm)	3632	2542	1890	1710
Mg (ppm)	253	258	146	142
K (ppm)	510	518	128	131

MO: Materia orgánica; P: Fósforo; Ca: Calcio; Mg: Magnesio; K: Potasio.

Tabla 2. Temperatura máxima, mínima y media (°C) y precipitaciones (mm)*

	Tª máxima	Tª mínima	Tª media	Precipitaciones
		<i>Año 2000</i>		
Octubre	18,78	10,21	14,49	307
Noviembre	16,19	7,98	12,08	254
Diciembre	16,32	8,97	12,64	102,8
		<i>Año 2001</i>		
Enero	14,1	7,4	10,7	176,2
Febrero	13,5	4,9	9,24	103,8
Marzo	18,4	9,39	13,9	124,2
Abril	15,9	6,92	11,4	129,4
Mayo	18,91	9,68	14,3	47,2
Junio	21,54	12,3	16,92	38,6
Octubre	24,43	12,14	18,36	49,6
Noviembre	13,61	6,24	9,93	164,8
Diciembre	11,81	1,54	6,67	79,6
		<i>Año 2002</i>		
Enero	16,04	5,31	10,67	61,4
Febrero	15,11	7,44	11,27	93,2
Marzo	16,39	6,09	11,24	22,8
Abril	16,91	6,15	11,53	76,8
Mayo	18,9	9,2	14,05	140,2
Junio	20,2	12,6	16,4	155

*Los datos meteorológicos fueron registrados con una estación meteorológica (MET_g® Versión 2.01)

Análisis estadístico

Se evaluaron las relaciones estadísticas encontradas entre los parámetros de producción: (materia seca (kg ha⁻¹), proteína bruta (kg ha⁻¹), energía metabolizable (MJ EM ha⁻¹), y materia orgánica digestible (kg MOD ha⁻¹) y el número de días y acumulación de horas de calor (ambas variables a contar desde el uno de enero).

Así mismo, se evaluaron los parámetros que definen el valor nutritivo del trigo y los diferentes coeficientes de degradabilidad con determinaciones de laboratorio: materia seca, materia orgánica, fibra ácido y neutro detergente, materia orgánica digestible *in vitro* y proteína bruta; con el número de días y acumulación de horas de calor.

Tabla 3. Fecha de recogida de muestras y horas de calor acumuladas en los diferentes estados vegetativos considerados en el desarrollo del trigo.

Estados de madurez	Fecha de muestreo	Horas de calor (2000)*	Fecha de muestreo	Horas de calor (2001)*
Final ahijado	16-03-00	374	09-02-01	281
Inicio encañado	30-03-00	448	23-02-01	351
Final encañado	5-04-00	489	22-3-01	589
Inicio espigado	14-04-00	546	26-03-01	630
Final espigado	4-05-00	746	5-04-01	722
Inicio floración	8-05-00	789	10-04-01	772
Inicio formación del grano	18-05-00	904	03-05-01	909
30% grano lechoso	25-05-00	974	10-05-01	962
Grano lechoso	31-05-00	1049	17-05-01	1047
Grano pastoso	7-06-00	1125	24-05-01	1114

* A contar desde el 1 de Enero, tomándose 4 °C como el cero de vegetación señalado para el trigo por Guerrero (1981).

Por último se establecieron ecuaciones de predicción de los coeficientes que definen la cinética de degradación del trigo con los parámetros que definen la calidad nutritiva, usándose el paquete estadístico SAS (1985).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Predicción de la producción

La Tabla 4 recoge las ecuaciones de predicción de los parámetros que definen la producción: materia seca (Kg Msha⁻¹), energía metabolizable (MJ EM ha⁻¹), proteína bruta (kg ha⁻¹) y materia orgánica digestible (kg MOD ha⁻¹) y las variables consideradas (días de cultivo y horas de calor acumuladas). En la misma, puede apreciarse que tanto las horas de calor como el número de días a partir del uno de enero, resultan ser variables consistentes a la hora de estimar la producción, con un alto coeficiente de determinación.

Composición química y contenido energético estimado

La predicción de la composición química del trigo a partir del número de días y horas de calor acumuladas, tanto en modelos lineales como cuadráticos, presentan estimas válidas para alguna determinación analítica (Tabla 4). Por ejemplo, en modelos lineales usando como variable independiente las horas de calor acumuladas, sólo materia seca (MS), materia orgánica (MO) y carbohidratos no fibrosos (CNF) son explicados con un coeficiente de determinación mayor que el número de días a contar desde el uno de enero. Por

Tabla 4. Predicción de la producción de materia seca y nutrientes por hectárea en función del número de días (d) y horas de calor (hc)

Variable dependiente	Y = a + bx	r ²	Es	n	Signif.
MS/ha (kg)	Y = -5352 + 105 d	0,90	1190	80	0,001
EM/ha (MJ)	Y = -45991 + 943,7 d	0,87	12279	80	0,001
PB/ha (kg)	Y = -0,45 + 7,68 d	0,74	156	80	0,001
MOD/ha (kg)	Y = -2926,7 + 60 d	0,87	781	80	0,001
MS/ha (kg)	Y = -3222,7 + 12,83 hc	0,89	1223	80	0,001
EM/ha (MJ)	Y = -28065 + 116,8 hc	0,89	11229	80	0,001
PB/ha (kg)	Y = 154 + 0,94 hc	0,73	157	80	0,001
MOD/ha (kg)	Y = -1784,1 + 7,43 hc	0,89	715	80	0,001

r² = coeficiente de determinación; es = error estándar de la regresión; n = número de observaciones

el contrario, la proteína bruta (PB), fibra ácido y neutro detergente (FAD - FND), materia orgánica digestible (MOD) y energía metabolizable (EM), el número de días resulta ser la variable más consistente. Sin embargo, tal y como se expuso en otro trabajo presentado en esta misma Reunión Científica (Salcedo, 2004), todas las determinaciones analíticas presentaron tendencia cuadrática excepto la FND que lo hace de forma lineal; así, los modelos cuadráticos manifiestan mejores coeficientes de determinación que los lineales.

El descenso diario de proteína bruta desde el final del ahijado hasta el estado de grano pastoso fue de 2,1 g/kg MS y de 1,47 g/kg MS desde el final del ahijado al inicio del espigado, semejante a 1,56 g/kg MS en avena (Salcedo, 1998) para los citados estados de madurez. De igual forma, las pendientes de la FAD y FND obtenidas en el presente trabajo (Tabla 5) resultan muy parecidas a la avena de 0,126 y 0,21 señaladas por Salcedo (1998) utilizando como variable independiente el número de días.

Degradabilidad ruminal

La Tabla 6, representa las variables analíticas más correlacionadas con la cinética de degradación ruminal de la materia seca y proteína bruta del trigo y la Tabla 7 respecto a las horas de calor y número de días a partir del uno de enero.

Tabla 5. Predicción de la composición química y contenido energético estimado en función del número de días (d) y de las horas de calor acumuladas (hc)

Variable dependiente	Y = a + bx; Y = a + bx + cx ²	r ²	es	n	Signif.
MS (%)	Y = 3,91 + 0,15 d	0,59	4,46	80	0,001
MO (%)	Y = 84,17 + 0,057 d	0,68	1,33	80	0,001
PB (%)	Y = 41,94 - 0,21 d	0,93	2,09	80	0,001
FAD (%)	Y = 18,32 + 0,155 d	0,68	3,63	80	0,001
FND (%)	Y = 36,2 + 0,18 d	0,55	5,73	80	0,001
MOD (%)	Y = 71,94 - 0,10 d	0,52	3,27	80	0,001
CNF (%)	Y = 2,5 + 0,089 d	0,20	5,85	80	0,001
EM (MJ)	Y = 11,27 - 0,016 d	0,51	0,51	80	0,001
MS (%)	Y = 4,76 + 0,022 hc	0,81	3,04	80	0,001
MO (%)	Y = 84,84 + 0,0075 hc	0,82	1,01	80	0,001
PB (%)	Y = 36,26 - 0,024 hc	0,80	3,45	80	0,001
FAD (%)	Y = -2,49 + 0,017 hc	0,58	4,19	80	0,001
FND (%)	Y = 41,17 + 0,021 hc	0,48	6,23	80	0,001
MOD (%)	Y = 68,73 - 0,010 hc	0,39	3,71	80	0,001
CNF (%)	Y = 3,91 + 0,011 hc	0,23	5,78	80	0,001
EM (MJ)	Y = 10,77 - 0,0016 hc	0,37	0,58	80	0,001
MS (%)	Y = 21,03 - 0,22 d + 0,0018 d ²	0,68	3,97	80	0,001
MO (%)	Y = 85,67 + 0,023 d + 0,00016 d ²	0,68	1,32	80	0,001
PB (%)	Y = 39,46 - 0,16 d - 0,00027 d ²	0,94	2,09	80	0,001
FAD (%)	Y = 3,18 + 0,49 d - 0,0016 d ²	0,76	3,15	80	0,001
FND (%)	Y = 22,24 + 0,49 d - 0,0015 d ²	0,60	5,51	80	0,001
MOD (%)	Y = 80,01 - 0,27 d + 0,00088 d ²	0,56	3,14	80	0,001
CNF (%)	Y = 20,44 - 0,31 d + 0,0019 d ²	0,32	5,47	80	0,001
EM (MJ)	Y = 12,59 - 0,044 d + 0,00014 d ²	0,56	0,49	80	0,001
MS (%)	Y = 19,04 - 0,024 hc + 0,000032 hc ²	0,89	2,34	80	0,001
MO (%)	Y = 81,89 + 0,017 hc - 0,0000067 hc ²	0,84	0,93	80	0,001
PB (%)	Y = 42,01 - 0,043 hc + 0,000013 hc ²	0,81	3,38	80	0,001
FAD (%)	Y = -2,49 + 0,099 hc - 0,000057 hc ²	0,86	2,43	80	0,001
FND (%)	Y = 7,16 + 0,13 hc - 0,000078 hc ²	0,77	4,15	80	0,001
MOD (%)	Y = 87,27 - 0,071 hc + 0,000042 hc ²	0,67	2,72	80	0,001
CNF (%)	Y = 29,17 - 0,071 hc + 0,000058 hc ²	0,51	4,65	80	0,001
EM (MJ)	Y = 13,68 - 0,011 hc + 0,0000067 hc ²	0,67	0,42	80	0,001

MS: Materia seca; MO: Materia orgánica; PB: Proteína bruta; FAD: Fibra ácido detergente; FND: Fibra neutro detergente; MOD_v: Materia orgánica digestible *in vitro*; CNF: Carbohidratos no fibrosos; EM: Energía metabolizable.

Tabla 6. Predicción de los parámetros que definen la cinética de degradación in sacco de la materia seca y proteína bruta (Y%) a partir de determinaciones químicas (% sobre materia seca)

Variable dependiente	Variable independiente	Y = a + bx; Y = a + bx + cx ²	r ²	es	n	Signif.
De MS	FND	Y = 84,05 - 0,45 x	0,48	3,99	40	0,001
	FAD	Y = 82,41 - 0,67 x	0,62	3,42	40	0,001
	PB	Y = 47,4 + 0,60 x	0,73	2,91	40	0,001
	MOD	Y = 12,61 + 0,75 x	0,41	4,28	40	0,001
De PB	FND	Y = 102,43 - 0,51 x	0,69	2,94	40	0,001
	FAD	Y = 199 - 0,73 x	0,79	2,43	40	0,001
	PB	Y = 68,69 + 0,57 x	0,71	2,86	40	0,001
	MOD	Y = 19,26 + 0,88 x	0,62	3,30	40	0,001
De MS	FND	Y = 156,9 - 3,9 x - 0,037 x ²	0,45	4,14	40	0,001
	FAD	Y = 134,6 - 2,34 x - 0,017x ²	0,54	3,79	40	0,001
	PB	Y = 42,53 + 1,2 x - 0,015x ²	0,73	2,88	40	0,001
	MOD	Y = 156,9 - 3,9 x - 0,037 x ²	0,45	4,14	40	0,001
De PB	FND	Y = 129,6 - 1,53 x + 0,0093 x ²	0,71	2,87	40	0,001
	FAD	Y = 96,25 + 0,55 x - 0,002 x ²	0,79	2,45	40	0,001
	PB	Y = 68,3 - 1,08 x + 0,017 x ²	0,72	2,81	40	0,001
	MOD	Y = 83,02 - 1,19 x - 0,016 x ²	0,63	3,28	40	0,001
a MS	FND	Y = 49,41 - 0,19 x	0,54	2,62	40	0,001
	FAD	Y = 48,76 - 0,29 x	0,38	2,45	40	0,001
	PB	Y = 33,49 + 0,25 x	0,41	2,39	40	0,001
	MOD	Y = 17,72 + 0,33 x	0,26	2,69	40	0,001
a PB	FND	Y = 73,11 - 0,47 x	0,67	2,89	40	0,001
	FAD	Y = 67,97 - 0,62 x	0,64	3,01	40	0,001
	PB	Y = 37,57 + 0,46 x	0,51	3,51	40	0,001
	MOD	Y = -4,9 + 0,83 x	0,62	3,12	40	0,001
a MS	FND	Y = 66,21 - 0,82 x + 0,0057 x ²	0,31	2,6	40	0,001
	FAD	Y = 37,39 + 0,43 x - 0,011 x ²	0,39	2,44	40	0,001
	PB	Y = 28,84 + 0,82 x - 0,014 x ²	0,44	2,36	40	0,001
	MOD	Y = 61,99 - 1,1 x + 0,011 x ²	0,27	2,68	40	0,001
a PB	FND	Y = 81,9 + 0,8 x - 0,003 x ²	0,67	2,9	40	0,001
	FAD	Y = 64,43 - 0,39 x - 0,003 x ²	0,64	2,35	40	0,001
	PB	Y = 46,85 - 0,66 x + 0,029 x ²	0,55	2,79	40	0,001
	MOD	Y = -1,7 + 0,72 x + 0,00084 x ²	0,71	2,66	40	0,001
b MS	FND	Y = 45 - 0,181 x	0,39	1,95	40	0,001
	FAD	Y = 44,35 - 0,27 x	0,49	1,77	40	0,001
	PB	Y = 30,55 + 0,22 x	0,51	1,75	40	0,001
	MOD	Y = 13,88 - 0,34 x	0,42	1,9	40	0,001
b MS	FND	Y = 69,17 - 1,08 x + 0,0082 x ²	0,45	1,86	40	0,001
	FAD	Y = 48,34 - 0,52 x + 0,0039 x ²	0,50	1,78	40	0,001
	PB	Y = 34,6 - 0,26 x - 0,012 x ²	0,54	1,70	40	0,001
	MOD	Y = 76,14 - 1,68 x + 0,016 x ²	0,46	1,84	40	0,001
c MS	FND	Y = 0,189 - 0,0019 x	0,50	0,015	40	0,001
	FAD	Y = 0,178 - 0,0027 x	0,58	0,014	40	0,001
	PB	Y = 0,039 + 0,0025 x	0,73	0,011	40	0,001
	MOD	Y = -0,094 + 0,0029 x	0,38	0,017	40	0,001
c PB	FND	Y = 0,192 - 0,0012 x	0,59	0,008	40	0,001
	FAD	Y = 0,182 - 0,0017 x	0,64	0,008	40	0,001
	PB	Y = 0,096 + 0,0015 x	0,71	0,007	40	0,001
	MOD	Y = 0,00075 + 0,002 x	0,49	0,009	40	0,001
c MS	FND	Y = 0,34 - 0,0077 x + 0,000053 x ²	0,53	0,01	40	0,001
	FAD	Y = 0,23 - 0,006 x + 0,000052 x ²	0,59	0,01	40	0,001
	PB	Y = 0,0066 + 0,0064 x - 0,0001 x ²	0,75	0,011	40	0,001
	MOD	Y = 0,399 - 0,013 x + 0,00013 x ²	0,41	0,017	40	0,001
c PB	FND	Y = 0,24 - 0,003 x - 0,000016 x ²	0,60	0,008	40	0,001
	FAD	Y = 0,178 - 0,0014 x - 0,0000035 x ²	0,64	0,008	40	0,001
	PB	Y = 0,089 + 0,0022 x + 0,000019 x ²	0,71	0,007	40	0,001
	MOD	Y = 0,142 + 0,0026 x + 0,000037 x ²	0,49	0,009	40	0,001

De MS: degradabilidad efectiva de la materia seca; **De PB:** degradabilidad efectiva de la proteína bruta; **a:** fracción soluble; **b:** fracción lentamente degradable; **c:** ritmo de degradación

La mayor parte de las determinaciones analíticas presentan alto grado de correlación con los valores de la cinética de degradación. Entre ellas PB, FAD y FND son las que más explican la variación de la misma, obteniéndose un semejante coeficiente de determinación en modelos lineales y cuadráticos. No se apreció correlación entre la fracción potencialmente degradable de la proteína con las variables anteriormente descritas, tanto en modelos lineales como cuadráticos.

Utilizando como las horas de calor ó número días a partir del uno de enero, también resultan variables consistentes a la hora de estimar la cinética de degradación. Así por ejemplo, el 77% y 71% de la variación de la De MS y De PB es atribuido al número de días a partir del uno de enero respectivamente, en modelo lineales; por contra, para las variables dependientes anteriormente descritas solo el 51 y 68% es explicado con las horas de calor acumuladas. De igual forma en modelos cuadráticos, la De MS y De PB manifiestan un mayor coeficiente de correlación, atribuido a la variación cuadrática de ambas en el tiempo (Salcedo, 2004).

Tabla 7. Predicción de la cinética de degradación *in sacco* de la materia seca y proteína bruta (Y%) estimado en función del número de días (d) y de las horas de calor acumuladas (hc)

Variable dependiente	Variable independiente	Y = a + bx; Y = a + bx + cx ²	r ²	es	n	Signif.
De MS	hc	Y = 71,83 - 0,018 x	0,51	2,18	72	0,001
	c	Y = 73,9 - 0,14 x				
De PB	hc	Y = 84,49 - 0,015 x	0,68	3,02	72	0,001
	c	Y = 87,34 - 0,13 x				
De MS	hc	Y = 77,04 - 0,035 x + 0,000012x ²	0,89	1,85	72	0,001
	c	Y = 70,1 - 0,05 x + 0,00041 x ²				
De PB	hc	Y = 102,8 - 0,076 x + 0,000042x ²	0,90	1,68	72	0,001
	c	Y = 95,47 - 0,31 x + 0,0009 x ²				
a MS	hc	Y = 43,92 - 0,0079 x	0,51	2,18	72	0,001
a PB	c	Y = 44,78 - 0,06 x	0,45	2,32	72	0,001
	hc	Y = 54,52 - 0,011 x	0,43	3,8	72	0,001
	c	Y = 57,03 - 0,10 x	0,48	3,62	72	0,001
a MS	hc	Y = 45,8 - 0,014 x + 0,000004 x ²	0,52	2,18	72	0,001
a PB	c	Y = 40,8 - 0,027 x + 0,0004 x ²	0,47	2,28	72	0,001
	hc	Y = 76,7 - 0,085 x + 0,00005 x ²	0,80	2,28	72	0,001
b MS	c	Y = 69,08 - 0,37 x + 0,0013 x ²	0,57	3,33	72	0,001
	hc	Y = 38,96 - 0,0058 x	0,43	1,88	72	0,001
b PB	c	Y = 40,31 - 0,051 x	0,50	1,76	72	0,001
	hc	NS				
b MS	c	NS				
	hc	Y = 45,51 - 0,027 x + 0,000015 x ²	0,56	1,66	72	0,001
b PB	c	Y = 43,10 - 0,11 x + 0,0003 x ²	0,52	1,74	72	0,001
	hc	NS				
c MS	c	NS				
	hc	Y = 0,14 - 7,84 x	0,96	0,001	72	0,001
c PB	c	Y = 0,148 - 0,00059 x	0,81	0,009	72	0,001
	hc	Y = 0,15 - 4,45 x	0,84	0,005	72	0,001
c MS	c	Y = 0,159 - 0,00034 x	0,74	0,006	72	0,001
	hc	Y = 0,14 - 0,000089 x + 0,0000000077 x ²	0,96	0,004	72	0,001
c PB	c	Y = 0,122 - 0,000021 x + 0,00000028 x ²	0,83	0,009	72	0,001
	hc	Y = 0,17 - 0,00017 x + 0,00000005 x ²	0,89	0,004	72	0,001
c MS	c	Y = 0,158 - 0,00031 x + 0,00000015 x ²	0,74	0,007	72	0,001
	hc					

De MS: degradabilidad efectiva de la materia seca; De PB: degradabilidad efectiva de la proteína bruta; a: fracción soluble; b: fracción lentamente degradable; c: ritmo de degradación;

CONCLUSIONES

A la vista de los resultados obtenidos, la predicción de los parámetros de producción, composición químico-bromatológica y degradabilidad ruminal a partir de las horas de calor acumuladas, resulta más eficiente, puesto que contabiliza todo el ciclo vegetativo. Esta puede ser utilizada como herramienta de campo para ser introducida en modelos informáticos para su uso a nivel de explotación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AUFRERE, J.; CARTAILLER, D., 1988. Mise au point d'une méthode de laboratoire de prévision de la dégradabilité des protéines alimentaires des aliments concentrés dans le rumen. *Ann. Zootech.* **37** (4) 255-270.
- FLORES, G.; CASTRO, J.; BREA, T.; AMIL, G.; GONZÁLEZ-ARRAEZ, A.; CARDELLE, M.; GONZÁLEZ-WARLETA, M., 1999. Efecto del uso de aditivo y del método de secado de la muestra sobre la degradabilidad ruminal en ensilado de hierba de pradera de alta humedad. En *Actas de la XXXIX R.C. de la S.E.E.P.* 401-406. Almería (España).
- GUERRERO, A., 1981. *Cultivos herbáceos extensivos*. Ediciones. Mundi-Prensa, 20 pp. Madrid (España)
- KRISHANMOORTHY, U.; SNIFFEN, C.J.; STER, M.D.; VAN SOEST, P.J., 1983. Evaluation of a mathematical model of rumen digestion and an in vitro simulation of rumen proteolysis to estimate the rumen undergraded nitrogen content of feedstuffs. *Br. J. Nutr.*, **50**, 555-568.
- ØRSKOV, E.R.; McDONALD, I., 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *J. Agric. Sci., Cambridge*, **92**, 499-503.
- SALCEDO, G. 1998. Valor nutritivo y degradabilidad ruminal de *avena sativa* y *vicia sativa*. *Pastos*, **XXVIII** (1), 71-85.
- SALCEDO, G., 2004. El trigo utilizado como cultivo forrajero en la zona costera de Cantabria: (1) producción, valor nutritivo y degradabilidad ruminal. En *Actas XLIV Reunión Científica de la SEEP*, Salamanca (en este volumen)
- SUSMEL, P.; STEFANON, B.; PIASENTIER, E., 1989. Effect of forages and concentrate intake level on rumen degradability of protein sources having different in vitro rates of N solubilisation. *Anim. Feed Sci. Technol.*, **26**, 231-249.
- SUSMEL, P.; MILLS, C.R.; COLITTI, M.; STEFANON, B., 1993. In vitro solubility and degradability of nitrogen in concentrate ruminal feeds. *Anim. Feed Sci. Technol.*, **42**, 1-13.

Variabilidad de las características de las bellotas en el Valle de los Pedroches (Córdoba)

I. FERNÁNDEZ, A. GÓMEZ¹, P. MORENO, E. DE PEDRO¹, E. DÍAZ, F.J. LÓPEZ y L. SÁNCHEZ

COVAP, Mayor 56, 14400 Pozoblanco (Córdoba) (España); (1)Dpto. Producción Animal, ETSIAM, Apdo. 3048, 14080 Córdoba

RESUMEN: Se han elegido cuatro zonas en el entorno de la comarca del Valle de los Pedroches (Córdoba) representativas de las características de las áreas de arbolado de dicha comarca. En otoño del 2002 se recogieron muestras de las bellotas de las tres especies de *Quercus* presentes en las mismas, en tres estados de madurez (inmaduro, maduro y germinado) obtenidas de árboles elegidos al azar. En otoño del 2003 se recogieron únicamente bellotas de encina, en estado de madurez, seleccionando los árboles previamente en función de la forma de las bellotas y su frecuencia en la zona.

Se analizaron las características morfológicas (peso, longitud y diámetro), el porcentaje de cáscara y cotiledones y la composición de los cotiledones en humedad, cenizas, proteína y grasa, solo en el primer año.

Se observaron diferencias importantes asociadas a la especie, sobre todo en el contenido en grasa (encina 10,8 % MS y quejigo 6,2 % MS) y pequeñas con relación al estado de madurez, con una ligera disminución en los componentes analizados al avanzar la misma. Las características morfológicas presentan una alta variabilidad, tanto por zonas, como por especies, siendo escasa la influencia del peso en el porcentaje de cáscara.

Palabras clave: Encina, quejigo, alcornoque, tamaño, composición.

Variability of the characteristics of the acorns in the Pedroches Valley (Córdoba)

SUMMARY: Four areas have been chosen in the environment of the Pedroches Valley (Córdoba) representative of their characteristics. In the autumn of the 2002 samples of the acorns of three species of *Quercus* were picked up in three states of maturity (immature, mature and germinated) obtained of elected trees at random. In the autumn of the 2003 they were only picked up oak acorns, in state of maturity, selecting the trees previously in function in the form of the acorns and their frequency in the area.

The form characteristics were analyzed (weigh, longitude and diameter) as well as the shell percentage and the composition of the cotyledons in humidity, ashes, protein and fat, these only in the first year.

Important differences were observed in the composition associated to the species, overalls in fat (oak 10,8% DM and quejigo 6,2% DM) and small with relationship to the maturity, with a slight decrease in the components analyzed when advancing the maturation. The form characteristics presents a high variability, so much for areas, like for species, being scarce the influence of the weight in the shell percentage.

Key words: Oak, quejigo, cork oak, size, composition.

INTRODUCCIÓN

Aún cuando existe una abundante información sobre las características morfológicas de las bellotas, de su porcentaje en cáscara y cotiledones, así como en la composición bromatológica de estos, suele faltar precisión sobre las características y la manipulación de las muestras (forma de selección, tipo de suelo y clima, nivel de maduración, daños por heladas o por parásitos, condiciones de manipulación previa y del propio análisis) para asociarla con la importante variabilidad de estos valores que muestra la bibliografía (Mazuelos *et al.*, 1965; Laguna Sanz, 1998; Vázquez Pardo, 1998; Vázquez Pardo *et al.*, 2001).

Dentro del estudio de los factores que afectan a la calidad de los productos del cerdo Ibérico y a la obtención de sistemas objetivos de valoración de la misma (De Pedro *et al.*, 2002), considerando el efecto de la alimentación en montanera, se pretende conocer la importancia que presenta la variabilidad de la bellota en el entorno de la comarca del Valle de los Pedroches (Córdoba), donde se ubican las explotaciones dedicadas a la producción del cerdo Ibérico integradas en la cooperativa COVAP, estudiando la importancia relativa de un amplio número de factores: especie, estado de madurez y diversos factores asociados a diferentes zonas,

sobre las características morfológicas y la composición de las bellotas y profundizando en la variabilidad existente en la comarca en la principal especie del género *Quercus* existente en la misma, la encina.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se han elegido cuatro zonas representativas del entorno de la comarca del Valle de los Pedroches, al norte de la provincia de Córdoba, diferenciadas por sus características climáticas, edáficas y en especies del género *Quercus* (*Q. ilex* -encina-; *Q. faginea* -quejigo-; *Q. suber* -alcornoque-): **Cardena** (680 mm; granito y pizarra; encinas, quejigos y alcornoques). **La Jara** (550 mm; granito; encinas). **La Serrezuela** (550 mm, pizarra; encinas). **Villaviciosa** (740 mm; granito y pizarra; encinas y alcornoques).

Primer año

En el otoño de 2002 se tomaron muestras de bellotas procedentes de las tres especies de *Quercus*, en tres estados de madurez (inmaduras, maduras y germinadas) a partir de árboles elegidos al azar en cada una de las cuatro zonas establecidas, considerando también el tipo de suelo. Las bellotas inmaduras presentaban parte de su cáscara con zonas aún verdes y las germinadas tenían el brote ya apuntado. Se recogieron de las que caían golpeando ligeramente las ramas en su tronco, salvo las germinadas, cogidas del suelo en este estado. Se recogió un kilo de bellotas sanas de cada árbol, procedentes de todas las orientaciones de su copa.

Para acelerar la recogida de muestras las recogidas se conservaban envasadas enteras, al vacío, en bolsas policapa de polietileno y aluminio (SACOLIVA, R.S.I. 39-04521/CAT) en cámara a 4°C hasta su análisis. No obstante, no fue posible conseguir muestras de todos los árboles en los tres estados de madurez prefijados, ni se mantuvo la inactividad de las muestras así conservadas, por lo que se dejaron abiertas todas las bolsas en la misma cámara. Algunas bellotas llegaron a germinar, por lo que decidimos considerarlas como un cuarto grupo (germinadas en cámara). En la Tabla 1 se muestra el número de bellotas analizadas según la zona, especie, año y estado de madurez.

Se tomaron los pesos de 100 bellotas sin el cascabillo y la longitud y el diámetro máximos (calibre digital, 0,01 mm de precisión) en 20 bellotas de cada muestra.

Se separaron y pesaron la cáscara y los cotiledones, obteniendo unos 300 g de estos por muestra. Los cotiledones se trituraron groseramente en un molino de cuchillas. En dos gramos de muestra se determinaron la humedad, mediante desecación en estufa a 103°C (24 h) y las cenizas, mediante calcinación en horno de mufla a 550°C (3 h). El resto de los cotiledones triturados se desecó a 45°C, en estufa de aire forzado (48 h), conservándose envasado al vacío en las bolsas policapa a 4°C, hasta la determinación del contenido en nitrógeno, obtenido por el método de combustión Dumas, utilizando el analizador Eurovector EA-2000 del Servicio Centralizado NIRS de la UCO y el contenido en grasa, obtenido en el laboratorio de COVAP, utilizando un analizador semiautomático Foss Less.

Tabla 1. Procedencia y número de muestras de bellotas recogidas en los dos ensayos.

ZONA	ESPECIE	AÑO	ESTADO MADUREZ			
			Inmaduro	Maduro	Germinado	Germina*
CARDEÑA	Encina	2002	17	18	7	5
	"	2003	-	60	-	-
	Quejigo	2002	9	2	-	-
LA JARA	Alcornoque	2002	1	1	-	-
	Encina	2002	15	13	3	4
	"	2003	-	60	-	-
SERREZUELA	Encina	2002	13	12	6	4
	"	2003	-	60	-	-
	Encina	2002	7	7	3	-
VILLAVICIOSA	Alcornoque	2002	4	3	-	-

(*) Muestras recogidas en estado de madurez y germinadas en cámara

Segundo año

En otoño de 2003 se recogieron únicamente muestras de encinas, procedentes de tres zonas (Cardeña, La Jara y La Serrezuela) en estado de madurez. Para aumentar la representatividad de las muestras se seleccionaron dos fincas por zona y, sobre fotografía aérea a escala 1:5000, se escogieron áreas con 40 árboles por cada 50 has, que reflejasen la diversidad de cada finca. De cada árbol se recogieron 10 bellotas con cascabillo y brotes de las ramas, con el fin de clasificarlas por el método de Vázquez *et al.* (1992). De acuerdo con las proporciones obtenidas, se procedió a la recogida de un kilo de muestra de 30 árboles representativos por finca (Tabla 1).

Al día siguiente de su recogida, las muestras eran pesadas, medidas, descascarilladas y los cotiledones triturados, desecados y conservados al vacío, siguiendo la misma metodología utilizada el año anterior.

Adicionalmente se tomaron muestras de 100 bellotas por árbol, de 40 de los árboles seleccionados el año anterior, en las que se obtuvieron el peso, la longitud y el diámetro máximo.

Se analizó la varianza con el modelo ANOVA para un solo factor, para los factores, especie, zona, estado fisiológico y tipo de suelo. Se determinó la regresión lineal paso a paso, entre el peso y las medidas lineales de las bellotas y la correlación entre el peso y el porcentaje de cáscara, utilizando el paquete estadístico SAS (2001).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características morfológicas

Las diferencias significativas obtenidas en el peso entre especies (Tabla 2: alcornoque = 6,6; encina = 5,2 y quejigo = 3,7 g/bellota) concuerdan con las observadas por otros autores (Pova, citado por Laguna Sanz, 1998; Vázquez, 1998). En todo caso, como señala Vázquez (1998), en todas ellas existen ejemplares de muy distinto tamaño, lo que refleja la escasa intervención del hombre en la reproducción de las mismas. El peso se encuentra correlacionado significativamente con la longitud y el diámetro, pero mientras que la longitud por sí sola explica entre el 30-50% de la variabilidad, el diámetro alcanza hasta el 78-85%.

A pesar de las diferencias tan notables que existen en el peso de las bellotas, con un coeficiente de variación (cv) en su conjunto del 32% (30% si nos referimos sólo a las de encina), el porcentaje de cáscara y de cotiledones es mucho más homogéneo (cv = 16%), no presentando diferencias significativas entre especies. Su correlación con el peso es muy baja (solo explica un 11% de la variabilidad) e incluso se aprecia, aunque las diferencias no sean significativas, un menor porcentaje de cáscara en el quejigo (17,1%) que en el alcornoque (18,9%), a pesar de las diferencias de tamaño de sus bellotas (3,7 frente a 6,6 g, respectivamente) lo que ha sido observado también por Pova (citado por Laguna Sanz, 1998).

El efecto de la zona y del tipo de suelo en el peso de las bellotas es de mucha menor entidad al de la especie, presentando igualmente altos niveles de variabilidad interna (coeficientes de variación entre el 23 y el 35%) por lo que hemos obviado la exposición de los resultados parciales de ambos factores (Tablas 2 y 3).

De los datos obtenidos para la encina el 2º año (Tabla 3), que por la metodología utilizada estimamos más representativos, sigue destacándose la alta variabilidad interna de la variable peso, que presenta un cv del 35%, frente a un 16% en el caso del porcentaje de cáscara y sólo del 5,2% para la humedad de los cotiledones, por lo que hemos obviado también la exposición de sus resultados parciales. En estas tres variables los valores de este segundo año son algo superiores a los del primero, siendo de reseñar una subida de cuatro puntos en el porcentaje de cáscara y de tres en el de humedad, lo que podría deberse al menor tiempo pasado entre la recogida y la determinación de ambos valores, con la consiguiente menor desecación en este caso, que podría afectar más a la cáscara que a los cotiledones.

La variación del tamaño de las bellotas, realizada con los datos de los 40 árboles recogidos en ambos años (Tabla 4), refleja, frente a variaciones de menos de un punto (%) entre las dos primeras recogidas del año 2002, que puede incluir el error de muestreo, valores interanuales de 29 puntos para el peso, 9 para la longitud y 4 para el diámetro. Vázquez *et al.* (2001) señalan valores similares (30%) para el tamaño de las bellotas, dependiendo de factores ambientales y, sobretudo, del número de bellotas producidas cada año.

Tabla 2. Características morfológicas y químicas de las bellotas de distintas especies y procedencias recogidas el primer año (Otoño 2002).

VARIABLE	FACTOR	TIPO	\bar{X}	S	Min.	Máx.	Nº
PESO (g/100 uds.)	ESPECIE	ENCINA	518,2 ^b	157	194	984	135
		QUEJIGO	370,7 ^a	157	155	666	11
		ALCORNOCQUE	660,4 ^c	168	420	956	9
	ESTADO	INMADURO	513,6 ^a	162	167	909	67
		MADURO	526,8 ^a	179	155	984	56
		GERMINADO	467,6 ^a	138	268	738	19
	TOTAL	GERM. CÁMARA	552,5 ^a	158	322	910	13
			516,0	165	155,3	983,7	155
CÁSCARA (%)	ESPECIE	ENCINA	18,45 ^a	3,1	12,3	29,1	134
		QUEJIGO	17,08 ^a	3,0	12,1	21,0	11
		ALCORNOCQUE	18,88 ^a	2,5	14,3	22,7	9
	ESTADO	INMADURO	18,64 ^a	3,1	12,1	25,7	66
		MADURO	18,41 ^a	3,2	12,3	29,1	56
		GERMINADO	17,80 ^a	2,9	13,7	24,0	19
	TOTAL	GERM. CÁMARA	17,75 ^a	2,3	13,7	21,4	13
			18,38	3,0	12,1	29,1	154
HUMEDAD (%) (cotiledones)	TOTAL		41,0	3,0	34,6	50,9	152
CENIZAS (% ms) (cotiledones)	ESPECIE	ENCINA	2,18 ^a	0,2	1,5	2,8	133
		QUEJIGO	2,57 ^b	0,2	2,2	3,0	11
		ALCORNOCQUE	2,53 ^b	0,4	2,0	3,4	9
	ESTADO	INMADURO	2,33 ^c	0,3	1,5	3,4	65
		MADURO	2,19 ^b	0,2	1,8	2,8	56
		GERMINADO	2,04 ^c	0,2	1,5	2,5	19
	TOTAL	GERM. CÁMARA	2,11 ^{ab}	0,1	1,9	2,3	13
			2,2	0,3	1,5	3,4	153
PB (% ms) (cotiledones)	ESPECIE	ENCINA	6,15 ^a	0,9	3,7	8,5	132
		QUEJIGO	8,02 ^b	0,9	6,6	9,0	11
		ALCORNOCQUE	6,11 ^a	1,0	3,8	7,7	9
	ESTADO	INMADURO	6,58 ^b	1,1	4,0	9,0	65
		MADURO	6,13 ^{ab}	1,1	3,7	8,9	55
		GERMINADO	5,82 ^a	0,8	4,1	7,5	19
	TOTAL	GERM. CÁMARA	6,11 ^{ab}	0,7	5,3	7,5	13
			6,3	1,0	3,7	9,0	152
GB (% ms) (cotiledones)	ESPECIE	ENCINA	10,81 ^b	1,7	4,5	15,9	132
		QUEJIGO	6,17 ^a	0,6	5,1	6,9	10
		ALCORNOCQUE	7,29 ^a	1,1	4,9	9,1	9
	ESTADO	INMADURO	10,42 ^a	2,5	4,9	15,9	64
		MADURO	10,31 ^a	1,9	5,9	14,0	55
		GERMINADO	9,86 ^a	2,0	4,5	12,9	19
	TOTAL	GERM. CÁMARA	10,22 ^a	1,3	8,2	12,9	13
			10,3	2,1	4,5	15,9	151

PB = proteína bruta; GB = grasa bruta

Composición química

El contenido en humedad depende mucho de las condiciones de manipulación de la bellota. El 44% obtenido para los cotiledones el 2º año lo consideramos representativo de unas adecuadas condiciones de manipulación. Algunos autores han señalado valores superiores, hasta el 50% (Mazuelos *et al.*, 1965) y otros muchos

Tabla 3. Características morfológicas y humedad de las bellotas de encina de distintas procedencias, recogidas el segundo año (Otoño 2002).

VARIABLE	FACTOR	TIPO	\bar{X}	S	Min.	Máx.	Nº
PESO (g/100 uds.)	ZONA	CARDEÑA	515,2 ^a	168	244	968	60
		JARA	601,3 ^b	215	300	1401	60
		SERREZUELA	511,4 ^a	165	201	995	60
	SUELO	GRANITO	584,8 ^b	208	244	1401	90
		PIZARRA	500,4 ^a	155	201	995	90
	TOTAL			542,6	188	201	1401
CÁSCARA (%)	ZONA	CARDEÑA	22,95 ^a	3,4	17,0	29,5	60
		JARA	22,11 ^a	3,5	13,1	33,1	60
		SERREZUELA	21,93 ^a	3,6	15,0	31,8	60
	SUELO	GRANITO	22,39 ^a	3,4	13,1	33,1	90
		PIZARRA	22,27 ^a	3,6	15,0	31,8	90
	TOTAL			22,3	3,5	13,1	33,1
HUMEDAD (%) (cotiledones)	ZONA	CARDEÑA	44,10 ^a	2,5	39,2	55,4	60
		JARA	44,29 ^a	2,4	39,1	50,7	60
		SERREZUELA	43,60 ^a	2,1	39,9	50,2	60
	SUELO	GRANITO	44,37 ^a	2,5	39,1	55,4	90
		PIZARRA	43,62 ^b	2,1	39,2	50,0	90
	TOTAL			44,0	2,3	39,1	55,4

valores inferiores, señalando Vázquez *et al.* (2001) que si la humedad ambiental es menor al 50% pueden llegar a alcanzar valores por debajo del 30%.

Los cotiledones de la bellota de encina tienen ligeramente menos cenizas (2,2%) que los del alcornoque (2,5%) y los del quejigo (2,6%), observado también por Aparicio Macarro (1987) y Nieto *et al.* (2002) y este valor disminuye ligeramente al avanzar el estado de madurez (entre 2,25 y 2,03 % en las bellotas de encina inmaduras y las germinadas).

El nivel medio de proteína bruta que refleja la bibliografía consultada para el caso de la encina varía bastante, entre 4,7 y 6,7 % (Sánchez Romero, 2002). En nuestro caso, el valor medio obtenido (6,15%) se encuentra en el segmento alto de este conjunto. El valor superior para el quejigo (8,02%) coincide con lo obtenido por Cañellas *et al.* (2003) aunque el número de muestras analizadas es muy bajo y su variabilidad muy alta. Al igual que en el caso de las cenizas, se observa una ligera disminución del contenido en proteína a medida que aumenta la madurez (6,6 frente a 5,8 % en inmaduras y germinadas, respectivamente).

Mayores aún son las diferencias observadas en la grasa bruta, en donde destaca el valor para la bellota de encina (10,8 %) frente al alcornoque (7,3 %) y el quejigo (6,2 %) lo que concuerda con lo obtenido por Vázquez Pardo (1998) Vázquez Pardo *et al.* (2001) y Nieto *et al.* (2002). Destaca el amplísimo rango de variación de

Tabla 4. Variaciones intra e interanuales en el tamaño de las bellotas de un mismo árbol. (% sobre la primera recogida del año 2002).

Comparación	\bar{X}	S	Min	Max	Nº
Variación peso 2002 (2/1)*	0,25	7,9	-21,7	18,4	32
Variación peso 2003/02	28,73	45,4	-57,8	147,2	40
Variación longitud 2002 (2/1)*	0,87	2,6	-4,0	6,5	32
Variación longitud 2003/02	9,44	10,6	-8,9	37,4	40
Variación diámetro 2002 (2/1)*	-0,35	3,2	-8,3	4,7	32
Variación diámetro 2003/02	3,7	13,5	-33,5	39,6	40

(*) Tamaño cu recogida 2 (maduro) respecto a recogida 1 (inmaduro) en %.

este componente, tanto dentro de una misma especie, lo que ha sido observado también por Vázquez Pardo (1998) en distintas especies de *Quercus*, como dentro de cada zona, lo que es especialmente importante si consideramos el papel que juega esta grasa en la obtención de los productos de calidad del cerdo ibérico y podría ser de interés en posibles programas de mejora forestal que consideraran estos componentes.

Como en los casos anteriores, también se observa una disminución asociada a los procesos de madurez de la bellota, que es estadísticamente significativa si se consideran solo las bellotas de encina, (11,4% para las bellotas inmaduras y el 9,9% para las germinadas en campo). En todos los casos, las germinadas en la cámara manifestaban un descenso de los componentes estudiados que era de menor intensidad que el observado en las que germinaron en el campo.

CONCLUSIONES

Las características morfológicas y la composición de las bellotas presentan una alta variabilidad, tanto dentro de cada zona, como en una misma especie. Se observan diferencias importantes asociadas a la especie, sobretodo en el tamaño y en el contenido en grasa y pequeñas con relación al estado de madurez, la zona y el tipo de suelo, siendo mínima la influencia del peso en el porcentaje de cáscara.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio ha recibido fondos FEDER, concedidos por la Consejería de Educación y Ciencia de la Junta de Andalucía, a través de la OTRI de la Universidad de Córdoba.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- APARICIO MACARRO, J.B., 1987. La alimentación en régimen de montanera. En *El cerdo ibérico*, 49-59. Premio Sánchez Romero Carvajal. Imp. INGRASA. Cádiz.
- CAÑELLAS REY DE VIÑAS, I.; ROIG GÓMEZ, S.; SAN MIGUEL AYANZ, A., 2003 Caracterización y evolución anual del valor bromatológico de las Quercíneas Mediterráneas. En *Pastos, desarrollo y conservación*. 455-461. Ed. Robles, A.B., Ramos, M.E; Morales, M.C; Simón de, E; González, J.L; Boza, J. Consejería Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía. Sevilla.
- DE PEDRO, E.J.; NÚÑEZ, N.; GARRIDO, A.; GARCÍA, J., 2002. Evaluación objetiva del régimen alimenticio de cerdos Ibéricos. *Albéitar*, **54**, 52-55.
- LAGUNA SANZ, E., 1998. La dehesa, la bellota y el cerdo ibérico. En *El cerdo ibérico en el próximo milenio*. 81-115. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid.
- MAZUELOS VELA, F.; FIESTAS ROS DE URSINOS, J.A.; RAMOS AYERBE, F., 1965. Estudio del fruto de la encina (*Quercus ilex*). II. Características del fruto y de su aceite y harina. *Grasas y Aceites*, **17**, 6-10.
- NIETO, R.; RIVERA, M.; GARCÍA, M^a A.; AGUILERA, J.F., 2002. Amino acid availability and energy value of acorn in the Iberian pig. *Livestock Production Science*, **77**, 227-239.
- SÁNCHEZ ROMERO, R., 2002. *Evolución de la composición de la bellota a lo largo de la montanera en función de distintos factores*. ETSIAM. Universidad de Córdoba. 85 pp.
- SAS. 2001. *SAS System for Windows*. Software Release 8.2. SAS Institute Inc., Cary, NC. USA.
- VÁZQUEZ PARDO, F.M., 1998. Características de las semillas. En *Semillas del género Quercus L. (Biología, Ecología y Manejo)*. 67-87. Ed. Junta de Extremadura, Consejería de Agricultura y Comercio. Badajoz.
- VÁZQUEZ PARDO, F.M.; DONCEL PÉREZ, E.; RAMOS MAQUEDA, S., 2001. Variaciones de calidad en la bellota. *Sólo Cerdo Ibérico*, **6**, 75-80.
- VÁZQUEZ, F.M.; ESPÁRRAGO, F.; LÓPEZ MÁRQUEZ, J.A.; JARAQUEMADA, F.; PÉREZ, M.C., 1992. *Descripción de la especie Quercus rotundifolia Lam. y sus formas para Extremadura*. Ed. Junta de Extremadura. Consejería de Agricultura y Comercio. Badajoz. 23 pp.

Valoración bromatológica de la zulla (*Hedysarum coronarium* L.) en zullares cultivados de más de un año en la isla de Menorca

J. BUSTAMANTE¹, A. ALLÉS¹, J.R. DE OLIVES² y J. ROVIRA³

¹Centro de Capacitación y Experiencias Agrarias de Mahón. CCEA. Apto. 35. 07700 Mahón. Menorca. (España). ²Servicio Gestión Técnica del Instituto de Biología Animal de Baleares. IBAB S.A. Delegación Menorca. Bijuters 36. 07760 Ciutadella. Menorca. (España). ³Departamento de laboratorio del IBAB S.A. Sección Bromatología. Esperanto 8. 07198 Son Ferriol. Mallorca. (España).

RESUMEN: Se ha estudiado la evolución del valor nutritivo de la zulla (*Hedysarum coronarium* L.), en zullares de más de un año de cultivo en seco y en sus diferentes estados fenológicos, con el fin de ajustar, según sea el momento de aprovechamiento del forraje, el racionamiento alimenticio de vacas lecheras. A medida que avanza la madurez de la planta, desde el estado fenológico de hojas hasta el de fructificación, se incrementan los constituyentes de la pared celular (la FB desde 16,31% hasta 34,19%, la FAD desde 25,33% hasta 45,29% y la FND desde 27,28% hasta 49,11%) y disminuye el contenido de proteína bruta (de 24,05% a 13,54%). El momento óptimo de aprovechamiento del forraje depende de su manejo: pastoreo, siega o ensilado.

Palabras clave: Planta bianual, supervivencia del zullar, seco, estados fenológicos, valor nutritivo.

*Evaluation of the nutritive properties of the sulla (*Hedysarum Coronarium* L.) in sullas grown for over a year in the island of Menorca.*

SUMMARY: This study has been made to evaluate of the nutritive value of the sulla (*Hedysarum coronarium* L.) for over a year of cultivation on it's different phenologics states. With the result, depending when the forage is utilized, the related alimentation of dairy cows. During the maturity the components of the cellular wall are increased (the CF from 16.31% to 34,19%, the ADF from 25.33% to 45.29% and the NDF from 27.28% to 49.11%) and crude protein contents decrease (from 24.05% to 13.54%). The best moment of forage profit depends of its manage: pasturing, reaping or ensilage.

Key words: Biannual forage, sulla survival, dry farming, phenologics states, nutritive value.

INTRODUCCIÓN

La isla de Menorca es una comarca ganadera que dispone de unas 13 000 vacas en ordeño y 30 000 ha de S.A.U. La viabilidad económica de sus explotaciones lecheras pasa por cubrir sus propias necesidades forrajeras y comprar el mínimo de inputs fuera de la isla. Con el fin de mejorar la producción de forraje es de vital importancia potenciar la presencia de leguminosas en la alternativa de cultivos, por lo que el objetivo de este trabajo es conocer el valor bromatológico de los zullares de dos o más años, en sus diferentes estados fenológicos con el fin de ajustar el racionamiento alimenticio de vacas lecheras según sea el momento de aprovechamiento del forraje.

La zulla (*Hedysarum coronarium* L.) es una planta forrajera bianual, pudiéndose encontrar excepcionalmente plantas de tres o más años. Por tanto, zullares de más de tres años se conformarán mediante resiembra (De Olives, 1967).

Una fase clave del cultivo será la supervivencia de las plantas durante el verano (Bustamante *et al.*, 2000). Esta depende de tres factores: la sequía estival, la maquinaria que se utiliza para ensilarla, la dosis de siembra.

En Menorca la sequía veraniega, típica del Mediterráneo, suele durar desde mediados de mayo hasta la segunda mitad de septiembre. Son unos 100 días con precipitaciones de lluvia mínimas o incluso nulas, durante los cuales las plantas sobreviven gracias a su raíz pivotante que le permite obtener agua de las capas profundas del suelo. Los chubascos aislados de julio o principios de agosto suelen ser fatales para su desarrollo, sobre todo si son superiores a 20 mm, ya que las plantas comienzan a rebrotar, agotan sus reservas y mueren con la vuelta a la sequía (Bustamante *et al.*, 2000).

Al ensilar la zulla se utilizan, en Menorca, principalmente picadoras de mayales que disponen de un sistema de corte tipo martillo que siega la zulla por golpeo en lugar de corte. Esto provoca que el tallo, el cual está muy lignificado y no es hueco, no presente un corte limpio sino que queda desgarrado, por lo que las plantas son más susceptibles al ataque de enfermedades criptogámicas y muchas mueren durante el verano. Además algunas plantas se rompen por la zona del cuello quedando solamente la raíz que al no tener yemas no puede rebrotar. En terrenos sueltos o húmedos el golpeo de los martillos de la máquina hace que los tallos, a la altura del cuello, queden separados de la tierra, lo que origina que la planta se seque más rápidamente y termine por morir en verano (Bustamante *et al.*, 2000).

Debido a las dos causas anteriores, es de vital importancia que la dosis de siembra sea la adecuada, entre 25 y 30 kg/ha (Bustamante *et al.*, 1998) con el fin de tener muchas plantas durante el primer año del cultivo ya que durante el proceso de ensilado y con la sequía estival se mueren muchas de ellas. Las plantas de segundo año poseen un rebrote vigoroso en forma de roseta con varios tallos, las cuales compensan la disminución de su número al ocupar mucho más terreno que las de primer año.

Esta problemática se resolvería utilizando segadoras de corte exacto, pero son de difícil aplicación en Menorca debido a las piedras existentes en las parcelas y el pequeño tamaño de las mismas, las cuales además están cercadas por muros de mampostería en seco de 1,20 m de altura, que dan lugar a una tupida retícula que es característica del paisaje rural menorquín. Todo ello hace que sea más práctico el asegurar una dosis de siembra adecuada.

MATERIAL Y MÉTODOS

El material utilizado en la realización de este estudio han sido 174 muestras de forraje verde de zulla, recogidas de diversos zullares cultivados en secano, de entre 2 y 5 años, de fincas ganaderas en explotación. Por tanto, las muestras no son de plantas espontáneas. Éstas proceden de 28 predios de Menorca y se tomaron segando varios manojos de una misma parcela con un cuchillo a una altura de unos 7 cm, entre los años 1996 y 2003, desde noviembre a mayo. Una vez tomadas se clasificaron en función de su estado fenológico. Se definieron siete estados diferentes:

1. Hojas : Planta de primer año. Ausencia de tallos (hasta enero).
2. Entallado : Planta en fase de desarrollo del tallo. Ausencia de yemas (diciembre).
3. Yemas florales : Planta en fase inicial de abotonamiento (enero).
4. Botones florales : Planta con botones florales en sus extremidades (febrero).
5. Inicio floración : Planta con flores basales en la inflorescencia (finales febrero).
6. Floración : Planta en fase de plena floración (marzo).
7. Fructificación : Planta en fase de formación de vainas (finales abril)

Posteriormente fueron enviadas al laboratorio del IBAB S.A. para su análisis bromatológico. Una vez secas las muestras (60°C durante 48 horas) y molidas (luz de malla de 1 mm), se realizaron las siguientes determinaciones (según métodos oficiales del AOAC de 1990): materia seca (MS), por desecación en estufa de ventilación forzada a 103°C hasta peso constante para referir la analítica a % de MS; cenizas (CEN), incineración a 550°C; fibra bruta (FB), esquema Wendee; fibra ácido detergente (FAD) y fibra neutro detergente (FND), técnica de Goering y Van Soest (1970) y Van Soest *et al.* (1991); proteína bruta (PB), método Kjeldahl.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos son los que se muestran en la Tabla 1.

De los resultados obtenidos se pueden realizar los siguientes comentarios:

El contenido en MS se incrementa al aumentar el grado de madurez de la planta. En comparación con los resultados obtenidos por Bustamante *et al.* (2003) en zullares de primer año, estos valores son superiores al tener las plantas más tallos y ser estos más lignificados.

El contenido en cenizas disminuye progresivamente hasta el estado de fructificación, existiendo dos repuntes en los estados de botones florales y floración.

Los contenidos en FB, FAD y FND aumentan progresivamente al aumentar el grado de madurez, siendo todos los valores superiores a los obtenidos en zullares de primer año.

El contenido en PB disminuye al aumentar el grado de madurez. Lo hace de forma muy rápida al pasar de hojas a yemas florales, luego sigue disminuyendo, aunque de forma más lenta, hasta el estado de fructificación. En comparación con los resultados obtenidos en zullares de primer año, los valores son muy similares hasta el estado de botones florales, siendo inferiores a partir de este estado fenológico.

Tabla 1. Evolución del contenido en materia seca (MS, %), y del contenido en cenizas (CEN), fibra bruta (FB), fibra ácido detergente (FAD), fibra neutro detergente (FND) y proteína bruta (PB), expresados en porcentaje sobre materia seca, del cultivo de la zulla en función de sus estados fenológicos.

Estado fenológico		MS	CEN	FB	FAD	FND	PB
Hojas	N	15	15	14	15	15	15
	Mínimo	7,98	10,56	12,80	16,37	18,48	17,52
	Media	9,62	13,07	16,31	25,33	27,28	24,05
	Máximo	13,52	16,32	19,19	32,70	33,15	28,23
	Desv. Std.	1,76	1,52	1,87	4,07	4,19	2,99
Entallado	N	40	40	38	40	40	40
	Mínimo	7,62	9,02	15,67	21,53	22,66	13,26
	Media	10,03	12,27	19,79	29,04	31,12	20,65
	Máximo	14,08	16,02	27,00	35,08	38,23	27,86
	Desv. Std.	1,55	1,61	3,08	3,59	4,07	3,27
Yemas florales	N	29	29	26	29	29	29
	Mínimo	7,86	9,04	15,74	20,45	25,74	13,26
	Media	12,06	11,46	24,31	33,05	36,02	17,74
	Máximo	15,74	13,68	33,84	45,20	48,93	24,45
	Desv. Std.	1,88	1,30	5,05	5,27	5,36	2,92
Botones florales	N	32	32	30	32	32	32
	Mínimo	8,55	8,79	16,91	24,56	27,31	12,09
	Media	12,51	11,77	26,59	35,24	38,23	16,89
	Máximo	16,47	15,89	37,16	46,76	52,43	22,27
	Desv. Std.	1,80	1,88	5,31	5,41	5,72	2,31
Inicio floración	N	14	14	14	14	14	14
	Mínimo	12,19	8,75	20,35	27,77	30,39	12,24
	Media	15,37	10,15	28,61	37,15	40,60	15,15
	Máximo	18,71	12,43	36,81	47,91	52,22	18,33
	Desv. Std.	2,15	1,09	4,81	5,75	5,92	1,64
Floración	N	27	27	25	27	27	27
	Mínimo	12,85	8,04	23,59	29,57	35,45	11,05
	Media	17,12	10,63	30,30	40,65	45,26	14,11
	Máximo	29,68	13,16	35,06	50,15	58,99	17,65
	Desv. Std.	3,68	1,60	3,25	5,64	6,88	1,70
Fructificación	N	17	17	17	17	17	17
	Mínimo	15,83	7,71	30,55	37,68	43,03	11,01
	Media	20,30	10,01	34,19	45,29	49,11	13,54
	Máximo	24,27	12,50	37,84	50,23	54,98	16,31
	Desv. Std.	2,80	1,30	2,26	3,22	3,77	1,51

N = Número de muestras

CONCLUSIONES

La zulla (*Hedysarum coronarium* L.) en su segundo año de cultivo vuelve a ser un forraje verde excelente para la alimentación de vacas lecheras. A lo largo de todo su ciclo vegetativo tiene un contenido de proteína

bruta por encima del 13% y un contenido en fibra bruta por debajo del 29%, a excepción de los estados fenológicos de floración y de fructificación. El aprovechamiento a diente se debería realizar antes del estado de yemas florales. En cambio si el forraje se aprovecha mediante siega debería retrasarse al estado de botones florales para conseguir un equilibrio entre cantidad y calidad del mismo. Si el destino fuera su ensilado el porcentaje de materia seca del forraje sería su factor limitante por lo que habría que retrasar su siega al estado de floración.

AGRADECIMIENTOS

A todos los predios, que de forma desinteresada, han permitido la recolección de las muestras de forraje de sus parcelas de cultivo y al personal del laboratorio por la realización de la analítica.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AOAC., 1990. *Official methods of analysis. Association of official analytical chemists*. 15th edn. Arlintong (USA).
- BUSTAMANTE, J., ALLÉS, A., ESPADAS, M., 1998. *Información Técnica del Centro de Capacitación y Experiencias Agrarias de Mahón (Menorca)*. Números: 5. Consell Insular de Menorca. Mahón. Menorca (España).
- BUSTAMANTE, J., ALLÉS, A., ESPADAS, M., 2000. *Información Técnica del Centro de Capacitación y Experiencias Agrarias de Mahón (Menorca)*. Números: 20, 21, 22, 23 . Consell Insular de Menorca. Mahón. Menorca (España).
- BUSTAMANTE, J.; ALLÉS, A.; DE OLIVES, J.R. ; ROVIRA, J., 2003. Valoración bromatológica del cultivo de la zulla (*Hedysarum Coronarium* L.), durante su primer año de cultivo, en la isla de Menorca. En *Actas de la XLIII Reunión Científica de la S.E.E.P.* 243-247.
- DE OLIVES, G., 1967. *La zulla*. Publicación de Capacitación Agraria. Serie Técnica nº 23. Ministerio de Agricultura. 47 pp. Madrid (España).
- GOERING, H.K., VAN SOEST, P.J. 1970. *Forage fiber analysis*. USDA, ARS Agric. Handb., 379, 1-12. Washington DC (USA).
- VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A., 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and no starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* **74**, 3583-3597.

Efecto de la semilla de algodón sobre el valor nutritivo del heno de alfalfa en ganado caprino

M. MENESES¹, J. MADRID², F. HERNÁNDEZ² y M.D. MEGÍAS²

¹Colegio de Postgraduados, Programa de Ganadería, Km 36.5, Carretera México-Texcoco, Estado de México, 56230. México. ²Departamento de Producción Animal, Facultad de Veterinaria, 30071, Campus de Espinardo, Murcia (España)

RESUMEN: Se ha determinado el efecto de la semilla de algodón sobre la ingestión y digestibilidad de la ración ganado caprino. Diez machos, adultos y castrados de raza Murciano-Granadina fueron utilizados en dos pruebas de digestibilidad. Las raciones estaban constituidas por heno de alfalfa 100% (HA) y heno de alfalfa más semilla de algodón 75:25% (HAAL).

La incorporación de un 25% de semilla de algodón en la ración basada en heno de alfalfa no afectó ($P > 0,05$) a la digestibilidad de la MS, PB o FND. La ingestión de materia seca fue similar en ambas raciones (55,9 y 53,2 g/kgPV^{0,75} y día, para la ración HA y HAAL respectivamente)

Con los resultados obtenidos se puede concluir que la incorporación de un 25% de semilla de algodón en raciones basadas en heno de alfalfa para caprino adulto, no afecta a la ingestión de materia seca ni a la digestibilidad de la MS y de FDN.

Palabras clave: Digestibilidad, ingestión, cabras.

Cottonseed effect on nutritive value of alfalfa hay for goats nutrition

SUMMARY: Cottonseed effect on digestibility and ingestion of goats rations has been determined. Ten mature Murciano-Granadina males have been used in two different digestibility trials. The rations were composed by alfalfa hay 100% (HA) and alfalfa hay plus cottonseed in proportion 75:25% (HAAL).

The dry matter (DM), crude protein (CP) or neutral detergent fiber (NDF) digestibility were not affected by the inclusion of 25% of cottonseed in the alfalfa hay ration. The MD ingestion for both rations was very close (55.9 and 53.2 g/kgPV^{0,75} per day, for HA and HAAL ration, respectively).

With these results it can be concluded that the inclusion on 25% of cottonseed in the alfalfa hay rations for goats not affects on DM ingestion, MDGP or NDF digestibility.

Key words: Digestibility, ingestion, goats.

INTRODUCCION

La producción española de algodón en 2001 fue de 315 900 Tm, siendo Andalucía su principal origen. El producto principal es la fibra, considerándose la semilla un subproducto que representa el 60% del material cosechado (MAPA, 2001).

La semilla de algodón entera es un producto voluminoso, muy utilizado en sistemas de alimentación unifeed para rumiantes lecheros ya que su valor nutritivo para la producción lechera es elevado (Aricli, 1998). A pesar de ser un alimento fibroso, tiene un elevado contenido en paredes celulares (borra y cascarilla), y se la considera en ocasiones, como un concentrado por su alto porcentaje proteico (17-27%) y de elevado valor energético debido a su contenido en grasa (superior al 15% MS). Su proteína tiene una degradabilidad del 73%, mientras que su fibra es muy degradable en rumen (la borra que recubre a la semilla es celulosa pura). Parte de la grasa que contiene esta semilla oleaginoso es by-pass (FEDNA, 1999).

Las limitaciones de esta materia prima para la alimentación de rumiantes son su nivel de grasa relativamente alto, pudiendo tener efectos negativos sobre los microorganismos de rumen. Así como su contenido en gosisol, un pigmento polifenólico tóxico, que a dosis elevadas excede la capacidad desintoxicante ruminal (Willard *et al.*, 1995).

En vacuno lechero Coppock *et al.* (1987) indican que la semilla de algodón puede constituir hasta un 25% de la ración sin tener efectos sobre la ingestión de la materia seca. Sobre la digestibilidad no encuentran datos concluyentes, mientras que sobre la producción y composición de la leche, señalan que aumenta el porcentaje graso, bajando el proteico.

La suplementación de la paja de cereal con 400g de semilla de algodón en cabras lecheras aumentó la tasa butírica de la leche, bajó el porcentaje proteico sin afectar a la producción lechera (Djibrillou *et al.*, 1998).

Luginbuhl *et al.* (2000) encuentran una relación negativa entre los coeficientes de digestibilidad de la materia seca y todas las fracciones fibrosas cuando el nivel de inclusión de la semilla de algodón se va incrementando del 8 al 24% en raciones para caprino en crecimiento.

En la actualidad, los sistemas de alimentación unifeed empleados en caprino lechero en la zona del Sureste español, utilizan como forraje el heno de alfalfa e incluyen frecuentemente semilla de algodón. Por ello, el presente trabajo planteó como objetivo la evaluación del efecto de la inclusión de un 25% de semilla de algodón sobre la ingestión voluntaria y digestibilidad de la ración basada en heno de alfalfa.

MATERIAL Y METODOS

Las materias primas utilizadas en estas pruebas fueron heno de alfalfa (*Medicago sativa L.*) y semilla de algodón (*Gossypium hirsutum L.*), ambas producidas localmente.

Para la realización de los dos ensayos de digestibilidad, se emplearon 10 machos, adultos y castrados de raza Murciano-Granadina (5 animales por prueba). Durante las pruebas, los animales permanecieron en jaulas individuales de digestibilidad provistas de comedero y bebedero independiente. La recogida de heces se realizó mediante la utilización de bolsas de plástico sujetas al animal por medio de arneses.

Las raciones estudiadas estaban constituidas por heno de alfalfa al 100% y por heno de alfalfa más semilla de algodón (75:25%). Las raciones fueron ofrecidas una vez al día (9:00 h) *ad libitum* ajustando diariamente la ración para recoger una cantidad de producto rehusado no superior al 10-15%, niveles considerados adecuados para que el animal no tenga opción de seleccionar el alimento, así como para que las fluctuaciones en la ingestión diaria sean mínimas (Cammell, 1977).

La prueba de digestibilidad tuvo una duración de 21 días y constó de dos periodos: el primero de acostumbamiento de 14 días de duración, y el segundo o periodo experimental de 7 días de duración, donde se controló diaria e individualmente las heces depuestas y el alimento ofrecido y rehusado.

Las muestras de heces y alimento diario fueron desecadas en estufa de aire forzado a 60°C hasta peso constante. A continuación fueron molidas con un tamiz de 1 mm de diámetro. Se realizaron análisis de materia seca, cenizas, proteína bruta (PB) y extracto etéreo según métodos de la AOAC (1980). La determinación de las paredes celulares y sus componentes se realizó según indica Van Soest *et al.* (1991).

Los resultados de las pruebas se han analizado estadísticamente mediante análisis de varianza de una vía (Steel y Torrie, 1980).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los datos de composición química del heno de alfalfa y de la semilla de algodón se indican en la Tabla 1.

La semilla de algodón tiene un contenido en paredes celulares elevado (50,8% de la MS) característico de un alimento fibroso, sin embargo también posee un alto nivel de proteína y grasa típico de alimentos concentrados. Según indica Kajikawa *et al.* (1991) la semilla de algodón es el único alimento con alta densidad en fibra y energía.

En la Tabla 2 se muestran los resultados de digestibilidad del heno de alfalfa y de la ración integrada por heno de alfalfa y semilla de algodón.

La suplementación del heno de alfalfa con un 25% de semilla de algodón no afectó ($P > 0,05$) a los coeficientes de digestibilidad de la materia seca (DMS), proteína bruta (DPB) ni paredes celulares (DFND).

Tabla 1. Composición química del heno de alfalfa y semilla de algodón

Componente	Alfalfa	Semilla de algodón
<i>Materia seca</i>	89,0	91,4
Composición (%MS)		
Materia orgánica	90,1	95,3
Miñerales	9,8	4,6
Proteína Bruta	20,5	19,6
FND	33,9	50,8
FAD	22,0	32,6
Lignina	2,6	10,5
EE	3,0	17,9

EE= extracto etéreo

Tabla 2. Digestibilidad, contenido en nutrientes digestibles e ingestión de las raciones.

	Alfalfa	Alfalfa: Semilla de algodón	NS
Coefficiente de digestibilidad (%)			
DMS	58,0	59,0	NS
DPB	79,0	76,7	NS
DFND	33,1	41,4	NS
Contenido en Nutrientes Digestibles (%)			
MOD	51,6	53,9	NS
PD	16,2	15,5	*
Ingestión (g/kgPV ^{0,75} y día)			
MS	55,9	53,2	NS

MOD= material orgánica digestible; PD= proteína digestible

Según indican Coppock *et al.* (1987) la incorporación de hasta un 30% de semilla de algodón en la ración no afecta la digestibilidad de la fibra. Estos datos contrastan con los obtenidos por Luginbuhl *et al.* (2000) en caprino en crecimiento quienes indican que la incorporación de semilla de algodón a niveles crecientes (0, 8, 16, 24 %) en sustitución de una mezcla de maíz y harina de soja, bajó la digestibilidad de la MS y de la fibra de la ración. Sin embargo, estos autores indican que la digestibilidad de la PB no se vio afectada.

Arieli (1994) indica que la digestibilidad de la energía de la ración en ovino, no fue influenciada por la inclusión de un 25% de semillas de algodón, cuando la ración era administrada a nivel de mantenimiento. Sin embargo, observó una bajada en las pérdidas energéticas en forma de metano, reflejo de los efectos negativos del aceite de esta semilla sobre la flora celulolítica ruminal (Czerkawski, 1973). La menor digestión celulolítica en rumen debió de ser compensada por una mayor digestibilidad de la ración en intestino.

La incorporación de la semilla de algodón no afectó al contenido en materia orgánica digestible de la ración, pero sí redujo ligeramente el de proteína digestible ($P < 0,05$).

La ingestión de materia seca de las cabras en la prueba de digestibilidad no se vio afectada por la presencia de la semilla de algodón ($P > 0,05$). Por el contrario, Luginbuhl *et al.* (2000) encuentran una reducción en la ingestión de materia seca con niveles de incorporación de semilla de algodón del 24%. Coppock *et al.* (1987) en un trabajo de revisión, indican que la inclusión de hasta un 25% de semilla entera de algodón no afectó a la ingestión de materia seca, sin embargo incrementó la ingestión de energía dado su alto contenido en grasa. Este punto es de gran interés para el ganado lechero donde un incremento en la ingestión energética redundó en un aumento de la producción.

CONCLUSIONES

Con los resultados obtenidos se puede concluir que la incorporación de un 25% de semilla de algodón en raciones basadas en heno de alfalfa para caprino adulto, no afecta la ingestión de materia seca ni la digestibilidad de la MS, PB y fibra.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- AOAC, 1980. *Official method of analysis*. 13th ed. Association of official Analytical Chemists. Washington, D.C.
- ARIELI, A., 1994. Effect of whole cottonseed on energy partitioning and nitrogen balance in sheep. *Animal Production*, **58**, 103-108.
- ARIELI, A., 1998. Whole cottonseed in dairy cattle feeding: a review. *Animal Feed Science and Technology*, **72**, 97-110.
- CAMMELL, S. B., 1977. *Equipment and techniques used for research into the intake and digestion of forages by sheep and calves*. . Technical Report, n° 24, 80 pp. Grassland Research Institute Hurley, Maidenhead, Berkshire, U.K.
- COPPOCK, C.E.; LANHAM, J.H.; HORNER, J.I., 1987. A review of the nutritive value and utilization of whole cottonseed, cottonseed meal and associated by-products by dairy cattle. *Animal Feed Science and Technology*, **18**, 89-129.
- CZERKAWSKI, J.W., 1973. Effect of linseed oil fatty acids and linseed oil on rumen fermentation in sheep. *Journal of Agriculture Science, Cambridge*, **81**, 517-531.
- DJIBRILLOU, O. A.; PANDEY, V. S.; GOURO, S. A.; VERHUIST, A., 1998. Effect of urea-treated or untreated straw with cotton seed on performances of lactating Maradi (Red Sokoto) goats in Niger. *Livestock Production Science*, **55**, 117-125.
- BIAS, C.; MATEOS, G.G.; GARCÍA, P., 1999. Normas FEDNA para la formulación de piensos compuestos. *Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal*. ed. Universidad Politécnica de Madrid.
- KAJIKAWA, H.; ODAI, M.; SAITOH, M.; ABE, A., 1991. Effects of whole cottonseed on ruminal properties and lactation performance of cow with different rumen fermentation patterns. *Animal Feed Science and Technology*, **34**, 203-212.
- LUGINBUHL, J.M.; POORE, M.H.; CONRAD, A.P., 2000. Effect of level of whole cottonseed on intake, digestibility, and performance of growing male goats fed hay-based diets. *Journal of Animal Science*, **78**, 1677-1683.
- MAPA, 2001. *Anuario de Estadística Agraria*. Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación. Madrid . España.
- STEEL, R.G.D.; TORRIE, J.H., 1980. *Principles and procedures statistics: a biometrical approach* . 2nd ed. McGraw-Hill Book, Co., New York.
- VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A., 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, **74**, 3583-3597.
- WILLARD, S.T.; NEUENDORFF, D.A.; LEWIS, A.W.; RANDEL, R.D., 1995. Effects of free gossypol in the diet of pregnant and postpartum Brahman cows and calf development and cow performance. *Journal of Animal Science*, **73**, 496-507.

Calidad nutritiva de pastos de puerto de la cordillera Cantábrica aprovechados por rebaños de vacuno u ovino

R. CELAYA, M. OLIVÁN, M. MOCHA, M.J. MARTÍNEZ, P. GARCÍA y K. OSORO

Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario (SERIDA). Apdo. 13 - 33300 Villaviciosa (Asturias)

RESUMEN: Se estudió la evolución durante tres años del valor nutritivo de pastos altimontanos de la Cordillera Cantábrica, dominados por *Festuca rubra* L. y *Agrostis capillaris* L., bajo dos tratamientos de pastoreo (vacuno u ovino) y en dos condiciones de cubierta vegetal (dominando el pasto herbáceo o el arbustivo). Los contenidos en proteína y cenizas resultaron superiores y los de fibra inferiores en los pastos aprovechados por vacuno que en los de ovino, aunque las diferencias tendían a desaparecer en el tercer año de estudio. El valor nutritivo del pasto se incrementó significativamente a lo largo de los años, tanto en las muestras recogidas a pellizcos (pasto consumido) como en las cortadas a ras de suelo (pasto en oferta). La calidad del estrato superior del pasto resultó mayor que la del total del pasto disponible en cualquiera de las épocas.

Palabras clave: *Festuca rubra*, *Agrostis capillaris*, proteína bruta, fibra.

Nutritive quality of cantabrian high mountain pastures under cattle or sheep grazing

SUMMARY: The nutritive quality of Cantabrian high mountain pastures dominated by *Festuca rubra* and *Agrostis capillaris* was studied during three years under cattle or sheep grazing, in two conditions of pasture availability, dominated by herbaceous or by *Calluna* heathland. Contents of crude protein and ashes were significantly higher and those of acid and neutral detergent fiber lower in the plots grazed by cattle than in those grazed by sheep, even though the differences tended to decrease in the third year. The nutritive value of the pasture increased along years both in hand-pucked samples (simulating animal diets) and in the available pasture cut to ground level. The nutritive quality of the former (upper layer) resulted significantly higher than that of the total available pasture.

Key words: *Festuca rubra*, *Agrostis capillaris*, crude protein, fiber.

INTRODUCCIÓN

Los pastos de puerto son utilizados por el ganado en la época estival, constituyendo un recurso fundamental para la sostenibilidad de los sistemas extensivos. Sin embargo, a menudo los rendimientos animales pueden verse limitados a causa de la menor producción y sobre todo del menor valor nutritivo de estos pastos con respecto a las praderas de zonas bajas (Hodgson y Eadie, 1986). Además dicha productividad, tanto en cantidad como en calidad, disminuye cuando estos pastos son infrautilizados debido al embastecimiento, incremento del material senescente y de especies menos apetecibles, disminución del reciclaje de nutrientes, etc. (Hodgson y Grant, 1981). Por ello, resulta esencial conocer el efecto de distintas estrategias de pastoreo y alternativas de manejo sobre estos parámetros nutritivos puesto que inciden directamente en la nutrición y el rendimiento animal y por tanto en la productividad del sistema. El objetivo de este trabajo es estudiar la evolución de la calidad nutritiva de pastos de puerto dominados por *Festuca* y *Agrostis* cuando son aprovechados por ganado vacuno u ovino en distintas condiciones de disponibilidad vegetal.

MATERIALES Y MÉTODOS

Zona de estudio

La finca experimental se encuentra situada a 1600-1700 m de altitud en los Puertos de Agüeria (Macizo de Ubiña), en el concejo de Quirós (Asturias). Los pastos corresponden principalmente a dos tipos de comunidades: pastos herbáceos altimontanos dominados por *Festuca rubra* L. y *Agrostis capillaris* L. (Merendero

pyrenaicae-Cynosuretum cristati) junto con zonas de cervunal (*Polygalo edmundii-Nardetum*), y pastos arbustivos silicícolas dominados por brecina (*Calluna vulgaris* (L.) Hull) o gorbizales.

Diseño experimental

La finca se dividió en seis parcelas, tres con un 70% de pasto herbáceo y un 30% de gorbizal (G30), y tres con un 25% de pasto herbáceo y un 75% de gorbizal (G75). En cada una de las situaciones de disponibilidad vegetal (G30 ó G75), se destinó una parcela de unas 20 ha al pastoreo del vacuno y dos parcelas de 5 ha al ovino. Estos tratamientos de 2 especies animales x 2 tipos de cubierta vegetal se mantuvieron desde junio de 1990 hasta agosto de 1993.

Manejo de los animales

Las vacas, de raza Asturiana de los Valles, se manejaron a una carga de 1,0-1,2 vacas/ha, mientras que las ovejas, de raza Gallega o Latxa, pastaron a cargas de 9-11 ovejas/ha. Los animales subían a puerto a mediados de junio, las vacas con sus terneros y las ovejas tras haber destetado sus corderos -salvo en 1991 en que también subieron los corderos- y permanecían en la finca hasta finales de septiembre o principios de octubre.

Muestreos

Para conocer la presión de pastoreo a lo largo de la estación de pastoreo, se midió la altura del pasto apetecible (*Festuca-Agrostis*) cada 10-15 días en 80 puntos al azar en cada parcela mediante el "swardstick" (Barthram, 1986).

Cada 10-15 días (1990-1992) se recogieron tres muestras de pasto apetecible en cada parcela a pellizcos, con el fin de estimar el valor nutritivo del pasto consumido por los animales. Se analizó su composición química tras su secado en una estufa de aire forzado a 60 °C durante 24 horas y molienda a 0,75 mm. Sobre un total de 428 muestras de pasto se determinaron los contenidos en MS de Cenizas (incineración a 550 °C durante 4-5 horas), Proteína Bruta (PB, como N-Kjeldhal x 6,25), Fibra Ácido Detergente (FAD, Van Soest y Wine, 1968) y Fibra Neutro Detergente (FND, Robertson y Van Soest, 1977).

En junio y agosto de 1990, julio de 1991 y agosto de 1993 se cortaron a ras de suelo 5-10 muestras de pasto de 0,2 x 1 m² por parcela (ofertas), tras medir su altura en 20 puntos al azar mediante el "swardstick". Estas muestras se secaron en estufa a 60 °C y se pesaron para determinar la cantidad de biomasa vegetal en kg MS/ha. Su calidad nutritiva se analizó mediante las mismas técnicas descritas anteriormente.

Datos climáticos

Al no disponer de ninguna estación meteorológica en la finca experimental se recurrió a los datos pluviométricos de cuatro estaciones asturianas del interior de la Cordillera Cantábrica: Valle del Lago (Somiedo, 1240 m de altitud), Genestoso (Cangas del Narcea, 1180 m), Pajares (Lena, 1000 m) y Tablado (Lena, 640 m). Al estar las precipitaciones mensuales de las cuatro muy correlacionadas entre sí ($r = 0,86-0,95$; $P < 0,001$) se obtuvo la media para estudiar su posible relación con la evolución temporal de la calidad nutritiva del pasto.

Análisis estadístico

Los efectos de la especie animal (vacuno-ovino) y del tipo de cubierta vegetal (G30-G75), así como del año y de la época de muestreo sobre los parámetros nutritivos, se estudiaron mediante análisis de la varianza. En el caso de las muestras a pellizcos, se introdujo la altura del pasto apetecible en la parcela como covariable. En el caso de las muestras del pasto en oferta se introdujo la altura y la biomasa de la muestra como covariable. La relación entre la cantidad (altura, biomasa) y la calidad nutritiva de las muestras de oferta se analizó mediante correlación (r de Pearson) y regresión (lineal, logarítmica, cuadrática).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Muestras de oferta

El valor nutritivo del pasto muestreado a ras de suelo fue afectado significativamente por la época, así como por la altura y la biomasa de las muestras. No se observaron efectos significativos de los tratamientos (especie animal, cubierta vegetal) en ninguno de los parámetros analizados.

Al estudiar la diferencia entre meses del mismo año (1990) se observa que el contenido en MS aumentó significativamente ($P < 0,001$) de junio a agosto, por lo que no se apreciaron diferencias en la biomasa aérea, a pesar de la mayor altura ($P < 0,05$) del pasto de junio respecto a agosto (Tabla 1). Paralelamente a este incremento del %MS, aumentó significativamente ($P < 0,05$) la concentración de FND, a la vez que disminuyó el contenido en PB como consecuencia de la madurez fenológica de las gramíneas dominantes (incremento de la lignificación de los tejidos, de la relación tallos/hojas y del porcentaje de material senescente), hecho ampliamente comprobado en pastos graminoides (Minson, 1990; Nelson y Moser, 1994), así como en el caso de pastos de puerto pirenaicos (Ferrer y Amella 1976; Canals y Sebastiá, 1993) y cantábricos (Alfageme *et al.*, 1996; Mandaluniz *et al.*, 2003).

Al analizar la diferencia entre años (agosto de 1990 respecto a agosto de 1993), la calidad nutritiva del pasto en oferta resultó superior en 1993, con incrementos significativos en PB ($P < 0,001$) y Cenizas ($P < 0,01$), y reducciones ($P < 0,001$) en los contenidos en MS y FAD, si bien no se observaron diferencias significativas en FND entre los dos años (Tabla 1).

Tabla 1. Diferencias en las características nutritivas del pasto disponible (ofertas) entre distintas épocas, tras corregir los efectos de la altura y la biomasa como covariables.

	Diferencias entre meses			Covariables			Diferencias entre años			Covariable	
	medias ⁽¹⁾			Altura coef.	Biomasa coef.	sign	medias ⁽¹⁾			Biomasa	
	jun 90	ago 90	sign				ago 90	ago 93	sign	coef.	sign
Altura (cm)	9,7	6,0	*	-	-	-	6,0	4,9	NS	-	-
Biomasa (kgMS/ha)	3330	3244	NS	-	-	-	3244	2627	NS	-	-
MS (%)	25,4	40,6	***	-0,386	-	*	41,4	33,6	***	-	NS
Cenizas (% en MS)	9,1	7,7	NS	-0,036	-0,001	*	7,9	9,8	**	-	NS
PB (% en MS)	13,2	11,3	*	0,213	-	**	10,9	14,7	***	-	NS
FAD (% en MS)	35,0	38,1	NS	-	-	NS	38,1	34,3	***	-	NS
FND (% en MS)	61,1	64,3	*	-0,196	0,004	***	63,8	63,3	NS	0,001	*

⁽¹⁾ ajustadas por covariables; * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$; *** $P < 0,001$; NS no significativo ($P > 0,05$); coef. Coeficiente de la covariable

Al estudiar la relación entre la cantidad y la calidad del pasto, ni la altura ni la biomasa consiguen explicar más del 20% de la varianza de los distintos parámetros bromatológicos analizados como variables dependientes, dada la gran variabilidad existente entre las distintas épocas y en la composición botánica de las muestras, aun cuando todas ellas estaban dominadas por *Festuca* y *Agrostis*. Al analizar los datos por épocas, la altura y la biomasa se correlacionaron mejor con los parámetros indicativos del valor nutritivo y en la mayoría de los casos, las relaciones curvilíneas mejoraron el ajuste respecto a la regresión lineal. En las muestras de junio, los contenidos en fibra tienden a aumentar con la cantidad de pasto. Ferrer y Amella (1976) también encontraron una relación positiva entre la biomasa y el contenido en fibra bruta en muestras recogidas en distintas comunidades pascícolas pirenaicas.

Muestras a pellizcos

El valor nutritivo del pasto apetecible fue afectado significativamente por la época y año de muestreo, así como por los tratamientos, siendo significativa la interacción entre dichos factores para casi todos los parámetros bromatológicos. La altura del pasto apetecible introducida como covariable también resultó significativa en la mayoría de los casos.

Cada año se notó una mejoría ($P < 0,001$) en la calidad nutritiva del pasto, con aumentos en el contenido en PB (15,9, 16,5 y 18,4% en 1990, 1991 y 1992, respectivamente) y sobre todo disminución de los contenidos en FAD (32,8, 26,8 y 24,8%) y FND (60,5, 56,5 y 51,0%). Si bien este incremento anual del valor nutritivo del pasto podría estar relacionado con las condiciones climáticas de cada año, no se observan correlaciones significativas entre las precipitaciones mensuales y los parámetros bromatológicos. La única salvedad resultó en el caso de sumar la precipitación mensual con la del mes anterior, siendo significativa la correlación con la FND ($r = -0,76$; $P < 0,01$) y FAD ($r = -0,64$; $P < 0,05$). Por tanto, dicha mejoría, tanto en las muestras de oferta como en las tomadas a pellizcos, parece responder a la reducción de la proporción material senescente / material foliar verde al incrementarse el nivel de utilización, tal como se observó en otros trabajos (Hodgson y Grant, 1981; Aldezabal, 2001). Esta mejora progresiva en la calidad del pasto se tradujo en un incremento anual de los rendimientos animales, tanto en vacunos como en ovinos (Osoro *et al.*, 1998; 2000).

En cuanto a la influencia de los tratamientos sobre el valor nutritivo, el efecto de la especie animal fue más importante que el de la superficie de matorral. Los valores de Cenizas (8,0 vs 7,3%) y PB (18,7 vs 15,4%) resultaron mayores, y los de FAD (27,1 vs 30,4) y FND (54,0 vs 59,3) menores, en las parcelas pastadas por vacuno con respecto al ovino (Tabla 2), debido posiblemente a la menor proporción de material senescente en el pasto cuando es aprovechado por el ganado vacuno, mucho menos selectivo que el ovino (Grant *et al.*, 1985; Aldezabal, 2001). Estas diferencias se manifestaron sobre todo a partir del mes de julio (1990 y 1991) y disminuyeron cada año, debido a que la mejoría anual resultó más notable en los tratamientos de ovino que en los de vacuno. Los efectos de la superficie cubierta por pasto herbáceo o matorral sólo llegaron a ser significativos en 1991 y en el caso de los tratamientos de ovino, siendo mayores ($P < 0,001$) los valores de PB (17,7 vs 14,2) en las parcelas G75, que mantuvieron una presión de pastoreo mayor con respecto a las G30.

Tabla 2. Efectos de la especie animal y cubierta vegetal sobre el valor nutritivo del pasto muestreado a pellizcos, tras corregir los efectos de la altura del pasto disponible como covariable.

Especie animal (Sp) Cubierta vegetal (Vg)	Vacuno		Ovino		e.s.m.	Efectos tratamientos			Altura de pasto	
	G30	G75	G30	G75		Sp	Vg	Sp x Vg	coef.	sign
Cenizas (% en MS)										
1990	8,4	8,5	7,8	7,5	0,08	***	NS	NS	-0,23	***
1991	7,6	7,3	6,9	7,2	0,07	**	NS	NS	-0,13	*
1992	8,2	7,6	7,3	7,6	0,10	*	NS	*	-0,48	***
PB (% en MS)										
1990	19,8	19,0	14,4	13,6	0,31	***	NS	NS	0,61	***
1991	17,4	18,4	14,2	17,7	0,27	***	***	**	1,49	***
1992	20,8	19,8	17,8	17,0	0,31	***	NS	NS	-1,99	***
FAD (% en MS)										
1990	29,9	28,8	33,7	35,7	0,40	***	NS	*	-0,67	**
1991	25,7	25,2	27,8	27,1	0,21	***	NS	NS	-1,15	***
1992	23,7	23,6	25,3	25,5	0,28	**	NS	NS	-	NS
FND (% en MS)										
1990	56,0	55,3	62,6	63,4	0,49	***	NS	NS	-0,81	**
1991	53,0	54,5	58,4	57,2	0,38	***	NS	NS	-1,29	***
1992	49,3	47,9	51,8	52,8	0,59	**	NS	NS	-	NS

Medias ajustadas por la covariable. G30: 30% de gorbizal; G75: 75% de gorbizal; e.s.m. error estándar de la media; * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$; *** $P < 0,001$; NS no significativo ($P > 0,05$); coef. Coeficiente de la covariable

Diferencias entre dietas y ofertas

En todas las épocas, la calidad nutritiva del pasto resultó mejor en las muestras recogidas a pellizcos respecto a las cortadas a ras del suelo (Tabla 3), lo que refleja las diferencias en valor nutritivo entre la dieta seleccionada por los animales en pastoreo y el pasto disponible en oferta, dada la mayor acumulación de materia muerta en los estratos inferiores de la cubierta (Hodgson, 1990). Los valores mayores de Cenizas en las muestras de oferta podrían deberse a la mayor contaminación con tierra que en las muestras a pellizcos.

Tabla 3. Diferencias en la calidad nutritiva del pasto entre las muestras tomadas a pellizcos (dieta) o a ras de suelo (oferta) en distintas épocas.

Época Muestra	Junio 1990			Agosto 1990			Julio 1991		
	dieta	oferta	sign	dieta	oferta	sign	dieta	oferta	sign
Cenizas (% en MS)	7,1	9,0	**	7,8	7,9	NS	7,4	7,6	NS
PB (% en MS)	18,4	13,6	***	13,6	10,9	**	16,9	13,8	***
FAD (% en MS)	31,1	34,2	*	34,7	38,1	**	25,8	33,4	***
FND (% en MS)	57,3	61,2	***	63,9	64,2	NS	56,8	64,1	***

* $P < 0,05$; ** $P < 0,01$; *** $P < 0,001$; NS no significativo ($P > 0,05$)

CONCLUSIONES

El valor nutritivo de los pastos dominados por *Festuca rubra* y *Agrostis capillaris* es mayor cuando es pastado por ganado vacuno que por ovino, posiblemente debido a las diferencias en selección de dieta entre las dos especies animales. La calidad nutritiva de estos pastos se ve favorecido por el pastoreo continuado a lo largo de los años como resultado del incremento de la presión de pastoreo, lo cual redundaría positivamente en los rendimientos animales.

AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer a todos, personal laboral, alumnos en prácticas, amigos, etc., que han colaborado en la recogida de las muestras y en el manejo de los animales en las duras condiciones de montaña. Asimismo agradecemos al personal de los laboratorios del SERIDA por todos los análisis realizados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALDEZABAI, A., 2001. *El sistema de pastoreo del Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido (Pirineo central, Aragón). Interacción entre la vegetación supraforestal y los grandes herbívoros*. Consejo de Protección de la Naturaleza de Aragón, 317 pp. Zaragoza (España).
- ALFAGEME, L.A.; FERNÁNDEZ RODRÍGUEZ-ARANGO, B.; BUSQUÉ, J.; SARMIENTO, M.; GÓMEZ, A., 1996. Caracterización productiva de pastos de montaña de montes comunales de Cantabria. En *Actas de la XXXVI Reunión Científica de la S.E.E.P.*, 231-234. Centro de Investigación, Gobierno de La Rioja. Logroño (España).
- BARTHAM, G.T., 1986. Experimental techniques: the HFRO swardstick. En *The Hill Farming Research Organisation Biennial Report 1984-85*, 29-30. HFRO. Penicuik (RU).
- CANALS, R.M.; SEBASTIÁ, M.T., 1993. Variación temporal de la calidad nutritiva de comunidades pascícolas pirenaicas. En *Actas de la XXXIII Reunión Científica de la S.E.E.P.*, 493-502. Ciudad Real (España).
- FERRER, C.; AMELLA, A., 1976. Relación entre la composición florística y la ecología de pastos estivales pirenaicos con su valor nutritivo. *Pastos*, **6(2)**, 311-338.
- GRANT, S.A.; SUCKLING, D.E.; SMYTH, H.K.; TORVELL, L.; FORBES, T.D.A.; HODGSON, J., 1985. Comparative studies of diet selection by sheep and cattle: the hill grasslands. *Journal of Ecology*, **73**, 987-1004.
- HODGSON, J., 1990. The grazing animal. En *Grazing management. Science into practice*, 25-37. Longman Handbooks in Agriculture. Essex (RU).
- HODGSON, J.; EADIE, J., 1986. Vegetation resources and animal nutrition in hill areas: agricultural and environmental implications. En *Hill Land Symposium*, 118-133. Ed. M.A. O'TOOLE. An Foras Talúntais. Dublín (Irlanda).
- HODGSON, J.; GRANT, S.A., 1981. Grazing animals and forage resources in the hills and uplands. En *The effective use of forage and animal resources in the hills and uplands*, 41-57. Ed. J. FRAME. British Grassland Society. Reading (RU).

- MANDALUNIZ, N.; ALDEZABAL, A.; OREGUI, L.M., 2003. Calidad nutritiva de los recursos pastables de las áreas de uso ganadero del Parque Natural de Gorbeia. En *Pastos, desarrollo y conservación*, 237-242. Eds. A.B. ROBLES, M.E. RAMOS, M.C. MORALES, E. DE SIMÓN, J.L. GONZÁLEZ, J. BOZA. Junta de Andalucía. Sevilla (España).
- MINSON, D.J., 1990. *Forage in ruminant nutrition*. Academic Press, Inc., 483 pp. San Diego, California (EUA).
- NELSON, C.J.; MOSER, L.E., 1994. Plant factors affecting forage quality. En *Forage quality, evaluation, and utilization*, 115-154. Eds. G.C. FAHEY, JR., M. COLLINS, D.R. MERTENS, L.E. MOSER. American Society of Agronomy. Madison, Wisconsin (EUA).
- OSORO, K.; OLIVÁN, M.; CELAYA, R., 1998. Comportamiento productivo de las vacas de cría en comunidades vegetales de montaña constituidas por *Agrostis-Festuca-Nardus-Calluna* y dominadas por herbáceas. *ITEA*, **94A(2)**, 109-124.
- OSORO, K.; OLIVÁN, M.; CELAYA, R.; MARTÍNEZ, A., 2000. The effect of *Calluna vulgaris* cover on the performance and intake of ewes grazing hill pastures in northern Spain. *Grass and Forage Science*, **55**, 300-308.
- ROBERTSON, J.B.; VAN SOEST, P.J., 1977. Dietary fiber estimation in concentrate feedstuffs. *Journal of Animal Science*, **45** (Suppl. 1), 254 (abstract).
- VAN SOEST, P.J.; WINE, R.H., 1968. Determination of lignin and cellulose in acid-detergent fiber with permanganate. *Journal of the Association of Official Analytical Chemists*, **51**, 780-785.

Ingestión, composición química y digestibilidad *in vivo* de tедера (*Bituminaria bituminosa* (L.) Stirton)

S. ALVAREZ, P. MÉNDEZ, C. DÍAZ y M. FRESNO

Unidad de Producción Animal, Pastos y Forrajes. Instituto Canario de Investigaciones Agrarias. Apartado 60, 38200 La Laguna, Tenerife (España)

RESUMEN: Se llevó a cabo un experimento para determinar el valor nutritivo por métodos *in vivo* del heno de tедера común de Canarias (*Bituminaria bituminosa* (L.) Stirton var *bituminosa*), con la finalidad de incluirla en la dieta del caprino lechero de las islas, que en la actualidad consume una ración desequilibrada por la escasez en fibra larga. El heno de tедера, forraje tradicionalmente utilizado por los ganaderos, presentó un contenido medio del 87% de materia seca (MS) y 15% de proteína bruta (PB), aportando 105 g de PDIN y 96 g de PDIE por kg MS. La digestibilidad de la materia seca (DMS), materia orgánica (DMO) y proteína bruta (DPB) obtenida en el ensayo de jaulas metabólicas fue de 60%, 61,6% y 51,4% respectivamente. Los valores energéticos que se obtuvieron a través de los análisis químicos y las digestibilidades fueron 8,9 MJ/kg MS de energía metabolizable (EM) y 5,2 MJ/kg MS de energía para la producción de leche (ENL), lo que representa un 0,5 UFL/kg MS. Se considera un forraje adecuado para la elaboración de raciones para caprino.

Palabras clave: forraje, leguminosa, digestibilidad, caprino, Canarias.

Ingestion, chemical composition and in vivo digestibility of tедера (Bituminaria bituminosa (L.) Stirton)

SUMMARY: The determination of the nutritive value of the common tедера (*Bituminaria bituminosa* (L.) Stirton var *bituminosa*) from the Canary Islands was carried out using *in vivo* methods. The objective of this study was to include the tедера in the diet of the dairy goat. These goats are usually fed with an unbalanced diet with a lack of long fibre. The tедера hay analysed, that is a traditional forage used by the farmers, had an average content of 87% in dry matter (DM) and 15% crude protein (CP), giving 105 g of PDIN and 96 g of PDIE per kg DM. The digestibility of dry matter (DMD), organic matter (OMD) and crude protein (CPD) obtained in the metabolic cages were 60%, 62% y 51% respectively. The energy values were 8.9 MJ/kg DM of metabolic energy (ME) and 5.2 MJ/kg DM of energy for the milk production (NME). These results represent a 0.75 UFL/kg DM. Giving these findings the tедера is appropriate forage for being included in goat's diet.

Key words: forage, leguminous, digestibility, goat, Canary Islands.

INTRODUCCIÓN

La tедера (*Bituminaria bituminosa* (L.) Stirton) es una especie leguminosa de distribución mediterránea y macaronésica, que en las islas Canarias cobra especial interés tanto por la diversificación de sus poblaciones naturales, llegando a constituir variedades diferentes, como por las características agronómicas y el uso tradicional en forma de heno de las poblaciones silvestres (Méndez *et al.*, 1991; Méndez, 1993; Correal *et al.*, 2003). Los análisis químicos indican un nivel proteico adecuado y un valor energético estimado que permitiría una producción teórica diaria de entre 1,5-2 L de leche (Ventura, 1997), ambos parámetros asimilables a los de una alfalfa de baja calidad (Ventura *et al.*, 2000). Estos datos unidos a los obtenidos en trabajos sobre la apetecibilidad del heno de tедера para caprino y la producción de forraje en relación al consumo de agua (Méndez, 2000) se completan ahora con un estudio de ingestión, composición química y digestibilidad *in vivo* para caprino, que junto con otros forrajes ensayados en el proyecto INIA RTA01-092, se considera una de las especies a tener en cuenta para aumentar el contenido de fibra larga, muy deficitaria en la actualidad, en las raciones suministradas a la ganadería de las islas.

MATERIAL Y MÉTODOS

La tедера utilizada en forma de heno en este experimento, var. *bituminosa* o tедера común, fue cosechada en verano procedente de las parcelas experimentales de la Finca "El Pico" en el Instituto Canario de Investigaciones Agrarias. Para el desarrollo experimental se utilizaron seis machos castrados pertenecientes a la raza caprina Majorera. Se estudió la digestibilidad *in vivo* tras un periodo de 14 días de adaptación al forraje y a las jaulas de metabolismo, seguido por un periodo experimental de diez días en el que se recolectaron los datos. Se tomaron muestras del forraje ofrecido, rechazado y heces. Estas muestras se desecaron en una estufa de ventilación forzada a 60°C hasta alcanzar peso constante. Los contenidos de materia seca (MS), materia orgánica (MO) y proteína bruta (PB) fueron analizados según los métodos A.O.A.C (1990) y los componentes fibrosos según el método de Goering y Van Soest (1970). Los minerales fueron determinados utilizando los métodos estándares oficiales. Los valores de energía y proteína fueron establecidos a partir de la metodología del INRA (1981).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El contenido medio en MS (Tabla 1) del heno ofrecido fue del 86% y el contenido de MO fue también relativamente elevado, con una media del 84% sobre MS, con coeficientes de digestibilidad del 60% y 62% respectivamente. También se observa un contenido medio interesante en proteína (PB) con un 15% sobre MS, coincidentes con análisis anteriores en los que los contenidos en proteína variaron entre el 11% y 20% (Méndez, 1993; Ventura *et al.*, 2000).

Tabla 1. Composición química de la tедера (%MS)

	MS	Ceniza	MO	PB	FB	FND	FAD	LAD
Tедера ofrecida	86,0	8,0	84,0	15,61	27,33	43,33	31,50	31,0

El porcentaje de paredes celulares (FND) fue del 43%, el cual entra dentro de los valores obtenidos en anteriores trabajos (Ventura *et al.*, 2000; Ventura *et al.*, 1999), sin embargo se han determinados cifras menores en otras variedades de tедера del archipiélago (Méndez, 1993). Tanto los contenidos en proteína como en fibra se asemejan a los obtenidos para la alfalfa arbórea (*Medicago arborea*) (Ventura *et al.*, 1999) que es un forraje conocido de calidad media.

En cuanto a los minerales (Tabla 2) habría que destacar unos contenidos adecuados y equilibrados en Ca, P y K con 12,8, 4,2 y 22,6 g/Kg MS respectivamente.

Tabla 2. Contenido en minerales de la tедера

	Ca (g/kg)	P (g/kg)	Mg (g/kg)	K (g/kg)	Fe (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Na (mg/kg)
Tедера ofrecida	12,8	4,2	2,0	22,6	107,34	18,72	47,78	1628,8

La media diaria ingerida por animal fue de 0,54 kg MS (Tabla 3), algo inferior a las cantidades diarias de heno de tедера con una humedad media estimada del 15%, consumidas en un ensayo tipo cafetería, en el que se comparó su apetecibilidad frente a la del heno de alfalfa (Méndez, 2000), donde los animales consumieron una media de 0,77 kg diarios de heno, lo que supuso una ingestión de 0,65 kg MS; este hecho podría explicarse al haber una mayor posibilidad de elección en el caso del ensayo en cafetería, con lo que el nivel de ingestión puede aumentar sensiblemente (INRA, 1981). El coeficiente de digestibilidad de la materia seca (DMS) fue del 60%, aunque se dispone de datos aún no publicados (Méndez y Ventura, 1999) en los que se

obtuvieron digestibilidades *in vitro* mayores, especialmente en el otoño y el invierno, llegando a alcanzar hasta un 86%. La digestibilidad de la proteína (DPB) fue del 51%, no demasiado elevada, sin embargo los porcentajes de proteína digestible en el intestino oscilan entre los valores no despreciables de 105 gr/kgMS de PDIN y 96 gr/kgMS PDIE.

Tabla 3. Consumo y digestibilidad *in vivo* de la tederá

INGESTION	
CMV (gMV/animal y día)	629
CMS (gMS/animal y día)	541
CMS (gMS/Kg PV)	12
CMS (gMS/ kg P ^{0.75})	31
RESIDUO (%)	45
UTILIZACION (%)	55
DIGESTIBILIDAD IN VIVO (%)	
DMS	60
IMS	40
DMO	62
DPB	51
PBD (g/kg MS)	90
DFB	41
DFND	41
DFAD	43

Los contenidos energéticos medios (Tabla 4) resultaron ser de 8,9 MJ/kg MS en energía metabolizable (EM) y 5,27 MJ/kg MS en energía neta para la producción de leche (ENL) con lo que se estimó un valor energético de 0,74 UFL. Estos resultados coinciden, o superan ligeramente a otras determinaciones por métodos *in vitro*: 4,6-5,3 MJ EN/kg MS (Ventura *et al.*, 2000), 5,6 MJ EN/kg MS (Ventura *et al.*, 1999), 4,4 MJ EN/kg MS (Méndez y Ventura, 1999), lo que apoya la idea apuntada con anterioridad por diversos autores, y comprobada por nosotros en anteriores trabajos (Álvarez, 2003; Méndez *et al.*, 2003), acerca de la subestimación de los métodos *in vitro* frente a los *in vivo*, en la determinación del valor nutritivo de los forrajes.

Tabla 4. Valor nutritivo de la tederá

ENERGIA (MJ/kg MS)	
EB	17,19
ED	10,69
EM	8,99
ENL	5,27
ENC	5,07
UNIDADES FORRAJERAS (por kg MS)	
UFL	0,74
UFC	0,66
PROTEINAS DIGESTIBLES (g/kg MS)	
PDIN	105
PDIE	96

CONCLUSIONES

En la valoración nutritiva para caprino por métodos *in vivo* del heno de tедера, se ha comprobado un adecuado contenido en MS (87%) y un contenido destacado de PB (15%), aportando por kg de MS 105 g de PDIN y 96 g de PDIE. Su consumo resultó aceptable con 54 gMS/día lo que equivale a unos 31 gMS/kg P^{0.75}. Los valores medios del contenido mineral indican unos contenidos equilibrados en todos los componentes, destacando el Ca, P y K. En cuanto al valor energético de 0,74 UFL se puede concluir que estamos ante un forraje de calidad similar, e incluso mejor, que otras especies arbustivas forrajeras recientemente estudiadas, y que fueron valoradas muy positivamente, para su utilización en la dieta de rumiantes, en especial del caprino lechero (Álvarez, 2003).

AGRADECIMIENTOS

Este experimento se ha desarrollado dentro del proyecto INIA RTA 01-092.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- A.O.A.C., 1990. *Official methods of analysis. Association of official analytical chemists*. (15th edition) Arlington, USA.
- ÁLVAREZ, S., 2003. *Influencia de la alimentación del ganado caprino en la caracterización físico-química y organoléptica del queso Majorero (D.O.)*. Tesis Doctoral. Universidad de La Laguna.
- CORREAL, E.; MOÑINO, I.; MÉNDEZ, P.; RÍOS, S., 2003. Valoración agronómica de siete poblaciones de *Bituminaria bituminosa*: efecto de la sequía estival y siega sobre su persistencia y producción de hoja. En *Pastos, desarrollo y conservación*, 35-40. Ed. A. B. ROBLES, M. E. RAMOS, C. MORALES, E. SIMÓN, J.L. GONZÁLEZ, J BOZA. Junta de Andalucía. Granada (España).
- GOERING, H. K.; VAN SOEST, P. J., 1970. Forage fiber analysis. *Agricultural Handbook* 379. US Department of Agriculture.
- INRA. 1981. *Alimentación de los rumiantes*. Ed. Mundi-Prensa, 697 pp. Madrid (España).
- MÉNDEZ, P.; FERNÁNDEZ, M.; SANTOS, A., 1991. Variedades de *Bituminaria bituminosa* (L.) Stirton (Leguminosae) en el archipiélago canario. *Pastos*, 20-21(1-2), 157-166.
- MÉNDEZ, P., 1993. Forage potential of Canary island legumes. 7th Meeting of the FAO Sub-Network on Mediterranean Pastures and Fodder Crops. Chania (Crete). Greece. REUR Technical Series, 28, 141-144.
- MÉNDEZ, P., 2000. El heno de tедера (*Bituminaria bituminosa*): un forraje apetecible para el caprino. En *III Reunión Ibérica de Pastos y Forrajes*, 411-414. Consejería de Agricultura, Ganadería e Política Agroalimentaria. A Coruña (España).
- MÉNDEZ, P.; ÁLVAREZ, S.; DÍAZ, A.; DÍAZ, C.; FRESNO, M., 2003. Nutritive value of vinagrera (*Rumex lunaria*), an endemic forage shrub of Canary Islands. *Grassland Science in Europe*, 8, 229-231.
- VENTURA, M.R., 1997. *Valor nutritivo de arbustos forrajeros canarios*. Tesis Doctoral. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.
- VENTURA, M.R.; FLORES, M.P.; CASTAÑÓN, J.I.R., 1999. Nutritive value of forage shrubs: *Bituminaria bituminosa*, *Acacia salicina*, and *Medicago arborea*. *Options Méditerranéenes*, 39, 171-173.
- VENTURA, M.R.; MÉNDEZ, P.; FLORES, M.P.; RODRÍGUEZ, R.; CASTAÑÓN, J.I.R., 2000. Energy and protein content of Tедера (*Bituminaria bituminosa*). *Cahiers Options Méditerranéenes*, 45, 219-221.

Valoración nutritiva del tagasaste (*Chamaecytisus proliferus* (L. fil) Link ssp. *palmensis* (Christ) Kunkel) en ganado caprino

S. ÁLVAREZ, P. MÉNDEZ, C. DÍAZ y M. FRESNO

Unidad de Producción Animal, Pastos y Forrajes. Instituto Canario de Investigaciones Agrarias. Apartado 60, 38200 La Laguna, Tenerife (España)

RESUMEN: La escasez de fibra larga en las dietas de los rumiantes en Canarias es uno de los principales problemas a los que se enfrenta el sector. Actualmente en la Unidad de Producción Animal, Pastos y Forrajes del ICIA se llevan a cabo ensayos con ganado caprino de las tres razas canarias (Palmera, Majorera y Tinerfeña) que tienen como objetivo final la elaboración de raciones equilibradas, con la adecuada proporción de fibra larga utilizando forrajes locales. En este trabajo se determinó el valor nutritivo del tagasaste (*Chamaecytisus proliferus* (L. fil) Link ssp. *palmensis* (Christ) Kunkel) utilizando seis machos castrados en experiencias con jaulas de metabolismo animal. Se determinó la composición química, digestibilidad y valor energético de este forraje en ganado caprino. El forraje utilizado en este trabajo presentó un contenido en MS del 40% con un porcentaje de PB cercano al 18%. La DPB alcanzó cotas notablemente elevadas, 75%, lo que representó 125 g de proteína bruta digestible (PBD) por kg de MS. El consumo medio diario de tagasaste se situó en 0,76 kg MS/animal y día, lo que se correspondió con 44 g MS/kg P^{0.75} con un valor energético aceptable (0,82 UFL/kg MS).

Palabras clave: Tagasaste, *Chamaecytisus proliferus*, forraje, consumo, digestibilidad, caprino.

Nutritive value of tagasaste (Chamaecytisus proliferus (L. fil) Link ssp. palmensis (christ) Kunkel) on goats

SUMMARY: The lack of long fibre in the ruminants feeding is one of the main problems of this sector in Canarian Islands. In the Animal Production Department of the Canarian Agronomic Research Institute (ICIA) some researches are in course to obtain balanced diets. These diets will include the use of autochthonous forages. The results of the evaluation of the nutritive value of tagasaste (*Chamaecytisus proliferus* (L. fil) Link ssp. *palmensis* (Christ) Kunkel) are presented in this paper. The digestibility was determined using six castrated males goats in metabolic cages. The chemical composition and energy values of this forage were analysed too. *C. Proliferus* analysed presented 40 % of DM and 18 % of CP. CPD was very high (75 %) that means 125 g of total digestible protein per Kg of DM. The average daily consumption was 0.76 (Kg DM /animal/day), that means 44 (gDM/kg P^{0.75}) with an acceptable energy value (0.82 UFL/kg DM)

Key words: Tagasaste, *Chamaecytisus proliferus*, forage, ingestion, digestibility, goat.

INTRODUCCIÓN

La producción forrajera de Canarias es muy escasa, lo que se hace especialmente patente cuando se compara el censo de rumiantes, en especial de caprino que cuenta con unos 348 000 animales en todo el archipiélago, con la superficie dedicada al cultivo o aprovechamiento forrajero. La clara tendencia al alza en el número de cabezas de ganado en los últimos diez años, contrasta con la disminución paulatina de la superficie dedicada al cultivo forrajero en el mismo período. La ración de volumen, a diferencia de lo que ocurre en el resto de regiones españolas y europeas, es uno de los graves estrangulamientos que tiene el sector en las islas. Así como es relativamente barato el pienso, el maíz o la alfalfa en pellets (0,22-0,25 euros/kg), el aporte de la fibra supone un desembolso desorbitado, aproximadamente unos 0,25 euros por kg de paja de cereal y 0,27-0,30 euros el de alfalfa henificada, muy por encima de los precios en el resto del país. Este elevado coste de la fibra hace que gran parte de los ganaderos de explotaciones intensivas y semiextensivas, que son mayoría, reduzcan el aporte en fibra larga creando numerosos problemas de salud en los animales (Gutiérrez *et al.*, 1999).

Por todo lo expuesto, uno de los objetivos de los trabajos que venimos desarrollando en esta Unidad de investigación, es el de completar y ampliar los conocimientos sobre el valor nutritivo de los cultivos forrajeros

tradicionales en la alimentación del caprino en el archipiélago, siendo el más importante de ellos el arbusto endémico *Chamaecytisus proliferus* (L.fil) Link ssp. *palmensis* (Christ) Kunkel, comúnmente conocido por tagasaste.

A finales del siglo XIX el tagasaste llega a Australia y Nueva Zelanda donde se ha trabajado mucho con el arbusto, de manera que en la actualidad es considerada una especie multiuso muy interesante y de la que existe una bibliografía bastante extensa (Francisco *et al.*, 1991). En muchas ocasiones el rendimiento de los animales alimentados con tagasaste no se correspondió con su aparente favorable composición química (Borens y Poppi, 1990; Vavikko *et al.*, 1992) sin embargo es considerada una interesante alternativa, tanto como forraje de corte como para el pastoreo directo controlado, (Oldham, 1993a), por lo que está siendo objeto de proyectos cuya finalidad se orienta hacia el aumento de su valor nutritivo mediante diversas manipulaciones (Oldham, 1993b). Últimamente la utilización como forraje también se está investigando de forma bastante exhaustiva en las zonas de clima mediterráneo de Chile, donde el tagasaste parece comportarse como una buena opción forrajera de otoño-invierno, permitiendo obtener aceptables ganancias en peso de bovino de carne en pastoreo (Klee *et al.*, 2001; Klee *et al.*, 2003, Avendaño *et al.*, 2003).

Los datos que se han obtenido en Canarias concuerdan con los demás autores en cuanto a contenido en proteína, materia orgánica y componentes fibrosos (Méndez, 1992; Méndez y Almeida, 1997; Chinae *et al.*, 2000; Ventura *et al.*, 2000), con valores energéticos estimados de 0,7-0,8 UFL/kg con lo que teóricamente se cubrirían producciones de entre 1 y 2 L de leche de caprino en otoño-invierno y primavera-verano respectivamente (Méndez 1992; Ventura 1997). En la actualidad, los ensayos que llevamos con ganado caprino de las tres razas canarias (Palmera, Majorera y Tinerfeña) tiene como objetivo final la elaboración de raciones equilibradas, con la adecuada proporción de fibra larga utilizando los forrajes locales.

MATERIAL Y MÉTODOS

En este experimento efectuado en época otoñal se evaluó la composición química del tagasaste y su digestibilidad *in vivo* utilizando machos pertenecientes a la raza caprina Majorera. Se analizaron los siguientes parámetros químicos, usando los métodos de análisis oficiales (A.O.A.C., 1990; Goering y Van Soest, 1970): Materia seca (MS), materia orgánica (MO), proteína bruta (PB), fibra bruta (FB), fibra ácido detergente (FAD), fibra neutro detergente (FND), lignina ácido detergente (LAD) y diversos minerales (Ca, P, Mg, K, Fe, Zn, Mn y Na). Para determinar la digestibilidad de la MS (DMS), MO (DMO), PB (DPB), FB (DFB), FAD (DFAD) y FND (DFND) se utilizaron seis machos castrados mantenidos en jaulas de metabolismo animal. El período de evaluación del forraje duró 24 días con uno preliminar de 14 días de adaptación, utilizándose los diez últimos para la recogida de datos. El forraje fue recolectado diariamente, cortado en piezas de 5-10 cm y suministrado a los animales en una sola toma. Las muestras ofrecidas se componían de hojas y tallos no lignificados, considerándose que es el conjunto de las dos fracciones lo que realmente aprovecha el ganado caprino. Se determinó la cantidad y la composición química del alimento ofrecido, rechazado y de las heces producidas. Esta información se utilizó a continuación para calcular la digestibilidad y el valor energético del forraje según la metodología del INRA (1981).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos sobre la composición química del tagasaste se señalan en la Tabla 1. Este forraje autóctono presentó un contenido medio en MS del 40%, superior al encontrado por Ventura (1997) y McGowan *et al.* (1988) en muestras obtenidas a lo largo de todo el año. El contenido medio de MO fue del 88%, ligeramente inferior al determinado por Vavikko y Khalili (1993) y por Ventura (1997), quien encontró valores máximos en época primaveral y mínimos en invierno.

El porcentaje de PB se situó cercano al 18% (17,50%), valor incluido dentro del rango señalado por otros autores (Méndez, 1992; Klee *et al.*, 2001) y superior al determinado por Méndez y Almeida (1997) en muestras de cuatro taxa intraespecíficos de *Chamaecytisus proliferus* (tagasaste y escobones).

Tabla 1. Composición química del tagasaste (%MS)

	MS	Ceniza	MO	PB	FB	FND	FAD	LAD
Tagasaste ofrecido	40,0	6,0	88,0	17,50	29,0	49,50	31,50	12,50

El contenido fibroso del tagasaste, como sucede en el resto de forrajes arbustivos, depende de diversos factores, en particular de las condiciones agroclimáticas y de la proporción tallo/hoja de las muestras analizadas. En nuestro experimento este ratio resultó relativamente alto dando como resultado unos porcentajes de fibra bruta considerables en comparación con los datos aportados por Méndez (1992). De igual forma se determinaron valores superiores para las diversas fracciones fibrosas (FAD, FND y LAD) al comparar con el experimento de Lambert *et al.* (1989) y Méndez y Almeida (1997), no solamente respecto a otras épocas del año donde la lignificación es generalmente mayor, sino incluso en relación con el mismo periodo otoñal. Esto pudo ser debido al distinto manejo efectuado previo al corte de las muestras analizadas. Por el contrario son superiores los valores de FAD presentados por Klee *et al.* (2001) en muestras de tagasastes en Chile.

En la Tabla 2 se presenta el análisis mineral de las muestras de tagasaste ofrecido. Los resultados obtenidos indican que este arbusto forrajero presenta un contenido relativamente alto en Ca, P, Mg y sobre todo K, y moderado en Na y Fe. Los valores de Ca y P son superiores a los reseñados por Borens y Poppi (1990) y McGowan y Mathews (1992) tanto para muestras de hojas como de tallos en distintas épocas del año.

Tabla 2. Contenido en minerales del tagasaste

	Ca (g/kg)	P (g/kg)	Mg (g/kg)	K (g/kg)	Fe (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Na (mg/kg)
Tagasaste ofrecido	5,8	5,1	6,3	10,8	290,5	56,5	151,0	1718,50

El consumo medio diario de tagasaste (Tabla 3) se situó en 0,76 kg MS/animal y día, lo que se correspondió con 44 g MS/kg P^{0,75}. Estos valores de ingestión, sin ser excesivamente altos, son notablemente superiores a los presentados por Méndez y Almeida (1997) para tagasaste evaluado en primavera, verano y otoño, aunque similares a los datos aportados en época invernal. De la misma manera el forraje de nuestro experimento resultó más apetecible que diferentes variedades de escobón analizados a lo largo de todo el año.

Tabla 3. Consumo y digestibilidad in vivo del tagasaste

INGESTION	
CMV (gMV/animal y día)	1910
CMS (gMS/animal y día)	764
CMS (gMS/Kg PV)	17
CMS (gMS/ kg P ^{0,75})	44
RESIDUO (%)	55
UTILIZACION (%)	45
DIGESTIBILIDAD IN VIVO (%)	
DMS	68
IMS	32
DMO	67
DPB	75
PBD (g/kg MS)	125
DFB	42
DFND	52
DFAD	40

Cuando se analiza la digestibilidad *in vivo* del tagasaste se observan valores del 67,5% en la DMS, intermedios a los señalados por Mc Gowan *et al.* (1988) para muestras de ramón en ovejas y por Borens y Poppi (1990) en hojas. Por su parte la DPB alcanzó cotas notablemente elevadas, cercanas al 75%, lo que representa 125 g de proteína bruta digestible (PBD) por kg de MS. La DMO *in vivo* determinada (66,86%) es superior a la media anual reseñada por Ventura (1997) para DMO *in vitro*, lo que viene a corroborar una valoración diferente de los resultados obtenidos por ambos métodos.

El valor energético medio del tagasaste en estudio (Tabla 4) se estimó en 0,82 UFL/kg MS, derivados de unos contenidos energéticos aceptables de ENL (5,85 MJ/kg MS). Los valores de ED y EM reseñados se encuentran ligeramente por encima de los determinados por Ventura (1997). El sistema de proteínas digeribles en el intestino (PDI) permite estimar el valor nitrogenado del tagasaste en función de la cantidad de aminoácidos realmente absorbidos en el intestino delgado, ya sean éstos procedentes de las proteínas alimenticias no degradadas en el rumen o de las proteínas microbianas (Verité y Peyraud, 1990). Estas proteínas se desglosan en 100 g de PDIN/kg MS cuando el alimento esté incluido en una ración deficitaria en nitrógeno fermentescible y en 99 g de PDIE/kg MS cuando forme parte de una dieta en la que la energía sea el factor limitante de la síntesis microbiana.

Tabla 4. Valor nutritivo del tagasaste

ENERGIA (MJ/kg MS)	
EB	18,23
ED	12,29
EM	9,81
ENL	5,85
ENC	5,78
UNIDADES FORRAJERAS (por kg MS)	
UFL	0,82
UFC	0,76
PROTEINAS DIGESTIBLES (g/kg MS)	
PDIN	100
PDIE	99

CONCLUSIONES

El tagasaste en estudio se ha mostrado como un forraje de calidad medio-alta con un consumo aceptable y un notable contenido energético y proteico.

Esta calidad deberá permitir un protagonismo mayor como materia prima forrajera principal dentro de dietas tradicionales para el ganado caprino.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo experimental se ha desarrollado dentro del proyecto INIA RTA01-092.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- A.O.A.C., 1990. *Official methods of analysis*. Association of official analytical chemists. 15th edition. Arlington. USA.
- GOERING, H.K.; VAN SOEST, P.J., 1970. Forage fibre analysis (apparatus, reagents, procedures and some applications). *Agricultural Handbook, USDA*, 379, 1-12.

- AVENDAÑO, J.; OVALLE, C.; RAMÍREZ, M., 2003. Caracterización de los componentes vegetales consumidos por ovinos y bovinos en plantas de tagasaste (*Chamaecytisus proliferus* ssp. *palmensis*). *Agric. Téc.*, **63**(1), 38-47.
- BORENS, F.M.P.; POPPI, D.P., 1990. The nutritive value of tagasaste (*Chamaecytisus palmensis*), a leguminous tree. *Animal Feed Science and Technology*, **28**, 275-292.
- CHINEA, E.; BARQUÍN, E.; AFONSO, C.; GARCÍA-CRIADO, B., 2000. Cambios químico-bromatológicos de seis leguminosas arbustivas, endémicas de Canarias, en dos épocas de poda. En *III Reunión Ibérica de Pastos y Forrajes*, 405-410. Consejería de Agricultura, Ganadería e Política Agroalimentaria. A Coruña (España).
- FRANCISCO-ORTEGA, J.; FERNÁNDEZ-GALVÁN, M.; SANTOS-GUERRA, A., 1991. A literature survey (1696-1991) on the fodder shrubs tagasaste and escobón (*Chamaecytisus proliferus* (L.fil) Link *sensu lato*) (Fabaceae:Genisteae). *New Zealand Journal of Agricultural Research*, **34**, 471-488.
- GUTIÉRREZ, C.; RODRÍGUEZ, J.L.; FERNÁNDEZ, A., 1999. Situación sanitaria de la agrupación caprina canaria. *Ovis*, **62**, 75-83.
- INRA., 1981. Alimentación de los rumiantes. Ediciones Mundi-Prensa, 697 pp. Madrid (España).
- KLEE, G.; FRAGA, A.; CANNONI, J.C., 2001. Producción de carne bovina utilizando tagasaste (*Chamaecytisus proliferus* ssp. *palmensis*) y praderas naturales en la provincia de Arauco, Chile. *Agric. Téc.*, **61**(2), 151-161.
- KLEE, G.; OVALLE, C.; CANNONI, J.C., 2003. Recría de terneros a base de pastoreo de tagasaste (*Chamaecytisus proliferus* ssp. *palmensis*) suplementados con avena grano en la provincia de Arauco, Chile. *Agric. Téc.*, **63**, 1, 23-29.
- LAMBERT, M.G.; JUNG, G.A.; HARPSTER, H.W.; LEE, J., 1989. Forage shrubs in North Island hill country.1.- Chemical composition and conclusions. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, **32**, 499-506.
- MCGOWAN, A.A.; ROBINSON, I.; MOATE, P., 1988. Comparison of liveweight and mineral metabolism of sheep fed pasture or Tagasaste. *Proceedings of The Society of Animal Production*, **17**, 230-233.
- MCGOWAN, A.A.; MATHEWS, G.L., 1992. Forage production from hedges of tagasaste in a high rainfall temperate environment, and the effects of plant spacing and frequency of harvesting. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, **32**, 633-640.
- MÉNDEZ, P., 1992. Evaluación de forrajeras endémicas de Canarias:I. En *XXXII Reunión Científica de la S.E.E.P.*, 71-75. S.E.E.P, Gobierno de Navarra e I.T.G.V.S.A. Pamplona (España).
- MÉNDEZ, P.; ALMEIDA, J.T., 1997. Palatabilidad para caprino de cuatro taxa intraespecíficos de *Chamaecytisus proliferus* (L.fil)Link (tagasaste y escobones). En *XXXVII Reunión Científica de la S.E.E.P.*, 301-307. Dirección General de Investigación y Formación Agraria. Sevilla-Huelva (España).
- OLDHAM, C.M., 1993a. Tagasaste (*Chamaecytisus palmensis*). A fodder shrub and alternative forage legume?. *Second Alternative Pasture Legume Workshop*. Coonwarra. South Australia.
- OLDHAM, C.M., 1993b. Cattle production from tagasaste- A new industry for the sandplain?. *Advances in Research on tagasaste* **3**. Martindale Research Project. University of Western Australia. 36p.
- VARVIKKO, T.H.; KHALILI, H.; CROSSE, S., 1992. Supplementation of native grass hay with cowpea (*Vigna unguiculata*) hay, wilted leucaena (*Leucaena leucocephala*) forage, wilted tagasaste (*Chamaecytisus palmensis*) forage or a wheat middling for young Friesian X Zebu (Boran) crossbred steers. *Agricultural Science Finland*, **1**, 247-253.
- VARVIKKO, T.H.; KHALILI, H., 1993. Wilted Tagasaste (*Chamaecytisus palmensis*) forage as a replacement for a concentrate supplement for lactating crossbred Friesian x Zebu (Boran) dairy cows fed low-quality native hay. *Animal Feed Science and Technology*, **40**, 239-250.
- VENTURA, M.R., 1997. *Valor nutritivo de arbustos forrajeros canarios*. Tesis Doctoral. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.
- VENTURA, M.R.; CASTAÑÓN, I.R.; MÚZQUIZ, M.; MÉNDEZ, P.; FLORES, M.P., 2000. Influence of alkaloid content on intake of subspecies of *Chamaecytisus proliferus*. *Animal Feed Science and Technology*, **85**, 279-282.
- VERITÉ, R.; PEYRAUD, J.L., 1990. Nutrición Nitrogenada. En *Alimentación de Bovinos, Ovinos y Caprinos*, 71-87. Ed. R. JARRIGE. Mundi-Prensa. Madrid (España).

Estimación de las fracciones nitrogenadas propuestas por el CNCPS (Cornell) mediante tecnología NIRS

S. ANDRÉS¹, C. VALDÉS¹, F.J. GIRÁLDEZ², R. GARCÍA¹ y A. CALLEJA¹

¹Departamento de Producción Animal I. Universidad de León. 24071 León. ²Estación Agrícola Experimental. CSIC. Apdo. 788. 24080 León.

RESUMEN: En la hierba de 46 muestras de distintas parcelas de un de prado de regadío fertilizado de la montaña de León, se realizaron las siguientes determinaciones: nitrógeno total (N total), nitrógeno precipitable con ácido tricloroacético (NTCA), nitrógeno insoluble en tampón borato-fosfato (NIBF), nitrógeno insoluble en detergente neutro (NIDN) y nitrógeno insoluble en detergente ácido (NIDA), con el fin de calcular las cinco fracciones nitrogenadas propuestas por el CNCPS: A (N total - NTCA), B₁ (NTCA-NIBF), B₂ (NIBF-NIDN), B₃ (NIDN-NIDA) y C (NIDA). La tecnología NIRS permitió predecir razonablemente bien los parámetros determinados analíticamente, con coeficientes de determinación para las ecuaciones de calibración (R^2) comprendidos entre 0,97 y 0,98 y con valores del estadístico RPD de 6,35; 9,86; 4,21; 4,01 y 4,60 para las fracciones N total, NTCA, NIBF, NIDN y NIDA, respectivamente. El grado de exactitud alcanzado al tratar de estimar las cinco fracciones propuestas por el CNCPS (A, B₁, B₂, B₃ y C) empleando tecnología NIRS fue muy variable, obteniéndose la mejor predicción para la fracción C ($R^2 = 0,97$; RPD = 4,60) y la peor para la fracción B₁ ($R^2 = 0,131$; RPD = 0,98). El coeficiente de determinación de la mejor ecuación de predicción de las fracciones A, B₂ y B₃ fue de 0,86; 0,55 y 0,91, respectivamente, mientras que el valor del estadístico RPD se encontró por debajo de tres en todos los casos.

Palabras clave: Forrajes, prados, proteína.

Estimation of CNCPS nitrogen fractions using NIRS technology

SUMMARY: Forty-six herbage samples of different paddocks of a irrigated fertilized meadow located at the mountain of León were analyzed for: total nitrogen (total N), nitrogen in trichloroacetic acid precipitated matter (NTCA), borate-phosphate buffer insoluble nitrogen (BFIN), neutral-detergent insoluble nitrogen (NDIN) and acid-detergent insoluble nitrogen (ADIN). These data were used to calculate the partition of nitrogen fractions proposed by the Cornell Net Carbohydrate and Protein System (CNCPS): A (total N- NTCA), B₁ (NTCA-BFIN), B₂ (BFIN-NDIN), B₃ (NDIN-ADIN) and C (ADIN). NIRS technology accurately predicted total N, NTCA, BFIN, NDIN and ADIN, provided that values of R^2 ranged from 0.97 to 0.98 and RPD statistics values were 6.35, 9.86, 4.21, 4.01 and 4.60 for total N, NTCA, BFIN, NDIN and ADIN, respectively. However, prediction of the CNCPS fractions (A, B₁, B₂, B₃ and C), with the exception of C fraction ($R^2 = 0.97$; RPD = 4.60), was not accurate ($R^2 < 0.95$; RPD < 3).

Key words: Forages, meadows, protein

INTRODUCCIÓN

La calidad de los forrajes está condicionada, en parte, por su valor proteico. Sin embargo, el conocimiento del contenido de proteína bruta de los alimentos aporta escasa información acerca de su valor nutritivo. El Modelo *Net Carbohydrate and Protein System* desarrollado por la Universidad de Cornell (CNCPS; Sniffen *et al.*, 1992) plantea que se debería determinar analíticamente, para cada alimento, no sólo la proteína bruta, sino también una serie de fracciones de la misma, pues tanto la amplitud como la cinética de la degradación en el rumen de cada una de dichas fracciones es diferente (Van Soest, 1994). Así, el CNCPS divide la proteína bruta en tres fracciones: una fracción inmediatamente degradable (fracción A: compuestos nitrogenados de origen no proteico); otra fracción no degradable e indigestible (fracción C, que incluye el nitrógeno asociado a la lignina y la proteína dañada por tratamiento térmico); por último, clasifica la proteína restante como proteína verdadera (fracción B) y la subdivide, a su vez, en tres fracciones (B₁, B₂ y B₃) que poseen distinto ritmo de degradación ruminal. Lógicamente, el fraccionamiento de la proteína según la propuesta del CNCPS requiere un procedimiento más complejo que la simple determinación del contenido de proteína bruta.

Por otra parte, la tecnología NIRS se ha ido instaurando progresivamente como una técnica de uso rutinario para la estimación de diversos parámetros relacionados con el valor nutritivo de los alimentos gracias a la rapidez y precisión que ofrece (Hoffman *et al.*, 1999).

Con este planteamiento, el objetivo del presente trabajo es estudiar en qué medida es posible estimar adecuadamente mediante tecnología NIRS las distintas fracciones nitrogenadas propuestas por el CNCPS en muestras de hierba de prado de la montaña de León.

Parte de los resultados expuestos en este trabajo han sido presentados en las X Jornadas de Estudio de la AIDA- Producción Animal (Andrés *et al.*, 2003)

MATERIAL Y MÉTODOS

Para la realización del presente estudio se emplearon muestras recogidas en 16 de las 64 parcelas utilizadas en un ensayo de fertilización que se viene llevando a cabo desde 1978 en un prado de regadío de la Montaña de Riaño, cuyas características se describen en trabajos previos (Rodríguez *et al.*, 1980) y que ha sido sometido a tres cortes anuales (en junio, julio y septiembre) en los últimos 14 años.

Las parcelas elegidas para el presente trabajo fueron las correspondientes a la combinación de cuatro dosis de N (0, 60, 120, y 180 kg ha⁻¹ año⁻¹) con cuatro niveles de aplicación conjunta, de una sola vez a la salida del invierno, de P₂O₅ y de K₂O (0-0, 80-60, 160-120, 240-180 kg ha⁻¹ año⁻¹). El fertilizante nitrogenado se aplicó en dos momentos: un 70% de la dosis total se aplicó a la salida del invierno y 30% restante después del primer corte. Para este trabajo se emplearon las muestras de hierba recogidas en los tres cortes realizados en el año 2000.

Las muestras se desecaron a 60 °C en una estufa de aire forzado, se molieron en un molino de martillos tipo Culatti provisto de una malla de 1 mm de diámetro y se determinaron los contenidos de las fracciones de la proteína bruta (PB) propuestas por el CNCPS (Sniffen *et al.*, 1992). Las determinaciones analíticas se realizaron siguiendo la metodología propuesta por Licitra *et al.* (1996); de acuerdo con estos autores, la fracción A se calcula restando al contenido total de N de la muestra (N total) el contenido de N del precipitado con ácido tricloroacético (NTCA); la fracción B es el NTCA soluble en detergente ácido; la fracción C es el N insoluble en detergente ácido (NIDA). La fracción B₁, que representa la proteína verdadera rápidamente degradable, se calcula sustrayendo al NTCA el nitrógeno insoluble en tampón borato-fosfato (NIBF). La fracción B₃ representa la fracción más lentamente degradable en el rumen y se calcula sustrayendo el NIDA al N insoluble en detergente neutro (NIDN). La fracción B₂ representa la proteína verdadera con un ritmo de degradación intermedio y se calcula restándole al NIBF el NIDN.

Para la obtención de los espectros NIRS de las muestras, se utilizó un espectrofotómetro NIRSystem 6500 (Perstorp Analytical Inc.) y el programa NIRS2 versión 4.0 (Infrasoft International, Port Matilda, PA). Para cada muestra se recogieron dos espectros en dos cápsulas rectangulares distintas y se promediaron ambos espectros. Los espectros NIRS se transformaron matemáticamente llevando a cabo la tipificación de la absorbancia (corrección SNV), seguida de una corrección de la tendencia (detrend) y de la aplicación de derivadas de primer y de segundo orden. Las calibraciones se generaron mediante regresión por mínimos cuadrados parciales tipo 1 (PLSR1), llevando a cabo en todas ellas dos pases de eliminación de muestras espurias. En este trabajo sólo se muestran los estadísticos correspondientes a las calibraciones que, una vez validadas, presentaron los errores de predicción (EEP) más bajos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla I se recogen los rangos, los valores medios y las desviaciones estándar obtenidos para las cinco fracciones determinadas analíticamente -N total, NTCA, NIBF, NIDN y NIDA- y para cada una de las fracciones propuestas por el CNCPS: A, B₁, B₂, B₃ y C. Los rangos de los valores obtenidos en este trabajo son más estrechos que los empleados por Hoffman *et al.* (1999) para la estimación mediante tecnología NIRS de las fracciones nitrogenadas de forrajes de gramíneas y de leguminosas. Esta diferencia podría atribuirse a

que Hoffman *et al.* (1999) utilizaron diferentes forrajes monofitos dentro de una misma ecuación de calibración, mientras que en este trabajo se emplearon forrajes polifitos (Rodríguez *et al.*, 1980).

La fracción B₁ alcanzó valores muy bajos, similares a los obtenidos por Yu *et al.* (2003) en muestras de alfalfa y de fleo desecadas a 55°C, pero inferiores a los obtenidos por Elizalde *et al.* (1999) en muestras liofilizadas de alfalfa, de bromo y de festuca. La fracción B₁ representa la proteína verdadera soluble y, por tanto, rápidamente degradable. Es posible que el calentamiento al que se sometieron las muestras de este trabajo para su desecación desnaturalizase parte de las proteínas solubles de los forrajes frescos, reduciendo su solubilidad, lo cual conduciría a un aumento de la fracción B₂+B₃ en detrimento de la B₁. Los resultados de un trabajo reciente de Alomar *et al.* (2003) parecen corroborar esta afirmación; estos autores analizaron distintas fracciones nitrogenadas de forrajes liofilizados o desecados convencionalmente a 60°C y obtuvieron valores significativamente menores de la proteína soluble en tampón borato en las muestras desecadas en estufa que en las muestras liofilizadas, mientras que el NIDN fue mayor en las muestras desecadas que en las liofilizadas.

Tabla 1. Rangos, medias y desviaciones estándar (DE) de las distintas fracciones nitrogenadas (g N 100 g⁻¹ MS) en las muestras empleadas en la calibración y en las muestras empleadas en la validación.

	Muestras de calibración (n=35)			Muestras de validación (n=11)		
	Rango	Media	DE	Rango	Media	DE
N total	1,63-2,74	2,18	0,298	1,87-2,66	2,20	0,222
NTCA	1,14-2,24	1,71	0,283	1,40-2,12	1,77	0,207
NIBF	1,05-2,17	1,63	0,292	1,33-2,03	1,68	0,215
NIDN	0,62-1,68	1,14	0,251	0,95-1,47	1,23	0,164
NIDA (C)	0,11-0,75	0,37	0,144	0,23-0,59	0,41	0,106
A (N total- NTCA)	0,27-0,69	0,47	0,098	0,27-0,54	0,43	0,078
B (NTCA-NIDA)	0,97-1,91	1,33	0,215	1,14-1,75	1,35	0,164
B ₁ (NTCA-NIBF)	0,00-0,28	0,07	0,056	0,02-0,16	0,09	0,043
B ₂ (NIBF-NIDN)	0,29-0,74	0,49	0,106	0,35-0,65	0,44	0,097
B ₃ (NIDN-NIDA)	0,49-1,19	0,77	0,154	0,70-1,00	0,82	0,091

N Total: Nitrógeno Kjeldahl en la materia seca; **NTCA:** nitrógeno Kjeldahl en la fracción precipitable con TCA; **NIBF:** nitrógeno Kjeldahl insoluble en tampón borato-fosfato; **NIDN:** nitrógeno Kjeldahl insoluble en detergente neutro; **NIDA:** nitrógeno Kjeldahl insoluble en detergente ácido.

Los estadísticos de calibración y de validación de las estimaciones realizadas mediante tecnología NIRS se presentan en la Tabla 2. Todos los estadísticos obtenidos, tanto en el proceso de calibración como en el de validación, correspondientes al N total, corroboran la validez de la tecnología NIRS para estimar el N total (proteína bruta) en este tipo de muestras (Hoffman *et al.*, 1999). No obstante, destaca que el NTCA se estime mejor que la proteína bruta (N total). El TCA precipita las proteínas y los péptidos de más de 10 aminoácidos (proteína verdadera, PV), es decir, en la fracción NTCA se recogen compuestos nitrogenados de estructura compleja, eliminándose los péptidos cortos y otros compuestos nitrogenados sencillos como los aminoácidos libres (nitrógeno no proteico, NNP; Van Soest, 1994). En este sentido, cabe destacar que los espectros obtenidos mediante tecnología NIRS recogen información no sólo de la composición química de las muestras, sino también de la estructura molecular de sus componentes (Navea *et al.*, 2003). Por tanto, es posible que las absorbancias de los espectros NIRS sean más indicativas de los compuestos nitrogenados con una estructura molecular compleja (NTCA) que del contenido de PB (N total) de las muestras. Esta teoría es coherente con la escasa exactitud con la que se estima la fracción A (tabla 2), que representa el NNP de las muestras.

Tabla 2. Estadísticos de las calibraciones realizadas para estimar las distintas fracciones nitrogenadas

	n	P	R ²	EEC	1-VR	EEVC	EEP	RPD
N Total	33	6	0,983	0,039	0,962	0,058	0,035	6,35
NTCA	30	5	0,983	0,036	0,971	0,047	0,021	9,86
NIBF	33	4	0,984	0,037	0,963	0,056	0,051	4,21
NIDN	32	4	0,966	0,046	0,944	0,058	0,041	4,01
NIDA(C)	30	6	0,971	0,025	0,872	0,052	0,023	4,60
A (N total- NTCA)	33	5	0,857	0,037	0,595	0,064	0,038	2,05
B (NTCA-NIDA)	28	8	0,990	0,017	0,893	0,058	0,036	4,54
B ₁ (NTCA-NIBF)	27	1	0,131	0,039	0	0,049	0,043	0,98
B ₂ (NIBF-NIDN)	30	2	0,552	0,059	0,342	0,073	0,058	1,68
B ₃ (NIDN-NIDA)	31	4	0,911	0,042	0,803	0,062	0,040	2,27

N Total: Nitrógeno Kjeldahl en la materia seca; **NTCA:** nitrógeno Kjeldahl en la fracción precipitable con TCA; **NIBF:** nitrógeno Kjeldahl insoluble en tampón borato-fosfato; **NIDN:** nitrógeno Kjeldahl insoluble en detergente neutro; **NIDA:** nitrógeno Kjeldahl insoluble en detergente ácido.

n: número de muestras empleadas para la obtención de las ecuaciones de calibración; **p:** número de términos de la ecuación; **R²:** coeficiente de determinación para el procedimiento de calibración; **EEC:** error estándar de calibración; **1-VR:** proporción de la variación en los valores del método de referencia explicado mediante tecnología NIRS; **EEVC:** error estándar de la validación cruzada; **EEP:** error estándar de predicción; **RPD:** relación, para cada parámetro, entre la desviación estándar del grupo de muestras de validación y el error estándar de predicción.

El resto de las fracciones determinadas directamente (NIBF, NIDN, NIDA) se estima adecuadamente mediante tecnología NIRS (RPD > 3), aunque con una exactitud inferior al N total y al NTCA. Estos resultados podrían atribuirse a que la determinación del NIBF, del NIDN y del NIDA (fracción C) implica la eliminación sucesiva de componentes de la PV y, quizás, la tecnología NIRS pueda estimar adecuadamente el total de la PV, pero tal vez no sea capaz de discriminar con tanta exactitud entre fracciones de la PV asociadas, por ejemplo, a distintos componentes de la pared celular.

Además, aunque la fracción B se estima con cierta exactitud (RPD > 3), no sucede lo mismo con las estimaciones de las subfracciones B₁, B₂ y B₃ (RPD < 3). Es posible que, debido al proceso de desecación de las muestras, parte de las proteínas solubles, que deberían recogerse en la fracción B₁, se desnaturalicen y se recojan en la fracción B₂ o en la B₃. Por tanto, la fracción B₁ quedaría reducida a valores muy pequeños y dentro de un margen de variación estrecho, por lo que la tecnología NIRS no sería capaz de discriminar las pequeñas diferencias entre las muestras.

CONCLUSIONES

Aunque el número de muestras empleado en este trabajo fue muy reducido, las fracciones analíticas N total, NTCA, NIBF, NIDN y NIDA, cuya determinación es necesaria para el cálculo de las cinco fracciones nitrogenadas (A, B₁, B₂, B₃ y C) propuestas por el CNPCS, se podrían predecir razonablemente bien empleando tecnología NIRS. Por el contrario, en el presente estudio, con la excepción de la fracción C (que es igual al NIDA), el grado de exactitud alcanzado al tratar de estimar las cinco fracciones propuestas por el CNPCS, empleando tecnología NIRS no fue tan favorable.

AGRADECIMIENTOS

Trabajo financiado con el Proyecto ULE-2002-24 (Universidad de León) y con el Proyecto "Efecto de la época de corte y de la fertilización mineral sobre el valor nutritivo de forrajes de la montaña de León" subvencionado por la Excma. Diputación Provincial de León.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRÉS, S.; VALDÉS, C.; GARCÍA, R.; GIRÁLDEZ, F. J.; CALLEJA, A., 2003. Estimación de los contenidos de distintas fracciones nitrogenadas de la hierba empleando tecnología NIRS. *ITEA*, Vol. Extra 24, 630-632.
- ALOMAR, D.; FUCHSLOCHER, R.; PABLO, M., 2003. Effect of preparation method on composition and NIR spectra of forage samples. *Animal Feed Science and Technology*, **107**, 191-200.
- ELIZALDE, J. C.; MERCHEN, N. R.; FAULKER, D. B., 1999. Fractionation of fiber and crude protein in fresh forages during the spring growth. *Journal of Animal Science*, **77**, 476-484.
- HOFFMAN, P. C.; BREHM, N. M.; BAUMAN, L. M.; PETERS, J. B.; UNDERSANDER, L. M., 1999. Prediction of laboratory and in situ protein fractions in legume and grass silages using near-infrared reflectance. *Journal of Dairy Science*, **82**, 764-770.
- LICITRA, G.; HERNÁNDEZ, T. M.; VAN SOEST, P. J., 1996. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. *Animal Feed Science and Technology*, **57**, 347-358.
- NAVEA, S.; DE JUAN, A.; TAULER, R., 2003. Protein folding monitoring using infrared spectroscopy and multivariate curve resolution. *Abstracts of the 11th International Conference on Near Infrared Spectroscopy, Córdoba, Spain*. P4.15.
- RODRÍGUEZ, M.; DE LA FUENTE, T.; CALLEJA, A., 1980. Relación entre el abonado N-P-K y la composición botánica en prados de regadío de la montaña leonesa, *Pastos*, **10**, 105-113.
- SNIFFEN, C. J.; O'CONNOR, J. D.; VAN SOEST, P. J.; FOX, D. G.; RUSSELL, J. B., 1992. A Net Carbohydrate and Protein System for Evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. *Journal of Animal Science*, **70**, 3562-3577.
- VAN SOEST, P. J., 1994. *Nutritional Ecology of the Ruminant*, 2nd edn. Cornell University Press. Ithaca (EEUU).
- YU, P.; CHRISTENSEN, D. A. A.; MCKINNON, J. J.; MARKERT, J. D., 2003. Effect of variety and maturity stage on chemical composition, carbohydrate and protein subfractions, in vitro rumen degradability and energy values of timothy and alfalfa. *Canadian Journal of Animal Science*, **83**, 279-290.

Estudio del efecto del acabado y del peso de sacrificio en la calidad de la canal y de la carne de terneros alimentados a base de ensilado de pradera. (I) Terneros Rubio Gallegos

J. ZEA, M^a. D. DIAZ, J. A. CARBALLO y B. OLIETE

Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo (CIAM). Apartado 10, 15080. A Coruña.

RESUMEN: Se comparan los efectos que en las canales de terneros Rubio Gallegos (alimentados con ensilado de pradera y 2 kg de pienso) tienen el acabado (con 5 kg de pienso durante 45 ó 90 días), y el incremento del peso de sacrificio (370, 410 y 450 kg).

Los únicos efectos significativos producidos por el acabado fueron la mejora de la conformación de las canales y la disminución del índice de luminosidad L^* de la grasa, mientras que con el aumento del peso de sacrificio no solo mejoró la conformación, sino que también se observa una tendencia a que mejore el engrasamiento y el contenido en grasa de la carne.

Se concluye que incrementando el peso de sacrificio se pueden conseguir mejoras en la calidad de la canal y la carne comparables ó superiores a las obtenidas con el acabado y esto dentro del rango de canales ligeras que demanda por el mercado gallego.

Palabras clave: Producción de carne, sistemas producción, vacuno.

Study of finishing and slaughtered weight effect on the carcass and meat quality of rubio gallego young bulls, fed with grass silage

SUMMARY: The effect that have the finishing (with 5 of concentrate during 45 or 90 days) and the increasing of the slaughtered weight (370, 410 and 450 kg) in the carcass of Rubio Gallego young bulls are compared.

The only significant effects in the finishing were the improvement of the carcass conformation and the decrease of the fat luminosity index L^* ; whereas the increase of the slaughtered weight improved not only the carcass conformation, carcass fattening (although only with $p < 0,1$) and meat fat.

In conclusion, increasing the slaughtered weight one can get the improvements in the quality of the carcass and meat, which are better than the ones obtained with the finishing. This slaughtered weight increments are in side the light carcasses range demanded by the Galician market.

Key word: Beef production, producción systems, cattle.

INTRODUCCIÓN

La producción de carne de vacuno joven en Galicia se realiza fundamentalmente con terneros procedentes de explotaciones lechera, de raza Holstein-Friesian pura o cruzada con razas de carne, principalmente con Rubia Gallega o con terneros nacidos en rebaños de vacas nodrizas (de esta raza). En ambos casos el sistema de alimentación se basa en los piensos concentrados produciéndose una canal de tipo "Ternera" muy característica. En mucha menor proporción se producen "añojos" que representan sólo el 4,5% del vacuno joven sacrificado en Galicia (Xunta de Galicia, 1995).

El mercado de la carne de vacuno es cada vez más exigente con la calidad, yendo en aumento la demanda de productos más naturales, como podría ser la carne de animales alimentados a base de pastos o forrajes.

Dada la dificultad de conseguir, a base de forrajes no demasiado energéticos, como el ensilado de pradera, canales ligeras suficientemente engrasadas, como exige el mercado gallego, se viene recomendado el acabado con concentrados con el fin de mejorar, básicamente, la conformación y el engrasamiento. Sin embargo, muchas veces el efecto del acabado se confunde con el que produce el aumento del peso de sacrificio. Zea y Díaz (1991) con terneros Rubio Gallegos, procedentes del pasto, pudieron observar como un acabado con ensilado de pradera y 4 kg de cebada mejoraba la conformación, aumentando el porcentaje de grasa y disminuyendo el de carne y hueso en la canal. Pero no hay que olvidar que en el acabado fue acompañado de un

aumento del peso de sacrificio que produce los mismos efectos en la canal (Cabrero, 1991). De forma general, se puede decir que el incremento del peso de sacrificio (canal) lleva a una disminución de la relación de músculo/hueso, a un aumento de la grasa (Butterfield, 1974) y a la mejora de la conformación de la canal. Se reduce la proporción de las piezas o cortes de mayor precio (Keane et al., 1989) y el área del *Longissimus thoraci* por unidad de peso de la canal. Sin embargo, no hay que olvidar que las canales de los machos son menos sensibles a las modificaciones debido a las variaciones del peso de sacrificio que las de las hembras. (Steen y Kilpatrick, 1995).

Por otra parte, en el acabado se utilizan alimentos muy energéticos (concentrados) y existe acuerdo general de que con el aumento de la ingestión de energía los porcentajes de carne y hueso disminuyen y los de grasa aumentan, acentuándose estos efectos cuando aumenta el peso de la canal (Keane y Drennan, 1980).

En este trabajo se estudia la posibilidad de mejorar la calidad de la canal y la carne, obtenida con ensilado de pradera, bien con un acabado, con cantidades moderadas de concentrado (5 kg/día), o bien con el aumento del peso de sacrificio (siempre dentro de los límites que fija el mercado gallego).

MATERIAL Y METODOS

Para ello, se realizaron una serie de experimentos en los que a los animales que habían estado alimentados con ensilado de pradera y 2 kg de pienso por cabeza y día, se les sometió a acabados, con 5 kg de pienso, de 45 o 90 días y se les comparó con los que no sufrieron acabado de ningún tipo. Todos los animales se sacrificaron al mismo peso de 400 kg, (para evitar el posible efecto confundido con el producido por la variación del peso de sacrificio), por lo que los acabados comenzaron antes para los que lo tuvieron de 90 días que para los que lo sufrieron de 45 (y así procurar que al final de los acabados todos los animales alcanzasen el mismo peso). Simultáneamente se realizó otro experimento en el que los terneros sometidos al sistema de producción de ensilado de pradera (ensilado a voluntad más 2 kg/día de pienso) se sacrificaron a 370, 410 y 450 kg de peso vivo (todos ellos dentro del rango de pesos de sacrificio aceptados en el mercado gallego).

Para la realización del experimento de acabado se utilizaron 30 terneros Rubio gallegos de $213,57 \pm 2,99$ kg de peso inicial, divididos al azar en tres lotes para someterlos a tres periodos de acabado (0, 45 y 90 días) con 5 kg/día de pienso. Previamente todos los animales habían recibido, además del ensilado a voluntad, 2 kg de pienso al día, preparado a base de cebada y soja con los correspondientes correctores de vitaminas y minerales. Los piensos se formularon para que las ingestas resultasen del 16, 14 ó 13% de proteína bruta según que los animales tuviesen menos de 180 kg, de 180 a 270 kg y más de 270 kg, respectivamente. Los animales se sacrificaron a 400 kg, por lo que los periodos de acabado tuvieron que comenzar con distintos pesos, según tratamientos.

El ensilado empleado, con una materia seca (MS) del 18,65%, tenía una digestibilidad de la materia orgánica (DMO) de 63,88 % y una concentración en energía metabolizable (EM) de 9,08 MJ/kg de MS. El contenido en proteína bruta (PB) era de 11,23 % y el pH 3,90 (el de estabilidad 4,13). No resultó excesivamente bien fermentado, ya que la relación de nitrógeno amoniacal a nitrógeno total fue de 5,17.

Para el experimento de peso de sacrificio se utilizaron, igualmente, 30 terneros Rubio Gallegos (de $230,06 \pm 1,02$ kg de peso inicial) divididos al azar en tres lotes, para sacrificarlos al llegar a 370, 410 y 450 kg de peso vivo. El manejo de los animales fue igual que para el experimento de acabado en su fase previa. El ensilado tenía las siguientes características: MS 29,88; DMO 62,72%; EM 8,72MJ/kg MS; PB 10,38 %; pH 3,95 y pH de estabilidad 4,05.

Una vez que los animales alcanzaron los pesos previstos se sacrificaron, obteniéndose el peso canal, sin grasa pélvica ni riñonada, y el rendimiento. La canal se clasificó según las normas de la UE, mediante una escala: E⁺=15,.....R=8,.....P⁻=1, y para el engrasamiento la escala fue: magro=1,..... muy graso=9. A las 48 horas postmortem, se despiezaron las medias canales izquierda, según la metodología adoptada por los grupos de investigación españoles (Carballo *et al.*, 2001). La canal se dividió en cuartos por corte entre la 5^a y 6^a costillas. La clasificación de los cortes comerciales se realizó según la Norma del comercio al detall: Extra (solomillo y lomo), 1^a (babilla, tapa, contra, culata de contra, cadera, rabillo de cadera, redondo, aguja, espalda-espaldilla y pez), 2^a (morcillo del trasero, llana y morcillo-brazuelo del delantero) y 3^a (falda-costillar, pescuezo y pecho).

Las determinaciones realizadas en las muestras de carne (de la 6ª a la 10ª costilla) fueron: pH, en el músculo *Longissimus thoracis* a las 24 horas, color del *L. thoracis* y de la grasa subcutánea a las 24 horas, determinando con el espectrofotómetro en coordenadas cromáticas *L** (luminosidad), *a** (índice de rojo) y *b** (índice de amarillo). Dureza de la carne (fuerza máxima de corte) a las 24 horas, mediante texturometro INSTRON con célula de corte Warner-Bratzler, sobre muestras de 1x1x5 cm cocidas a 75°C durante 45 minutos. Las pérdidas por goteo (drip loss) (Offer y Knight, 1988), por presión (capacidad de retención de agua) (Honikel, 1997) y por cocción (Hamm, 1977), se expresan en % sobre la muestra en fresco. Por métodos subjetivos, mediante una escala, se determinó la consistencia de la carne (1=firme seca, 3=blanda húmeda) y el veteado (1=trazas, 5=infiltrada). La composición química de la carne se realizó según las normas oficiales. Se dibujó en papel acetato el *L. thoracis* a la altura de las 10ª y 6ª costillas, planimetrándose sus áreas (cm²). Para los análisis estadísticos de los datos se utilizó el PROC GLM del paquete estadístico SAS. Para el contraste entre medias el test F-lsd.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los terneros, crecieron en el periodo de preacabado 1021 g/día. En el acabado de 45 días, 1432 g/día (el acabado comenzó cuando los animales tenían 339,75 kg de peso) y en el de 90 días, 1367 g/día (el acabado de 90 días, que comenzó con terneros de 275,20 kg). En el de peso de sacrificio, según que los terneros se sacrificasen a 370, 410 o 450 kg, las ganancias de peso vivo fueron, 967, 1042 y 1106 g/día, respectivamente.

En las Tablas 1 y 2 se indican, respectivamente, las características de las canales y de la carne obtenidas en cada uno de los experimentos.

Tabla 1. Algunas características de las canales de terneros Rubio Gallegos, alimentados a base de ensilado de pradera y sometidos a distintos acabados con 5 kg de concentrado ó sacrificados a diferentes pesos.

	Días de acabado					Peso de sacrificio				
	0	45	90	et	P	370	410	450	et	p
Peso:										
Sacrificio (kg)	400,40	401,35	399,60	4,242	NS	372,15 ^a	409,10 ^b	451,20 ^c	4,551	0,001
Canal (kg)	212,72	215,77	219,34	2,822	NS	199,19 ^a	219,78 ^b	243,78 ^c	3,113	0,001
Rendimiento	53,13	53,73	54,89	0,775	NS	53,53	53,72	54,03	0,414	NS
Clasificación canal:										
Conformación	7,00a	8,50b	8,60b	0,547	0,05	6,80 ^a	7,00a	8,40b	0,439	0,05
Engrasamiento	3,80	4,00	4,10	0,177	NS	3,90	4,10	4,60	0,287	0,1
Flor	1,00	1,00	1,00	0,000	NS	1,10	1,10	1,20	0,112	NS
Cubricción riñón	1,90	2,10	2,00	0,226	NS	2,00	2,10	2,20	0,177	NS
Grasa de riñonada	1,11	1,16	1,16	0,053	NS	0,90	0,93	1,06	0,083	NS
Corte pistola (%)	50,08	50,15	50,00	0,439	NS	49,88	49,62	49,37	0,427	NS
Composición canal (%):										
Carne	75,60	76,01	76,11	0,657	NS	75,73	75,34	75,23	0,547	NS
Hueso	19,51	19,40	19,08	0,578	NS	19,85	19,72	19,49	0,476	NS
Grasa	4,89	4,59	4,81	0,310	NS	4,42	4,84	5,28	0,359	NS
Relación músculo/hueso	3,91	3,97	4,04	0,162	NS	3,84	3,85	3,88	0,117	NS
Carne de categoría (%):										
Extra	10,83	10,76	11,13	0,321	NS	10,86	10,82	10,73	0,339	NS
1ª	40,42	40,83	40,80	0,552	NS	39,79	39,52	39,47	0,454	NS
2ª	6,92	7,01	6,94	0,177	NS	6,81	6,74	6,76	0,191	NS
3ª	17,20	17,19	17,07	0,236	NS	18,08	18,08	18,12	0,209	NS
Area <i>L. thoraci</i> (cm²):										
En 10ª costilla	71,99	71,22	72,86	3,038	NS	70,30	71,04	72,34	1,510	NS
En 6ª costilla	30,47	31,65	32,69	1,515	NS	29,63	30,64	33,73	1,772	0,1

Cifras con diferente letras (superíndices) son significativamente diferentes. NS= no significativo.

Tabla 2. Algunas características de la carne de terneros Rubio Gallegos, alimentados a base de ensilado de pradera y sometidos a distintos acabados con 5 kg de concentrado ó sacrificados a diferentes pesos.

	Días de acabado					Peso de sacrificio				
	0	45	90	et	P	370	410	450	et	P
Veteado	1,05	1,10	1,10	0,062	NS	1,05	1,23	1,28	0,098	NS
Consistencia	1,15	1,10	1,25	0,073	NS	1,15	1,07	1,05	0,072	NS
Dureza	6,62	6,33	6,34	0,502	NS	6,97	6,99	6,88	0,358	NS
Perdidas de agua por (%):										
Goteo	1,45	1,53	1,54	0,094	NS	1,72	1,61	1,57	0,128	NS
Presión	23,52	24,64	24,93	0,723	NS	24,40	24,63	25,22	0,549	NS
Cocción	29,39	28,81	29,06	0,603	NS	30,46	30,72	30,76	0,552	NS
Índices cromáticos carne:										
L	37,08	36,91	38,62	0,788	NS	36,11	36,11	36,09	0,456	NS
a	15,59	14,53	15,08	0,564	NS	15,62	15,45	15,32	0,269	NS
b	8,85	9,27	8,46	0,336	NS	7,98	7,72	7,92	0,223	NS
Índices cromáticos grasa:										
L	68,03a	66,92ab	64,66b	0,943	0,05	68,80	69,01	68,47	1,176	NS
a	7,83	7,37	7,18	0,687	NS	6,06	6,09	7,07	0,594	NS
b	13,69	13,23	12,65	0,913	NS	10,71 ^a	11,07 ^a	13,09 ^b	0,599	0,01
pH	5,55	5,55	5,50	0,043	NS	5,56	5,57	5,54	0,027	NS
Composición carne (%):										
Proteína	21,48	21,63	21,77	0,153	NS	21,95	21,94	22,05	0,112	NS
Grasa	0,59	0,65	0,64	0,105	NS	0,82 ^a	0,94 ^b	0,96 ^b	0,046	0,01
Cenizas	1,17	1,19	1,20	0,012	NS	1,20	1,21	1,20	0,008	NS
Humedad	76,76	76,53	76,40	0,207	NS	76,02	75,91	75,79	0,109	NS

Cifras con diferente letras (superíndices) son significativamente diferentes. NS= no significativo.

Se puede observar como el único efecto significativo del acabado fue la mejora de la conformación de las canales y la disminución del índice de luminosidad L^* de la grasa, lo que produciría un cierto oscurecimiento, mientras que con el aumento del peso de sacrificio no solo mejoró la conformación, sino que también produjo una cierta tendencia en la mejora del engrasamiento. El incremento del peso de sacrificio aumentó el contenido en grasa de la carne.

La ausencia de mas efectos significativos en la composición de la canal, debido al aumento del peso de sacrificio, que debería conllevar a una disminución en las proporciones de músculo y de hueso y un aumento de la correspondiente a la grasa (Butterfield, 1974), se puede explicar porque en la fase de adolescencia, previa a la pubertad, el desarrollo se caracteriza por un notable aumento de todos los tejidos, sin prácticamente cambios relativos entre ellos (Cabrero, 1991) y los terneros utilizados en este experimento estarían próximos a esta fase.

El acabado tampoco modificó significativamente la composición de la canal, lo que parece contradecir lo expuesto por Keane y Drennan (1980) de que un aumento de la ingestión energética lleva a una disminución de los porcentajes de carne y hueso y al aumento del de grasa. Sin embargo, estos mismos autores indican que estos efectos se acentúan con el aumento del peso canal y no hay que olvidar que nuestras canales resultaron bastante ligeras. Por otra parte, se podría pensar que esto es consecuencia de que el suministro de concentrados en el acabado fue limitado, sin embargo, es dudoso que aumentando el nivel de pienso en este periodo pudiesen variar estos resultados, ya que las respuestas en ganancias diarias de peso vivo y por ello de los tejidos, a más de 4 kg de concentrado, si el ensilado tiene la calidad adecuada, son dudosas, por no decir nulas (Zea, 1996). Por otra parte, el efecto del nivel energético de la dieta en la canal es mucho más evidente en las razas más precoces. En animales de razas tardías los tejidos evolucionan todos de forma similar y no se modifica, sustancialmente, la composición (Geay et al., 1976). En este sentido, cabe explicar los resultados, ya que la raza utilizada en este experimento es de maduración tardía y gran formato.

Por otra parte, al aumentar el peso de sacrificio aumentó de forma significativa el área del *L. thoracis* al nivel de la 6ª costilla ($p < 0,1$), el contenido en grasa de la carne y el índice cromático b^* (índice de amarillo) de la grasa de cobertura. El incremento del peso de sacrificio no modificó el color ni aumentó la dureza de la carne, probablemente, las características más valoradas por los consumidores.

CONCLUSIONES

De estos resultados se puede concluir que incrementando el peso de sacrificio (dentro del rango de pesos demandados por el mercado gallego) de animales alimentados a base de ensilado de pradera, se pueden conseguir mejoras en la calidad de la canal y la carne similares ó superiores a las obtenidas con el acabado (de hasta 90 días con 5 kg de concentrado por cabeza y día). No hay que olvidar que la supresión del acabado implica un ahorro considerable de concentrados.

AGRADECIMIENTOS

Los resultados expuestos en este trabajo son consecuencia del Proyecto nº SC-99-003 del INIA "Mejora de la calidad de la canal y la carne de vacuno joven alimentado a base de forrajes ensilados", cuya financiación agradecen los autores.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- BUTTERFIELD, R. M., 1974. Beef carcass composition. *Austral. Meat Research Commite Review*, **18**, 1-24.
- CABRERO, M., 1991. Estructura y composición de la canal como determinante de su calidad. *Bovis*, **38**, 9-37.
- CARBALLO, J. A.; MONSERRAT, L.; SÁNCHEZ, L., 2001. Composición de la canal bovina. En *Metodología para el estudio de la calidad de la canal y de la carne de en rumiantes*, 105-123. Co.: V. CAÑEQUE, C. SAÑUDO. Monografías INIA. Serie Ganadera nº 1. Madrid.
- GEAY, Y.; ROBELIN, J.; BERANGER, C., 1976. Influence du niveau alimentaire sur le gain de poid vif et la composition de la carcasse de taurillons de différentes races. *Ann. Zootech.*, **25**, 287-307.
- HAMM, R., 1977. Citado por Pla (2001).
- HONIKEL, K. O., 1997. Reference method supported by OECD and their use in mediterranean meat products. *Food Chemistre*, **9** (4), 573-582.
- KEANE, G.; DRENNAN, M. J., 1980. Effects of diet type and feeding level on performance, carcass composition and efficiency of Friesian steers serially slaughtred. *Ir. J. Agric. Res.*, **19**, 53-67
- KEANE, G.; O' FARREL, M.; CONNOLLY, J., 1989. Growth and carcass composition of Friesian, Limousin x Friesian and Blonde d'Aquitania x Friesian steer. *Anim. Prod.*, **48**, 353-365.
- OFFER, G.; KNIGHT, P., 1988. The estructural basis of water-holding in meat. Part. 2: Drip losses. En *Developments in Meat Science 4*, 121-134. Ed: R. LAWRIE. Elsevier, Oxford.
- PLA, M., 2001. Medida de la capacidad de retención de agua. En *Metodología para el estudio de la calidad de la canal y de la carne en rumiantes.*, 173-179. Co. V. CAÑEQUE, C. SAÑUDO Monografías INIA. Serie Ganadera nº 1. Madrid.
- STEEN, R. W. J.; KILPATRICK, D. J., 1995. Effects of plan of nutrition and slaughtred weight on the carcass composition of serially slaughtred bulls, steers and heifers of three breed crosses. *Livestock Prod. Sci.*, **43**, 205-213.
- ZEA, J., 1996. Utilización de pastos y ensilados en la producción de carne de vacuno. *Pastos*, **XXVI**(2), 129-173.
- ZEA, J.; DÍAZ, M^a. D., 1991. Influencia de los sistemas de producción en la calidad de la canal. *Bovis*, **39**, 29-42.

Estudio del efecto del acabado y del peso de sacrificio en la calidad de la canal y de la carne de terneros alimentados a base de ensilado de pradera. (II) Terneros Holstein-Friesian

J. ZEA, J. A. CARBALLO, M^a. D. DIAZ y B. OLIETE

Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo (CIAM). Apartado 10, 15080. A Coruña.

RESUMEN: Se comparan los efectos que en las canales de terneros Holstein-Friesian (alimentados con ensilado de pradera y 2 kg de pienso) tienen el acabado (con 5 kg de pienso durante 45 ó 90 días) y el incremento del peso de sacrificio (370, 410 y 450 kg).

Los únicos efectos significativos producidos en las canales por el acabado fueron la mejora del rendimiento, de la conformación, del engrasamiento y de la cantidad de grasa. El índice de luminosidad *L** de la grasa de cobertura disminuyó. En la carne aumentó la grasa.

El incremento del peso de sacrificio mejoró la conformación y el engrasamiento de las canales, la flor, la cubrición del riñón y la grasa de riñonada. También aumentó el contenido en grasa de la canal y produjo una ligera tendencia a que disminuya de la cantidad de carne. Aumentaron de forma clara las áreas del *L. thoracis* medidas al nivel de la 6^a y 10^a costillas. El rendimiento a la canal aumentó, lo mismo que había ocurrido cuando se realizó el acabado.

Se concluye que incrementando el peso de sacrificio (en el rango de pesos demandados por el mercado gallego) se pueden conseguir mejoras en la calidad de la canal y la carne superiores a las obtenidas con el acabado.

Palabras clave: Producción de carne, sistemas producción, vacuno.

Study of finishing and slaughtered weight effect on the carcass and meat quality of holstein-friesian young bulls, fed with grass silage

SUMMARY: The effects that have the finishing (with 5 kg of concentrate during 45 or 90 days) and the increase of the slaughtered weight (370, 410 and 450 kg) in the carcasse of Hosten-Friesian young bulls are compared.

The finishing effects improved the dressing percentage, carcass conformation, carcass fattening and the carcass fat. The fat luminosity index *L** decrease with the finishing.

When increased slaughtered weight improved carcass conformation, carcass fattening and kidney fat. The content of carcass fat increased with a light decrease of the quantity of meat. The areas, measured in the level of the 6th and 10th ribs increased. The carcass dressing percentage increased, the same as with the finishing.

In conclusion, increasing the slaughtered weight one can get the improvements in the quality of the carcass and meat, which are better than the ones obtained with the finishing. This slughtered weight increments are in side the light carcasses range demanded by the Galician market.

Key words: Beef production, systems production, cattle.

INTRODUCCIÓN

A pesar de que los consumidores son cada vez más demandantes de productos naturales y de calidad, la utilización de concentrados en la producción de carne sigue siendo masiva, quizá porque el mercado gallego demanda un tipo de canal que por su peso ligero no es fácil de producir con pasto o forrajes y porque, durante mucho tiempo, se ha admitido que los animales alimentados a base de concentrados, producían carne de mejor calidad y sabor, que los animales alimentados con pastos o forrajes (Larick *et al.*, 1987; Madeiros *et al.*, 1987). Sin embargo, es posible producir carne con forrajes, no solo para cubrir la creciente demanda de carne más natural sino también para aprovechar mejor nuestros recursos.

El objetivo será producir canales, que dentro de su condición de procedente de forrajes, se adapten lo mejor posible al tipo que demanda el mercado, por ello no se debe olvidar que la dieta, concretamente su capacidad energética, puede afectar a la calidad de la canal y de la carne. Al aumentar la ingestión de energía

los porcentajes de carne y hueso en la canal disminuyen y los de grasa aumentan, resultando carne con flavor más agradable, acentuándose estos efectos cuando aumenta el peso de la canal (Keane y Drennan, 1980). Dado que no todos los forrajes o alimentos tienen el mismo valor energético, las canales procedentes de uno u otro sistema de producción no tienen porque ser iguales.

Por otra parte, la raza, en función de su capacidad de desarrollo, va a condicionar el tipo y las características de la canal dentro del sistema de producción (Rebelin, 1979). La elección de la raza es de primordial importancia para tratar de lograr la composición de la canal deseada. Dado el tipo de ganado existente en nuestra Comunidad, no parece haber duda que de deberá pensarse, además de en el Rubio Gallego y en sus cruces, en el Frisón, por ser el más abundante.

Dado que el mercado gallego sigue demandando un determinado tipo de canal, que por su peso, es muy difícil conseguir con forrajes, es por lo que se viene recomendado el acabado con concentrados con el fin de mejorar, básicamente, la conformación y el engrasamiento. Sin embargo, muchas veces el efecto del acabado se confunde con el aumento del peso de sacrificio, ya que, básicamente producen los mismos efectos en la canal como es la mejora de la conformación, el aumento del porcentaje de grasa y la disminución del de carne y hueso (Zea y Diaz, 1991; Cabrero, 1991)

En este trabajo se estudia la posibilidad de mejorar la calidad de la canal y la carne, obtenida con ensilado de pradera, bien con un acabado, con cantidades moderadas de concentrado (5 kg/día), o bien con el aumento del peso de sacrificio.

MATERIAL Y MÉTODOS

Para ello, se realizó un experimento en el que a los animales que habían estado alimentados con ensilado de pradera y 2 kg de pienso por cabeza y día, se les sometió a acabados, con 5 kg de pienso, de 45 o 90 días y se les comparó con los que no sufrieron acabado de ningún tipo. Todos los animales se sacrificaron al mismo peso de 400 kg (para evitar el posible efecto confundido del peso de sacrificio), por lo que los acabados comenzaron antes para los que lo tuvieron de 90 días que para los que lo sufrieron de 45.

Simultáneamente se realizó otro experimento en el que los animales sometidos al sistema de producción con ensilado de pradera se sacrificaron a 370, 410 y 450 kg de peso vivo.

Para la realización del experimento de acabado se utilizaron 30 terneros Holstein-Friesian de $175,52 \pm 4,37$ kg de peso inicial, divididos al azar en tres lotes para someterlos a tres periodos de acabado (0, 45 y 90 días) con 5 kg/día de pienso. Previamente todos los animales habían recibido, además del ensilado a voluntad, 2 kg de pienso al día, preparado a base de cebada y soja con los correspondientes correctores de vitaminas y minerales. Los piensos se formularon para que las ingestas resultasen del 16, 14 ó 13% de proteína bruta según que los animales tuviesen menos de 180 kg, de 180 a 270 kg y más de 270 kg, respectivamente. Los animales se sacrificaron a 400 kg, por lo que los periodos de acabado tuvieron que comenzar con distintos pesos, según tratamientos.

El ensilado empleado, con una materia seca (MS) del 18,43 %, tenía una digestibilidad de la materia orgánica (DMO) de 64,30 % y una concentración en energía metabolizable (EM) de 9,08 MJ/kg de MS. El contenido en proteína bruta (PB) era de 11,00 % y el pH 4,02 (el de estabilidad 4,01). No estaba excesivamente bien fermentado, ya que la relación de nitrógeno amoniacal a nitrógeno total fue de 5,28.

Para el experimento de peso de sacrificio se utilizaron igualmente 30 terneros Holstein-Friesian (de $163,22 \pm 2,77$ kg de peso inicial), divididos al azar en tres lotes, para sacrificarlos al llegar a 370, 410 y 450 kg de peso vivo. El manejo de los animales fue igual que para el de los experimentos de acabado en su fase previa, esto es, ensilado a voluntad y 2 kg de pienso por cabeza y día. El ensilado tenía las siguientes características: MS 20,12 %; DMO 65,36 %; EM 9,44 MJ/kg MS; PB 12,16%; pH 3,72 y pH de estabilidad 4,16.

Una vez que los animales alcanzaron los pesos previstos se sacrificaron, obteniéndose el peso canal, sin grasa pélvica ni riñonada, y el rendimiento. La canal se clasificó según las normas de la UE, mediante una escala: $E^+ = 15, \dots, R = 8, \dots, P^- = 1$, y para el engrasamiento la escala fue: magro = 1, ..., muy graso = 9. A las 48 horas *postmortem*, se despiezaron las medias canales izquierda, según la metodología adoptada por los grupos de investigación españoles (Carballo *et al.*, 2001). La canal se dividió en cuartos por corte entre la 5ª y 6ª costillas. La

clasificación de los cortes comerciales se realizó según la Norma del comercio al detall: Extra (solomillo y lomo), 1ª (babilla, tapa, contra, culata de contra, cadera, rabillo de cadera, redondo, aguja, espalda-espaldilla y pez), 2ª (morcillo del trasero, llana y morcillo-brazuelo del delantero) y 3ª (falda-costillar, pescuezo y pecho).

Las determinaciones realizadas en las muestras de carne (de la 6ª a la 10ª costilla) fueron:

pH, en el músculo *Longissimus thoracis* a las 24 horas, color del *L. thoracis* y de la grasa subcutánea a las 24 horas, determinando con el espectrofotómetro en coordenadas cromáticas L^* (luminosidad), a^* (índice de rojo) y b^* (índice de amarillo). Dureza de la carne (fuerza máxima de corte) a las 24 horas, mediante texturometro INSTRON con célula de corte Warner-Bratzler, sobre muestras de 1x1x5 cm cocidas a 75°C durante 45 minutos. Las pérdidas por goteo (drip loss) (Offer y Knight, 1988), por presión (capacidad de retención de agua) (Honikel, 1997) y por cocción (Hamm, 1977), se expresan en % sobre la muestra en fresco. Por métodos subjetivos, mediante una escala, se determinó la consistencia de la carne (1=firme seca, 3=blanda húmeda) y el veteado (1=trazas, 5=infiltrada). La composición química de la carne se realizó según las normas oficiales. Se dibujó en papel acetato el *L. thoracis* a la altura de las 10ª y 6ª costillas, planimetrándose sus áreas (cm²). Para los análisis estadísticos de los datos se utilizó el PROC GLM del paquete estadístico SAS. Para el contraste entre medias el test F-*lsd*.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el experimento de acabado los terneros, crecieron en el periodo de preacabado a razón de 999 g/día. En el acabado de 45 días, 1308 g/día (el acabado comenzó cuando los animales tenían 349,75 kg de peso) y en el de 90 días, 1373 g/día (el acabado de 90 días, que comenzó con terneros de 283,05 kg). En el de peso de sacrificio, según que los terneros se sacrificasen a 370, 410 o 450 kg, las ganancias de peso vivo fueron, 1019, 1071 y 1132 g/día.

En las Tablas 1 y 2 se indican, respectivamente, las características de las canales y de la carne obtenidas en cada uno de los experimentos de acabado y peso de sacrificio.

Tabla 1. Algunas características de las canales de terneros RubioGallegos, alimentados a base de ensilado de pradera y sometidos a distintos acabados con 5 kg de concentrado ó sacrificados a diferentes pesos.

	Días de acabado					Peso de sacrificio				
	0	45	90	et	P	370	410	450	et	p
Peso (kg):										
Sacrificio	401,80	408,60	406,65	4,122	NS	369,80 ^a	410,75 ^b	450,85 ^c	3,892	0,001
Canal	201,32	210,67	210,53	5,537	NS	186,86 ^a	210,80 ^b	233,15 ^c	3,181	0,001
Rendimiento (%)	50,09 ^a	51,57 ^b	51,73 ^b	0,482	0,05	50,51	51,33	51,71	0,467	0,1
Clasificación canal:										
Conformación	5,30	5,30	6,00	0,274	0,1	4,90	5,10	5,30	0,161	0,1
Engrasamiento	3,70 ^a	4,00 ^{ab}	4,60 ^b	0,232	0,05	4,40 ^a	4,90 ^{ab}	5,30 ^b	0,229	0,05
Flor	1,15	1,20	1,30	0,109	NS	1,00	1,15	1,20	0,077	0,1
Cubrición riñón	1,90	2,00	2,15	0,154	NS	1,00 ^a	2,10 ^b	2,25 ^b	0,098	0,001
Grasa de riñonada (%)	1,28	1,40	1,40	0,106	NS	1,33 ^a	1,43 ^b	1,64 ^b	0,094	0,05
Corte pistola (%)	49,51	49,28	48,93	0,246	NS	49,00	48,94	48,81	0,251	NS
Composición canal (%):										
Carne	72,30	72,81	72,16	0,477	NS	72,74	72,07	72,01	0,263	0,1
Hueso	22,65	22,08	21,84	0,346	NS	22,72	22,70	22,62	0,240	NS
Grasa	5,05 ^a	5,12 ^a	6,00 ^b	0,233	0,01	4,54 ^a	5,30 ^b	5,38 ^b	0,196	0,05
Relación músculo/hueso	3,20	3,31	3,31	0,069	NS	3,21	3,19	3,19	0,042	NS
Carne de categoría (%):										
Extra	10,21	10,10	9,86	0,309	NS	10,13	10,11	10,08	0,224	NS
1ª	37,63	38,16	37,79	0,373	NS	37,97	37,60	37,58	0,253	NS
2ª	6,59	6,69	6,58	0,108	NS	6,62	6,44	6,44	0,120	NS
3ª	17,74	17,68	17,81	0,307	NS	17,88	18,80	17,79	0,335	NS
Área <i>L. thoraci</i> (cm2):										
En 10ª costilla	57,26	60,68	58,10	1,960	NS	55,39 ^a	58,54 ^{ab}	62,32 ^b	1,790	0,05
En 6ª costilla	28,30	28,80	29,04	0,995	NS	26,68 ^a	28,07 ^b	31,07 ^b	1,338	0,05

Cifras con diferente letras (superíndices) son significativamente diferentes. NS= no significativo.

Tabla 2. Algunas características de la carne de terneros Rubio Gallegos, alimentados a base de ensilado de pradera y sometidos a distintos acabados con 5 kg de concentrado ó sacrificados a diferentes pesos.

	Días de acabado					Peso de sacrificio				
	0	45	90	et	P	370	410	450	et	p
Veteado	1,10	1,08	1,05	0,057	NS	1,05 ^a	1,50 ^b	1,40 ^b	0,063	0,001
Consistencia	1,10	1,20	1,08	0,061	NS	1,07	1,50	1,03	0,031	NS
Dureza	6,20	6,32	6,46	0,554	NS	7,89	7,69	7,76	0,364	NS
Perdidas de agua por (%):										
Goteo	1,51	1,45	1,61	0,099	NS	1,38 ^a	1,58 ^b	1,54 ^b	0,057	0,05
Presión	22,89	22,87	24,11	0,663	NS	24,09	23,90	23,99	0,368	NS
Cocción	27,64	29,04	29,09	1,547	NS	31,16	30,69	29,84	0,628	NS
Indíces cromáticos carne:										
L	38,38	38,71	38,41	0,380	NS	36,75	36,96	36,56	0,343	NS
a	15,84	15,07	15,12	0,428	NS	15,14 ^a	15,21 ^a	15,72 ^b	0,191	0,05
b	9,15	9,28	9,04	0,235	NS	7,64	8,08	7,89	0,227	NS
Indíces cromáticos grasa:										
L	67,61	65,60	64,18	1,288	0,1	69,42 ^a	67,70 ^b	66,90 ^b	0,703	0,05
a	6,04	5,93	6,11	0,473	NS	6,58	6,78	6,67	0,210	NS
b	12,07	12,00	13,01	0,646	NS	11,29	11,77	11,97	0,411	NS
pH 5,49	5,52	5,49	0,019	NS	5,48	5,44	5,44	0,017	0,1	
Composición carne (%):										
Proteína	21,80	22,04	21,76	0,159	NS	21,54	21,47	21,34	0,101	NS
Grasa	0,96 ^a	0,70 ^b	0,88 ^b	0,088	0,05	0,92	0,99	1,15	0,092	0,1
Cenizas	1,20 ^a	1,22 ^b	1,21 ^b	0,006	0,05	1,20	1,19	1,20	0,006	0,1
Humedad	76,05	76,04	76,15	0,176	NS	76,33	76,35	76,31	0,122	NS

Cifras con diferentes letras (superíndices) son significativamente diferentes. NS= no significativo.

Los efectos del acabado resultaron parecidos a los obtenidos con animales Rubio Gallegos en un experimento previo de Zea *et al.* (2004), aunque algo mejorados, ya que en este caso además de mejorar el rendimiento y el engrasamiento con el consiguiente aumento de la proporción de grasa en la canal, se observó una tendencia a que mejore la conformación. Lo mismo que para los animales gallegos, el índice de luminosidad L* de la grasa disminuyó con el acabado, lo que produciría un cierto oscurecimiento de la grasa, igual que ocurrió con los animales gallegos (Zea *et al.*, 2004).

Los escasos efectos mejorantes producidos por el acabado serían debidos a que el efecto del nivel energético de la dieta en la canal es mucho más evidente en las razas más precoces. En animales de razas tardías los tejidos evolucionan todos de forma similar y no se modifica, sustancialmente, la composición (Geay *et al.*, 1976). En este sentido cabe explicar los resultados, ya que la raza utilizada es de maduración tardía y gran formato. Para una misma edad, en las canales de razas más precoces, el aumento de energía incrementa considerablemente los depósitos adiposos y disminuye el músculo y hueso; en los animales de razas más tardías esto no es tan evidente (Geay y Beranger, 1969).

Los efectos mejorantes en la calidad de la canal que se producen al incrementar el peso de sacrificio resultaron mucho más marcados que cuando se utilizaron animales Rubio Gallego (Zea *et al.*, 2004), pues lo mismo que con el acabado, mejoro la conformación y el engrasamiento, pero en este caso también lo hizo la flor, la cubrición del riñón y la grasa de riñonada. Lo mismo que con los gallegos, aumentó el contenido en grasa de la canal, aunque, en este caso, fue acompañado de una ligera tendencia a que disminuya de la cantidad de carne; sin embargo, aumentaron de forma clara las áreas del *L. thoracis* medidas al nivel de la 6ª y 10ª costillas. El rendimiento a la canal también aumentó, lo mismo que había ocurrido con el efecto del acabado.

Parece que los efectos encontrados con los terneros Holstein-Friesian son algo mayores que los obtenidos con los Rubio Gallego (Zea *et al.*, 2004). Esto se debería a las diferencias en el comportamiento de las distintas razas, para un mismo sistema de producción, como indicó Robelin (1979) y en especial, por lo que se refiere a las distintas respuestas al acabado encontradas entre las dos razas, serian consecuencia de que los animales Holstein-Friesian son menos tardíos que los Rubio Gallego. Las respuestas al aumento del nivel energético de la dieta resultan variables, dependiendo del tipo genético del animal (Geay *et al.*, 1969).

Por lo que se refiere a la carne y la grasa, el aumento del peso de sacrificio produjo un incremento del veteado, acompañado del aumento del contenido graso de la carne ($p < 0,1$) y del índice cromático a^* (índice de rojo) de la carne y una disminución del L^* (índice de luminosidad) de la grasa de cobertura. Esto se podría traducir en una disminución de la intensidad del rojo de la carne, lo que sería consecuencia del aumento del veteado.

CONCLUSIONES

De estos resultados se puede concluir que incrementando el peso de sacrificio (dentro del rango de pesos demandados por el mercado gallego), de animales alimentados a base de ensilado de pradera, se pueden conseguir mejoras en la calidad de la canal y la carne superiores a las obtenidas con el acabado (con 5 kg de concentrado por cabeza y día). No hay que olvidar que la supresión del acabado implica un ahorro considerable de concentrados.

AGRADECIMIENTOS

Los resultados expuestos en este trabajo son consecuencia del Proyecto nº SC-99-003 del INIA "Mejora de la calidad de la canal y la carne de vacuno joven alimentado a base de forrajes ensilados", cuya financiación agradecen los autores.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CABRERO, M., 1991. Estructura y composición de la canal como determinante de su calidad. *Bovis*, **38**, 9-37.
- CARBALLO, J. A.; MONSERRAT, L.; SÁNCHEZ, L., 2001. Composición de la canal bovina. En *Metodología para el estudio de la calidad de la canal y de la carne de rumiantes*, 105-123. Co.: V. CAÑEQUE, C. SANUDO. Monografías INIA. Serie Ganadera nº 1. Madrid.
- GEAY, Y.; BERANGER, C., 1969. Influence de la proportion de céréales dans a ration sur l'état d'engrassissement des carcasse de taurillons de 15 mois. *Ann. Zootch.*, **18**, 79-91.
- GEAY, Y.; ROBELIN, J.; BERANGER, C., 1976. Influence du niveau alimentaire sur le gain de poid vif et la composition carcasse de taurillons de différentes races. *Ann. Zootech.*, **25**, 287-307.
- HAMM, R., 1977. Citado por Pla (2001).
- HONIKEL, K. O., 1997. Reference method supported by OECD and their use in mediterranean meat products. *Food Chemistre*, **9** (4), 573-582.
- KEANE, G.; DRENNAN, M. J., 1980. Effects of diet type and feeding level on performance, carcass composition and efficiency of Friesian steers serially slaughtred. *Ir. J. Agric. Res.*, **19**, 53-67
- LARICK, D. J.; HEDRICK, H. B.; BAILEY, M. E.; WILLIAMS, J. E.; HANCOCK, D. L.;
- MADEIROS, L. C.; FIELD, R. A.; MENKHAUS, D. J.; RUSSEL, W. C., 1987. Evaluation of range-grazed and concentrate fed by a trained sensory panel, a household panel and a laboratory test marked group. *Journal of Sensory Studies*, **2**, 259-272.
- OFFER, G.; KNIGHT, P., 1988. The estructural basis of water-holding in meat. Part. 2: Drip losses. En *Developments in Meat Science* 4, 121-134. Ed: R. LAWRIE. Elsevier, Oxford.
- PLA, M., 2001. Medida de la capacidad de retención de agua. En *Metodología para el estudio de la calidad de la canal y de la carne en rumiantes.*, 173-179. Co. V. CAÑEQUE, C. SANUDO Monografías INIA. Serie Ganadera nº 1. Madrid.
- REBELIN, J., 1979. Influence de croissance sur la composition du gain de poid des bovins: variation selon la race et la sexe. *Ann. Zootech.*, **28**, 209-221.
- ZEA, J.; DÍAZ, M^a. D., 1991. Influencia de los sistemas de producción en la calidad de la canal. *Bovis*, **39**, 29-42.
- ZEA, J.; DÍAZ, M^a. D.; CARBALLO, J. A.; OLLETE, B., 2004. Comparación entre el efecto del acabado y del incremento del peso de sacrificio en la calidad de la canal y de la carne de terneros Rubio Gallegos, alimentados a base de ensilado de pradera. En *Actas de la XLIV Reunión Científica de la SEEP*. Salamanca. (en este volumen)

Viabilidad de la producción de corderos de raza mallorquina en pasto

M. JOY¹, J. GULÍAS² Y J. CIFRE²

Institut de Biologia Animal de Balears, S.A. C/ Esperanto n° 8. Son Ferriol. 07198-Palma de Mallorca. ¹Unidad de Tecnología en Producción Animal. CITA-Aragón. Apdo 727. 50.080-Zaragoza. ²Departamento de Biología. Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Agrícola. Universitat de les Illes Balears. Cra. Valldemossa km 7.5, 07122 Palma de Mallorca

RESUMEN: La cría de ganado ovino, históricamente una de las principales actividades agropecuarias de las Islas Baleares, ha visto disminuir su rentabilidad en las últimas décadas. Una posible vía para solucionar este problema es la producción de calidad, cuyo producto adquiere un alto precio de mercado. En este trabajo se ha ensayado la viabilidad de la producción de cordero de raza mallorquina a partir de pasto (trébol subterráneo o avena, y pastos con arbolado ralo) y sin suplemento alimenticio. Con este objetivo, a los 21 días de edad de los corderos, éstos junto con sus madres pasaron a pastar un cultivo forrajero de trébol subterráneo durante tres semanas y después pastorearon un cultivo de avena, en el que permanecieron dos semanas. Durante las cinco semanas que duró la experiencia, los animales permanecían en el cultivo durante 3-4 horas, mientras que el resto del día aprovechaban una zona de pastos con arbolado ralo. Se siguió semanalmente el incremento de peso de los corderos, observándose un crecimiento moderado durante las cuatro primeras semanas. La última semana, el incremento de peso fue significativamente menor al de las semanas anteriores, lo que probablemente fue debido a la escasez de avena y a la disminución de la producción de leche de las madres como respuesta a la escasez de forraje y a la falta de suplementación durante las cinco semanas de pastoreo.

Palabras clave: ovino, pastoreo, crecimiento

Viability of majorcan lambs production on pasture

SUMMARY: Sheep production has been one of the main agricultural activities in the Balearic Islands. Nevertheless, its profitability has decreased in the last decades. A solution to this situation can be to produce a "quality product" with a high market value. In this study, we have assessed the viability of lamb production by natural forage feeding (subterranean clover or oat, and open grazed forest) without supplement. Sheep grazed a subterranean clover crop during three weeks (from the 3rd to the 6th week after lamb birth), and an oat crop during the following two weeks (the 7th and the 8th week after lamb birth). During the experiment, sheep grazed the crop area during 3-4 hours per day and spent the rest of the time grazing a xerotropic grassland. Lamb growth (as weight increase) was followed weekly. A moderate growth was recorded from the first to the fourth week, while the 5th week lamb growth was significant lower. This was probably due to a low oat forage production and to a decrease of milk production as a consequence of a pasture shortage without concentrate supplement.

Key words: grazing, sheep production, growth

INTRODUCCIÓN

El ganado ovino supone un 55% del censo ganadero total de las Illes Balears. Su cría constituye una actividad tradicional que siempre ha sido referente del paisaje de las Islas y sus productos una fuente importante de ingresos en la economía agraria. La baja rentabilidad que existe en el sector agrario desde hace unas décadas (Manrique *et al.*, 1994) afecta de manera muy importante al sector ovino. Una posible vía para aumentar dicha rentabilidad es mediante la producción de un producto de calidad diferente y con garantía de trazabilidad controlada. Actualmente hay una creciente demanda de productos de calidad en todo el archipiélago por lo que deben buscarse vías de producción de corderos alternativas a las del cebo con pienso. En las Islas es muy frecuente la producción ovina en pastoreo lo que tiene la desventaja, frente a los sistemas semi-intensivos o intensivos en los que el cordero se engorda a base de pienso, que el ritmo de crecimiento de los corderos es inferior, pero presenta la ventaja de poder producir un cordero de calidad criado en condiciones naturales. De este modo, el incremento de su valor en el momento de venta, junto con el bajo coste de producción, pueden incrementar la rentabilidad de la explotación. Además hay que resaltar que dicho

pastoreo tiene un componente de extensificación importante en las Islas donde el paisaje tiene un gran valor económico y donde otros sectores económicamente más importantes, como el turístico, entienden el papel que dicho ganado juega en la mejora y gestión del paisaje natural y rural (Lavin *et al.*, 1996, Cifre *et al.*, 2001). Las praderas más comunes utilizadas son las de cereales. Sin embargo, tras una política de fomento de la siembra de cultivos de leguminosas, actualmente se ha extendido su uso entre los ganaderos de ovino que ven ventajosa la siembra de cultivos y praderas plurianuales, entre las que destaca el trébol subterráneo (*Trifolium subterraneum* subsp. *brachycalicinum*) por adaptarse bien a las condiciones de tierras calizas y al clima mediterráneo.

El objetivo del presente trabajo es estudiar el crecimiento del cordero de raza Mallorquina en un sistema de producción extensivo, con pastoreo sin suplementación, y alcanzar el peso de la canal a la edad idónea para la producción de carne de calidad garantizada.

MATERIAL Y MÉTODOS

El ensayo se desarrolló en la zona de "Es Raiguer" de Mallorca (Illes Balears), situado en el Noreste de la isla, durante los meses de marzo y abril del año 1999. Se partió de un rebaño de ovejas de raza "Mallorquina" que se cubrió de forma controlada durante el verano para obtener los partos en febrero, momento en que la avena puede ser aprovechada a diente y que el trébol subterráneo empieza a producir forraje. Se utilizaron 19 ovejas como madres de corderos machos procedentes de parto simple, los cuales al nacer eran crota-lados y se procedía a la desinfección del cordón umbilical. Las madres se mantuvieron vigiladas en el aprisco hasta que se recuperaron del parto y se aseguró que aceptaban a la cría, mamando ésta sin dificultad, lo que supuso un periodo de 21 días. Tras ese tiempo las ovejas junto a sus crías pasaron a pastorear un cultivo forrajero de trébol subterráneo (*Trifolium subterraneum* subsp. *brachycalicinum*) con una carga ganadera media de 40 animales/ha. Estos animales pastoreaban diariamente unas 3-4 horas mientras que el resto del tiempo permanecían en zonas de pasto con arbolado ralo que durante esta época produce forraje que los ovinos utilizan fácilmente. Se llevó a cabo dicho manejo por ser el representativo del ganado ovino en Mallorca y porque se pretendía estudiar la producción de corderos en condiciones reales y no en "condiciones experimentales". Tras 21 días en el cultivo de trébol, este empezó a mostrar agotamiento y las ovejas se trasladaron a un cultivo de avena (*Avena sativa*) en el que estuvieron 15 días y aprovecharon a diente la producción herbácea que había en aquel momento. En general el cultivo de avena se dedica a la producción de grano, pero en Mallorca un manejo frecuente de dicho cultivo es el aprovechamiento en despunte invernal (Joy y Delgado, 1989) y posterior recolección de grano. En algunos años en que la pluviometría es escasa y cuando no se espera una buena producción de grano se realiza una segunda oferta forrajera para su aprovechamiento a diente, siendo este el caso del presente año. A los 56 días de vida los corderos salieron de la parcela de avena y se llevó a cabo el destete en los casos de los corderos mayores de 13 kg de PV para su posterior cebo, o la venta de cordero lechal en el caso de los corderos con un peso inferior. Semanalmente los corderos se pesaban y se tomaban muestras de los dos cultivos utilizados, las cuáles fueron desecadas a 60°C, molidas a 1 mm de diámetro y almacenadas para su posterior análisis. Los análisis químicos de los principios nutritivos fueron realizados de acuerdo con los métodos oficiales del AOAC (1990). Los análisis de todas las muestras se llevaron a cabo por duplicado. El contenido en materia seca (MS) del forraje se determinó por desecación en estufa de ventilación forzada a 103 °C hasta peso constante y los restantes análisis se realizaron sobre muestras desecadas a 60° C durante 48 horas y molidas a través de una malla de 1 mm de diámetro. Las cenizas (Cz) se obtuvieron por incineración a 550 °C y la proteína bruta (PB) por método N-kjeldhal, según el AOAC (1990). La fibras ácido detergente (FAD) y la fibra neutro detergente (FND) se determinaron según el método de Van Soest *et al.* (1991). Se estimaron los valores en energía neta (EN) según el NRC (1988) y el valor en UFL (unidad forrajera lechera) según el INRA (1989).

Los datos se analizaron mediante análisis de la varianza utilizando el paquete estadístico SPSS (SPSS, 1990).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La composición química de los dos cultivos pastados se muestra en la Tabla 1. Tanto el trébol como la avena presentaron un elevado valor proteico, siendo de 18,60 y 15,58%, respectivamente. Los valores de FND y FAD fueron bajos para el trébol, mientras que la gramínea presentó un valor medio-elevado. En relación a ello, el contenido en energía fue más elevado en el trébol con una valor de 0,91 UFL, mientras que la avena presentó un contenido de 0,79 UFL. La producción forrajera sólo se pudo determinar en el cultivo de trébol, registrándose una producción media anual de 1796 kg de MS/ha, siendo esta producción aceptable si se consideran las condiciones de producción (suelo calizo, pluviometría media-baja, 400-450 mm, y terreno semi-montañoso con escasa profundidad del suelo). La producción forrajera de avena no se determinó, pero en la zona la producción media puede estimarse en 3600 - 5400 kg MS/ha. (Estelrich, comunicación personal).

Tabla 1. Composición química (% sobre materia seca), valor nutritivo y producción (kg MS/ha) de los cultivos pastados.

Cultivo	M.S	Cenizas	PB	FB	FAD	FND	EN ¹	UFL ²	Producción
Avena	22,10	9,75	15,58	27,08	31,28	50,65	1,37	0,79	
Trébol	14,91	12,71	18,60		26,11	33,41	1,58	0,91	1796

¹ Energía Neta en kcal/kg MS.

² Unidad forrajera leche en unidades/kg MS.

La evolución en peso de los corderos de raza mallorquina en pastoreo se expresa en la Tabla 2. En ella se observa un incremento semanal entre 1,21 y 1,35 kg PV/semana/animal cuando los animales pastoreaban en el trébol subterráneo, mientras que cuando estaban aprovechando la avena el crecimiento semanal fue de 1,31 y 0,92 kg PV/semana/animal. Las últimas semanas en las que estuvieron en los respectivos cultivos (semana 3 y 5), el incremento en peso fue inferior que en las restantes, como consecuencia de una reducción de la oferta forrajera típica de un cultivo próximo al agotamiento (Figura 1). Cuando se calculan los crecimientos diarios (g/día) (Tabla 3) se observa que durante las tres primeras semanas se obtuvo un crecimiento medio de 184,3 g/día, siendo dicho crecimiento inferior aunque no de forma significativa ($P > 0,05$) en la última semana de pastoreo de trébol en la que como ya hemos dicho se observó una reducción de la producción forrajera. Cuando los corderos se trasladaron al cultivo de la avena se observó una recuperación del crecimiento con un valor medio de 187,1 g/día, aunque dicho valor se redujo a 131,4 g/día en la segunda semana de pastoreo de la avena, siendo este crecimiento significativamente inferior al registrado en las cuatro anteriores semanas. Ello es un reflejo de la reducción de la producción de leche de la madre, debido por un lado a la escasez de forraje del cultivo y por otro al agotamiento de la oveja tras cinco semanas de lactación sin una alimentación suplementaria al pastoreo. El trébol tuvo una mayor capacidad para mantener un crecimiento medio razonable en los animales, mientras que la avena únicamente fue capaz de mantener el mismo

Tabla 2. Evolución semanal del peso vivo de los corderos de raza mallorquina en las 5 semanas en pastoreo (las tres primeras en trébol y las dos últimas en avena).

Semana (días)	Nº animales	Cultivo	Peso (kg) ^{1,2}
1 (0)	19	trébol	6,9 ± 0,38 ^a
2 (7)	19	trébol	8,2 ± 0,44 ^b
3 (14)	19	trébol	9,6 ± 0,29 ^c
4 (21)	19	trébol	10,8 ± 0,50 ^d
5 (28)	19	avena	12,1 ± 0,57 ^{de}
6 (35)	19	avena	13,0 ± 0,59 ^e

¹ Media mínimo-cuadrática y error estándar

² Letras distintas indican diferencias significativas ($P < 0,05$)

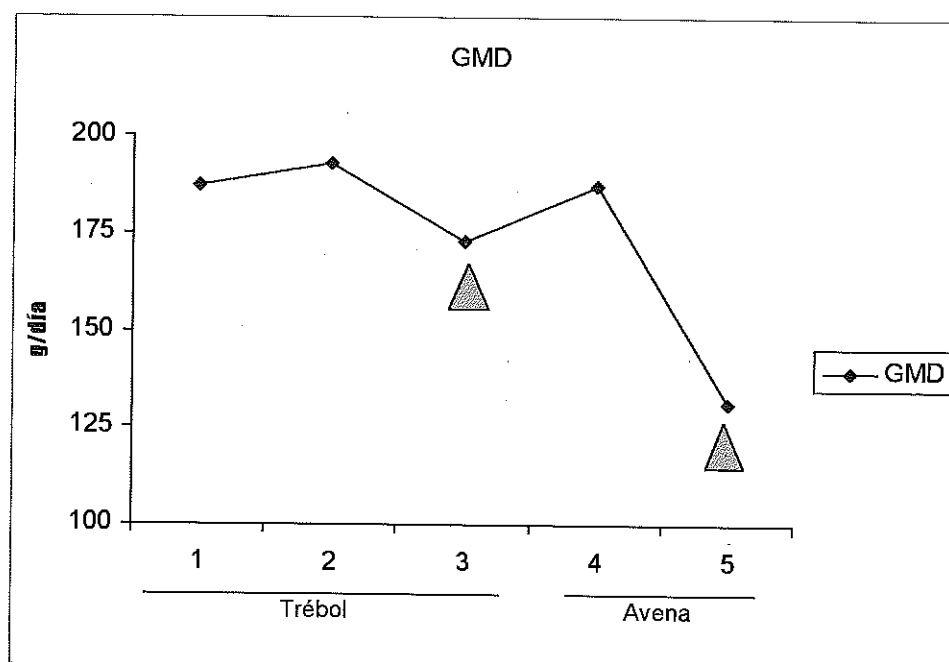


Figura 1.—Curva de crecimiento de los corderos de raza mallorquina en las semanas que estuvieron pastoreando trébol (C1 a C3) y avena (C4 a C5).

Tabla 3. Crecimiento de los corderos de raza mallorquina en las semanas que estuvieron pastoreando trébol (C1 a C3) y avena (C4 a C5).

Período ¹	Nº animales	Cultivo	Crecimiento (kg/semana) ^{2,3}
C ₁	19	Trébol	1,31 ± 0,097 ^{bc}
C ₂	19	Trébol	1,35 ± 0,053 ^{bc}
C ₃	19	Trébol	1,21 ± 0,058 ^b
C ₁₋₃	19	Trébol	1,29 ± 0,069 ^{bc}
C ₄	19	Avena	1,31 ± 0,108 ^c
C ₅	19	Avena	0,92 ± 0,082 ^a
C ₄₋₅	19	Avena	1,12 ± 0,095 ^{ab}
C ₁₋₆	19	Trébol - Avena	1,22 ± 0,080 ^b

1 C_i: crecimiento en la semana i

C_{i-j}: crecimiento medio durante las semanas i a j

2 Media mínimo-cuadrática y error estándar

3 Letras distintas indican diferencias significativas (P < 0,05)

ritmo de crecimiento durante una semana. Este hecho es consecuencia tanto del tipo de cultivo como de la excesiva movilización de grasa que la oveja tiene que realizar cuando la ingestión de energía (y probablemente de proteína) es inferior a la requerida para la producción de leche, lo que ocurre cuando una oveja lactante sólo dispone del pasto con arbolado ralo y 3-4 h diarias en cultivo forrajero sin ningún tipo de suplementación energética ni proteica. En el presente estudio, a partir de la quinta semana en pastoreo sin ningún tipo de suplementación (octava semana de lactación), las ovejas presentaban una escasez de reservas corporales notable que provocó la reducción de su producción de leche y por tanto del crecimiento de los corderos.

CONCLUSIONES

Del presente estudio se puede concluir que la alimentación de las madres basada exclusivamente en pasto con arbolado ralo y de trébol o avena durante 3-4 horas diarias permite únicamente un crecimiento moderado de los corderos. A partir de la quinta semana de estudio y la octava en lactación se reduce dicho crecimiento por la disminución de la producción de leche de las madres como respuesta a la escasez de forraje y de reservas corporales tras un periodo largo de alimentación restringida.

AGRADECIMIENTOS

Los autores quieren expresar su agradecimiento a Pau Socias y a Xisco de la explotación de Son Cladera (Sa Pobla, Mallorca) por la ayuda inestimable en la realización de los ensayos de campo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AOAC., 1990. *Official methods of analysis. Association of official analytical chemists*. 15 th ed. Arlintong, USA.
- CIFRE, J.; BONAFÉ, J.; BUADES, M.; COMPANY, G.; CRESPI, G.; GALMÉS, J.; JOY, M.; MESTRE, A.; PANADÉS, G., SOLI-VELLES, M., VIVES, M.A., 2002. I Congrés Rural, documents de treball. Monografies de la Conselleria d'Agricultura i Pesca. Govern de les Illes Balears.
- I.N.R.A., 1989. *Ruminant nutrition. Recommended allowances and feed tables*. John Libbey Eurotext. París. 389 pp.
- JOY, M.; DELGADO, I., 1989. Posibilidades forrajeras de los cereales de invierno en un secano árido. *ITEA*, **82**, 13-21.
- LAVIN, P.; MANTECÓN, A.R.; GIRÁLDEZ, F.J., 1996. Sistemas de pastoreo y utilización del territorio. *Ovis*, **43**, 11-25
- MANRIQUE, E.; BERNUES, A.; OLAIZOLA, A.; MAZA, M.T., 1994. Economía de explotaciones ovinas de montaña y sistemas de explotación trashumante I. Subvenciones y orientación productiva en la formación de rentas. *XIX Jornadas científicas de la SEOC*. Burgos. Serie estudios 14, 119-124.
- NRC, 1988. *Nutrient requirements of dairy cattle*. National Academy Press. Washington, D.C. 157pp.
- VAN SOEST, P.J., ROBERTSON, J.B., LEWIS, B.A., 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.*, **74**, 3583-3597.

Consideraciones sobre el concepto de carga ganadera en los sistemas extensivos y silvopastorales

N. MANDALUNIZ, A. IGARZABAL, R. RUIZ y L.M. OREGUI

NEIKER Dep. Agrosistemas y Producción Animal. Apdo. 46 01080 Vitoria-Gasteiz. loregi@neiker.net

RESUMEN: La carga ganadera es un concepto muy utilizado en producción animal, no solo al tratar el pastoreo extensivo, que tiene significados distintos de acuerdo con la perspectiva desde la que se aborde la producción: las necesidades nutritivas de la cabaña ganadera, la utilización en pastoreo de los forrajes disponibles o la contaminación relacionada con la actividad ganadera. Estos diferentes aspectos dan lugar a múltiples definiciones, no siempre relacionadas entre sí, de la unidad en que se expresa esta carga y que generalmente reciben una misma denominación: Unidad de Ganado Mayor (UGM). Con relación al pastoreo, y más concretamente al de carácter extensivo, la unidad de carga ganadera debe indicar la cantidad de forraje utilizado por los animales que pastan en una zona, para poder relacionarla con la producción forrajera de la misma. Tanto estos aspectos como la necesidad de concretar los distintos significados que se da al término Carga Ganadera en el ámbito del pastoreo, son discutidos en la presente comunicación, aportándose la necesidad de realizar una labor de unificación similar a la realizada por las SEEP en otros campos.

Palabras clave: Carga ganadera, Unidad de Ganado Mayor, pastoreo extensivo.

The concepts of stocking rate and related terms in extensive and silvopastoral systems

SUMMARY: Stocking rate is a frequently used concept in livestock farming systems analysis, and not only under extensive conditions or range management. However, it can be considered according to different perspectives, which will determine the particular meaning in each situation. Stocking rate can be related either to the total requirements of the livestock making use of a particular surface, or to the potential forage intake of animals grazing a pastoral surface, or to the total manure production and related potential contaminant elements of the livestock managed. This multiple approach involve differences between the definitions of the stocking rate units, which usually receive the same name: Livestock Unit (LU). The unit defined for stocking rate must be related to the amount of forage consumed by the animals managed per surface unit in order to allow a comparison with forage production. Those issues, as well as the need to make more specific different terms used in extensive management, are discussed in the present communication. Finally, the interest of working in the unification of terminology, similar to previous actions carried out by the SEEP in other productive aspects, is pointed out.

Key words: Stocking rate, carrying capacity, grazing capacity, livestock unit, range management.

INTRODUCCIÓN

El pastoreo es el resultado de la interacción entre el pasto y el animal que lo utiliza. Esta interacción . El resultado de la misma viene condicionado por un gran número de factores, relacionados con características del animal (especie, raza, estado fisiológico, etc.), del forraje disponible (especie forrajera, estado fenológico, disponibilidad, etc.) y del territorio en el que se desarrolla (orografía, comunidades vegetales, etc.), todos los cuales definen la cantidad y características del alimento ingerido. La manera en que este conjunto de factores se combinan en un determinado pasto tiene importantes implicaciones productivas, ecológicas, y en su gestión (Ungar, 1996).

Asumiendo esta complejidad, y el grado de incertidumbre asociada a la misma, la gestión de las zonas de pastoreo requiere la concreción del número de animales adecuado, que permita maximizar su utilización desde el punto de vista productivo sin que ello suponga una alteración drástica o irreversible del pasto. Una adecuada definición de este parámetro es fundamental en las zonas de carácter extensivo, donde las posibilidades de actuación son escasas y las consecuencias sobre su sostenibilidad pueden ser importantes.

Sin tratar de ser exhaustivos, ni entrar en aspectos técnico-científicos recogidos en múltiples revisiones de gran calidad científica, la presente comunicación pretende aproximarse a algunos de los problemas que plantea la utilización de algunos ciertos conceptos al tratar de abordar la evaluación de la carga ganadera en el caso de pastos extensivos.

CARGA GANADERA: DEFINICIÓN Y UNIDADES

Se entiende como carga ganadera al número de animales que utilizan una determinada superficie de terreno. Se trata de una magnitud que expresa las demandas que el ganado ejerce sobre los recursos del terreno que utiliza. Como todas las magnitudes, esta también requiere una unidad de medida simple y precisa, que tal como señalan Scarnecchia y Kothmann (1982) debe ser "... una unidad de demanda, igual que el metro es una unidad de longitud."

Sin embargo las demandas del ganado, respecto al espacio que utilizan, pueden evaluarse desde diferentes perspectivas:

- De cobertura de las necesidades nutritivas totales, no únicamente las satisfechas por la producción de la superficie utilizada o disponible. La carga tiene en cuenta las necesidades, generalmente energéticas, totales de los animales que utilizan la zona considerada.
- De forraje producido por el terreno. La carga viene dada por la cantidad de forraje que precisan los animales que utilizan el terreno y sería función de su capacidad de ingestión potencial.
- De uso del terreno como soporte de las actividades productivas, lo que conlleva una capacidad de contaminación. La carga vendría dada en función de la cantidad de excretas, y elementos potencialmente contaminantes (v.g. N y P) asociados a las mismas, producidos por los animales que utilizan una superficie dada.

Estas tres perspectivas representan tres aspectos de la producción animal relacionados entre sí, necesidades, ingestión y excreción, pero que no son equiparables. La consecuencia de todo esto es la existencia de múltiples definiciones de carga ganadera (Tabla 1), en función del enfoque considerado por cada uno de los autores.

Tabla 1. Definiciones de unidad de carga ganadera aportada por distintos autores.

Autor	Definición	Unidad de Carga	Denominación
Voisin (1963)	Ingestión de una vaca seca de 500 kg.		Unidad de Ganado Mayor (UGM)
Society for Range Management (1974)	Ingestión de hierba de una vaca de 454 kg. de PV (1000 libras) con ternero y produciendo 4,5 l. de leche al día.		Animal Unit (AU)
Hodgson (1990)	Ingestión diaria de hierba de una vaca con 500 kg. de PV y una producción lechera de 3640 litros		Livestock Unit (LU)
Kjær y Madsen (1998)	Una unidad de carga (LU) viene definida por la cantidad de estiércol producido anualmente por una vaca de ova raza pesada.		Livestock Unit (LU)
Soper (2001)	Unidad de carga equivale a los animales capaces de excretar anualmente la cantidad de nitrógeno que precisa un acre de maíz para su producción.		Livestock Unit (LU)
Vidal (2002)	Una unidad de carga representa la cantidad de alimento necesaria por un animal de referencia (por convención una vaca lechera produciendo 3000 kg.) para cubrir sus necesidades de mantenimiento y producción		Livestock Unit (LU)
Administración Forestal Española ¹	La unidad de carga viene definida por las necesidades de mantenimiento de una vaca de 500 kg.		Unidad de Ganado Mayor (UGM)

¹ Fuente: http://www.uhu.es/03024/Carpeta_segna/pastos0102.htm (Universidad de Huelva)

Ello no tendría que ser un inconveniente si no fuera porque, independientemente del aspecto productivo considerado, en todos los casos la magnitud definida es la misma, lo que se refleja en que la unidad considerada recibe una denominación similar: Unidad de Ganado Mayor (UGM) ó Livestock Unit (LU). Ello da lugar a que el término UGM pueda llegar a ser equívoco y por tanto poco adecuado para ser utilizado como unidad.

Pero además, esta indeterminación de la UGM, como unidad de carga ganadera, se produce incluso al considerar la definición que de la misma se hace desde cada una de las perspectivas de la producción animal consideradas anteriormente. Al considerar las relacionadas con la demanda de forraje se aprecia una definición inadecuada de las características del animal utilizado como patrón (Voisin, 1963; Vidal, 2002), o la falta de concreción de su estado productivo (Hodgson, 1990), lo que impide relacionar ese patrón con una cantidad determinada de hierba ingerida (kg MS/día), que correspondería a la ingestión potencial de esa "unidad". Esta falta de concreción dificulta la utilización de la UGM como instrumento para la gestión de zonas extensivas, cuyo objetivo básico es relacionar su oferta de pasto con la demanda que del mismo tienen los animales que las utilizan.

Otra de las consecuencias de la falta de precisión en la definición de la UGM, como unidad de carga ganadera, es la variabilidad en las equivalencias entre las distintas categorías de animales (Tabla 2). Ello supone una dificultad añadida a la hora de evaluar las cargas reales existentes en las zonas de pastoreo, donde es común la coincidencia de animales de distintas características, que lo utilizan durante ciertos períodos del año, y por tanto en estados productivos concretos. De igual forma resulta un problema para la interpretación de los resultados de los estudios en los que se utiliza la UGM (UGM/ha) como indicador de la presión de pastoreo de zonas extensivas, en especial si este es multispecífico.

Además, al analizar estas equivalencias, en función de los factores propios de los animales que inciden sobre su capacidad de ingestión (Forbes, 1986), surgen ciertos interrogantes sobre las relaciones de carga establecidas.

Desde este punto de vista destaca la equivalencia entre vacuno de carne y vacuno de leche indicado por varios de los autores recogidos en la Tabla 2. La producción lechera junto con el peso vivo son los dos factores con una mayor incidencia sobre la capacidad de ingestión (Forbes, 1986) del ganado vacuno. Dulphy *et al.* (1987) señalan que la ingestión en el vacuno de carne sería de 95 g de MS/kg. PV^{0,75}, mientras que en el vacuno en lactación es de 140 g de MS/kg. PV^{0,75}. Estas diferencias son dependientes del potencial lechero de las vacas, por lo que serían inferiores con producciones similares a las consideradas en los patrones antes mencionados (Tabla 1), pero que están alejadas de las producciones actuales del vacuno lechero.

Igualmente destaca, aunque en sentido opuesto, la variabilidad de las equivalencias en UGM del ganado ovino, probablemente reflejo de las diferentes características de las ovejas tipo consideradas por cada uno de los autores. En este sentido, cabe señalar las dos equivalencias, 0,1 para ovejas de monte y 0,15 para ovejas de valle, propuestas por el MAFF (2000), y que reflejarían la diferencia de peso entre las razas de montaña y de valle (MLC, 1981).

Tabla 2. Equivalencias de carga entre distintos tipos de animales.

Autor	Lechero	Carne	Novillas	
Voisin (1963)	1,0	1,0	0,7 (12-24 meses)	0,1 (con cordero)
Hodgson (1990)	1,0	1,2 (amamantando ternero)	0,5 (11-20 meses)	0,13
Vidal (2002)	1,0	0,8	0,7 (12-24 meses)	0,1
Reglamento UE 1254/99 (1999)	1,0	1,0	0,6 (6-24 meses)	0,15
MAFF (2000)	1,0	1,0 (sin ternero)	0,6 (6-24 meses)	0,1/0,15 ovejas de monte/valle
Arandia y Mangado (2000)	1,0	---	---	0,18
Administración Forestal Española	1,0	0,75		0,125

CONCEPTOS DE GESTIÓN RELACIONADOS CON LA CARGA GANADERA

Tal como se ha expuesto en el apartado anterior, la definición de la carga ganadera, junto con la de una unidad de medida adecuada, son necesarios para la gestión de áreas de pastoreo extensivo.

Sin embargo, al considerar la bibliografía en castellano relativa al pastoreo se observa que se emplea el término Carga Ganadera con varios significados. Comparándolos con los encontrados en la literatura anglosajona, y dependiendo del contexto, la "carga ganadera" sería equiparable a distintos términos ingleses, con significados diferentes.

El significado más comúnmente asociado a la Carga Ganadera es equiparable al término inglés "Stocking Rate" definido como "el número de animales de determinados tipos y clases que pastan una unidad de terreno durante un determinado período de tiempo" (Dijkman, 1988). Es decir, esta acepción Carga Ganadera tiene un sentido descriptivo de la presión de pastoreo a la que es sometido un determinado pasto en un momento dado. La longitud de este período en la que se define la presión de pastoreo puede ser más o menos largo-mayor o menor, diferenciándose la Carga Ganadera Puntual, la existente en una fase concreta y determinada del período de pastoreo, de la Carga Ganadera Media, que viene dada por el valor medio de animales en el conjunto del período de pastoreo o año.

Pero, igualmente, la carga ganadera se utiliza en la caracterización de los pastos, en el sentido de "el número máximo de animales, o de unidades de carga, posible en una unidad de terreno y que es compatible con el mantenimiento o mejora de la vegetación o de los recursos relacionados con la misma.", y que se corresponde con el término "Carrying Capacity" (Dijkman, 1988) anglosajón, que se podría traducir como "Capacidad de Carga" o "Carga Potencial" de un pasto. Este no se refiere a la situación de un pasto en un momento determinado, sino a una característica propia del mismo, que representa su potencialidad para mantener un determinado número de animales de forma sostenible. Esta capacidad vendrá determinada por la vegetación del pasto, determinante de su productividad, y por otros factores geográficos y ambientales, algunos de los cuales están condicionados por el año. Por tanto para su evaluación se precisa un período de tiempo superior a un ciclo productivo, idealmente un mínimo de tres años (Holechek *et al.*, 2000). Algunos autores (Galt *et al.*, 2000; Holechek *et al.*, 2000) se refieren a esta potencialidad del pasto con el término "Grazing Capacity".

Sin embargo, en general este último término tiene un significado diferente. Dijkman, (1988) lo define como "el máximo número de animales que puede sostener un terreno determinado en función de todos los recursos disponibles, tanto forrajeros, incluidos los forrajes conservados, como concentrados". Este concepto de carga estaría más relacionado con el concepto de carga ligado a las demandas totales de los animales, anteriormente mencionado. Por tanto presenta un sentido más global, referido a los sistemas ligados al pastoreo de zonas extensivas, con una utilidad evidente desde una perspectiva de su análisis sistémico. Dar con un término equivalente en castellano es difícil, y su traducción, capacidad de pastoreo, no refleja esta idea sistémica que lleva implícito el término. Por el contrario parece reflejar más la aptitud o habilidad de un animal para satisfacer sus necesidades o apetito mediante el pastoreo.

CONCLUSIONES

En resumen, la comparación y la difusión de los resultados obtenidos en los trabajos orientados a la mejora de la utilización de los pastos extensivos, precisaría concretar el concepto de carga ganadera desde el punto de vista de la gestión, enfocada a relacionar las necesidades de forraje de los animales y la oferta del pasto. Ello permitiría la definición de una unidad de carga adecuada y establecer un sistema de equivalencias, considerando las características de ingestión de los distintos tipos y clases de animales. Ello requeriría un trabajo de unificación similar al realizado en otros aspectos del pastoreo (Ferrer *et al.*, 1997). Esta labor facilitaría, igualmente, el establecimiento del sentido concreto de una serie de términos relacionados con el uso ganadero de espacios pastorales, y que actualmente al recibir una denominación similar pueden resultar confusos.

AGRADECIMIENTOS

La presente comunicación se ha realizado en el marco del proyecto "RTA-02-086-C2 del INIA-MCYT".

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ARANDIA, A., MANGADO, J., 2000. Uso ganadero de las sierras de Urbasa y Andia (Navarra) . Datos básicos para una propuesta de gestión sostenible. En *Actas de la XXI Reunión Ibérica de Patos y Forrajes*, Bragança - A Coruña - Lugo, pp 709-715.
- DIJKMAN, J., 1988. Carrying capacity: Outdated concept or useful livestock management tool. En *Proceedings Electronic Conference 'Livestock-coping with drought'* FAO-ODI, Junio-Setiembre 1988. <http://www.oneplan.org/Stock/capacity.htm>.
- DULPHY, J.P.; FAVERDIN, Ph.; MICOL, D.; BOCQUIER, F., 1987. Révision du système des Unités d'Encombrement. *Bull. Tech., CRZV-Theix*, 70, 35-48.
- FERRER, C.; SAN MIGUEL, A; OLEA, L., 1997. Nomenclator básico de pastos de España. *Pastos*, 29, 7-44
- FORBES, J.M., 1986. *The voluntary food intake of farm animals*. Butterworths. 206 pp. Londres, U.K.
- GALT, D.; MOLINAR, F.; NAVARRO, J.; JOSEPH, J.; HOLECHECK, J., 2000. Grazing Capacity and Stocking Rate. *Rangelands*, 22, 7-11
- HODGSON, J., 1990. *Grazing management. Science into practice*. Logman Sci. & Tech. 203 pp. Harlow. U.K.
- HOLECHECK, J.R.; PIEPER, R.D., HERBEL, C.H., 2000. *Range management. Principles and practices*. Prentice Hall, 587 pp. New Jersey, USA.
- MAFF, 2000. England rural development program 2000-2006 Annex XI Countryside stewardship detailed scheme information. Ministry of Agriculture, Food and Fisheries 274 pp. Londres U.K.
- MLC, 1981. *Feeding the ewe*. Meat and Livestock Commission. 87 pp. Milton-Keines, U.K.
- KJÆR, S.; MADSEN, J., 1998. *Environmental Policy for Intensive Livestock Production in Denmark. Regional Workshop on Area-Wide Integration of Crop-Livestock Activities*, 18-20 June, FAO Regional Office, Bangkok Thailand.
- SCARNECCHIA, D.L., KOTHMANN, M.M., 1982. A dynamic approach to grazing management terminology. *J. Range Management*, 35, 262-264.
- SOCIETY FOR RANGE MANAGEMENT, 1974. *A glossary of terms used in range management*. 3d edition. Society of Range Management, Denver, USA.
- SOPER, C., 2001. Environmental report. <http://www.bra.bayfield.on.ca/envir1001.pdf> 2pp.
- UNGAR, E.D., 1996. Ingestive Behaviour. En *The ecology and management of grazing systems* Ed J. HOGSON, A.W. ILLIUS. CAB International, Oxon, UK.
- UNION EUROPEA (1999). http://europa.eu.int/cur-lex/es/scareh/search_lif.html
- VIDAL, CL., 2002. Holdings with grazing livestock have followed different paths. *Statistics in Focus*, 25, 1-3
- VOISIN, A., 1963. *Productividad de la hierba*. Tecnos. 499 pp. Madrid. España.

TERCERA PARTE

PRODUCCIÓN VEGETAL

Respuestas del pasto al CO₂ y cambio climático

M. SÁNCHEZ-DÍAZ

Departamento de Fisiología Vegetal. Facultades de Ciencias y Farmacia. Universidad de Navarra. C/Irunlarrea s/n. 31008. Pamplona

RESUMEN: Según el consenso científico general, durante el presente siglo se va a producir un cambio importante en el clima del mundo debido, en gran parte, al aumento en la concentración de gases invernadero en la atmósfera. El gas invernadero más importante es el CO₂, que está aumentando a razón de, aproximadamente, un 0,5% por año. Igualmente, se ha predicho que la temperatura media de la superficie terrestre sufrirá un aumento de, al menos, 2°C. Así mismo, la precipitación será mayor en latitudes altas y disminuirá en las medias.

La producción de los pastos se verá influenciada, tanto por los efectos fertilizantes del aumento en la concentración de CO₂, como por la elevación de la temperatura, y los cambios en el régimen de precipitación. Además de una estimulación de la fotosíntesis, las respuestas más evidentes de las plantas del pasto al CO₂ elevado son modificaciones de la calidad del tejido (mayor relación C/N). En ecosistemas naturales, los efectos del CO₂ y el ambiente físico interactúan de manera bastante compleja. Las distintas especies vegetales presentan diferentes y múltiples respuestas al CO₂ elevado. A su vez, estas respuestas están codeterminadas por interacciones abióticas y bióticas. A largo plazo, tales diferencias alterarán la contribución de las diferentes especies al pasto, con consecuencias para su biodiversidad. Los conocimientos actuales sobre la problemática que conlleva el CO₂ elevado, justifican la urgente necesidad de medidas que moderen la presión humana que fuerza el cambio atmosférico.

Palabras clave: biodiversidad, crecimiento, fotosíntesis, nutrientes minerales, relaciones hídricas.

Grassland responses to CO₂ and climate change

SUMMARY: The general scientific consensus is that a significant change in world climate will occur during the present century, largely because of an increased concentration of greenhouse gases in the atmosphere. The most important greenhouse gas is CO₂, which is increasing by about 0.5% per year. It is predicted that average temperature of the earth surface will increase by 2°C, and precipitation will also increase in high latitudes but will decrease in low latitudes.

Grassland production will be influenced by both the fertilizer effects of rising CO₂ concentration and increasing temperature coupled with changing patterns of rainfall. Besides a stimulation of photosynthesis, the most robust findings on plant responses to elevated CO₂ are changes in active tissue quality (wider C/N ratio).

In addition, in natural ecosystems, the effects of CO₂ and the physical environment interact in complex ways. Plants respond to elevated CO₂ in various ways, most importantly, plant species differ in their responses, and these responses are co-determined by abiotic and biotic interactions. In the long run, such differences will alter the contribution of species to grassland communities, with consequences for biodiversity and ecosystem processes. The current understanding of the CO₂ problem offers sufficient justification to urge measures of moderating human forcing of atmospheric change.

Key words: biodiversity, growth, mineral nutrients, photosynthesis, water relations.

INTRODUCCIÓN

Un cambio climático es un proceso de alteración, a largo plazo, de las condiciones promedio del tiempo en un área particular. Abarca todas las características del ambiente que constituyen el clima, tales como temperatura, humedad, nubosidad y precipitación, así como la presencia de fenómenos meteorológicos extremos.

Puesto que todas estas características del ambiente están interrelacionadas, por ejemplo, la cobertura nubosa con la lluvia y, a su vez, con la radiación solar que llega a la superficie terrestre, el cambio en una de ellas puede tener consecuencias profundas en las condiciones globales y, por lo tanto, a nivel de la biosfera.

Además de las alteraciones en los parámetros meteorológicos del clima, el término cambio climático global suele incluir también variaciones en la composición química de la atmósfera terrestre, es decir, el cambio atmosférico. Por lo tanto, si quisiéramos agrupar ambos aspectos del cambio global, el término más apropiado sería "cambio ambiental" (Sánchez-Díaz *et al.*, 2004)

La información sobre la composición de la atmósfera y las modificaciones que en ella han tenido lugar durante los dos últimos siglos es muy precisa. Somos testigos de un aumento en la concentración atmosférica de CO_2 que no tiene precedentes en los tiempos geológicos más recientes. La evidencia de que, desde aproximadamente 1750 hasta nuestros días, la concentración de CO_2 en la atmósfera ha aumentado a nivel mundial, es irrefutable. Se ha pasado de 280 a $355 \text{ cm}^3 \text{ m}^{-3}$, siendo el aumento en el momento actual de, aproximadamente, $1,5 \text{ cm}^3 \text{ m}^{-3} \text{ año}^{-1}$, con una aceleración evidente. Las concentraciones medidas durante las décadas recientes muestran una desviación muy importante en relación con el rango de valores registrados en los últimos 420 000 años (Figura 1)

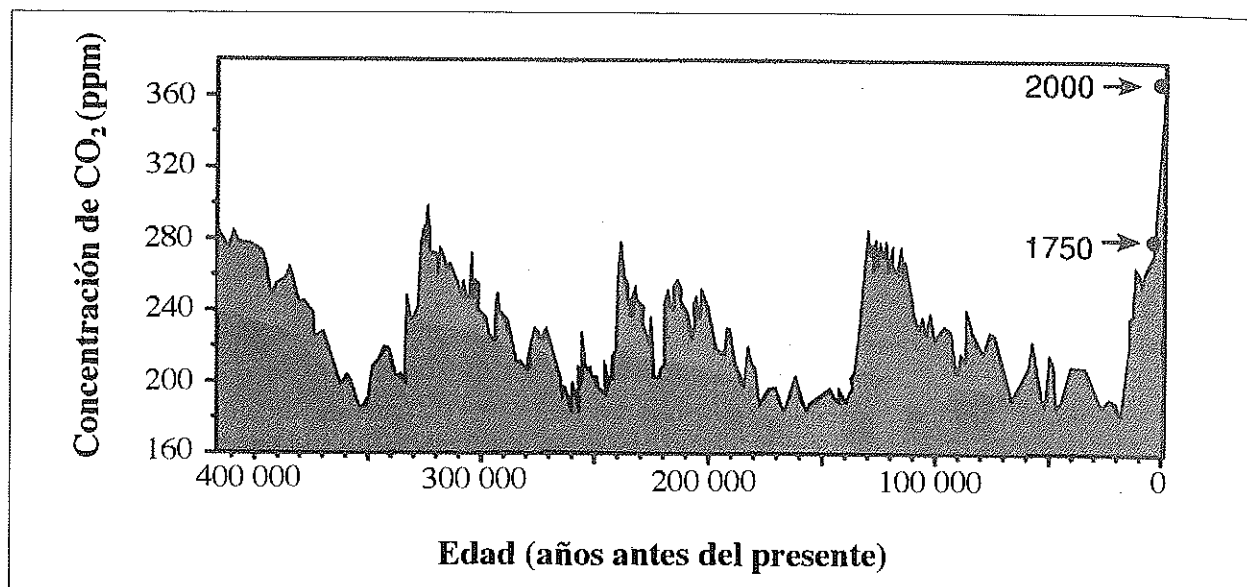


Figura 1.—Concentraciones de CO_2 en la atmósfera durante los últimos 420 000 años, reconstruidas a partir de muestras extraídas de testigos de hielo en la Antártida. Las fluctuaciones observadas corresponden a cambios entre climas calurosos y edades de hielo. Los valores máximos (aprox. 280 ppm) se presentaron durante los periodos interglaciares y los mínimos (aprox. 180 ppm) durante las glaciaciones. Las concentraciones de CO_2 medidas durante las décadas recientes se muestran en el extremo derecho; se observa una desviación muy importante en relación con el rango de valores registrados anteriormente. (Adaptado de Petit *et al.* 1999.)

La reducción fotoquímica del CO_2 vía fotosíntesis es el material y el origen energético de toda la vida superior en la tierra. Por lo tanto, un cambio en la disponibilidad de CO_2 influirá, muy probablemente, en la vida vegetal y, por lo tanto, en la biosfera.

Las predicciones sobre la composición de la atmósfera en el futuro también están bien fundamentadas (Jäger y Ferguson, 1991); con las tasas actuales de emisión de CO_2 , y teniendo en cuenta el consumo creciente de combustibles fósiles tales como el petróleo, gas y carbón para satisfacer las necesidades humanas, es de esperar que el nivel de CO_2 atmosférico alcance los $700 \text{ cm}^3 \text{ m}^{-3}$ al final del siglo XXI. Existen otros gases traza que también están aumentando en la atmósfera. Entre ellos, hemos de destacar el metano, los óxidos de nitrógeno y, más recientemente, los clorofluorocarbonos (CFCs). Estos incrementos se deben al aumento creciente en la utilización de combustibles fósiles como fuentes energéticas debido, tanto al aumento en las necesidades de la humanidad, como a la creciente industrialización. Además, grandes cantidades de CO_2 se liberan a la atmósfera por oxidación, a causa de la acumulación a nivel edáfico de biomasa y carbono orgánico, origi-

nada por la destrucción de bosques y cambios en el uso del terreno. Hay que señalar que, junto con el cambio climático y el atmosférico, la modificación en el uso del terreno constituye un tercer aspecto responsable del cambio global.

Las consecuencias del cambio en la composición de la atmósfera, para la estabilidad a largo plazo del clima, no están totalmente establecidas. Sin embargo, se sabe que el anhídrido carbónico, el metano y los CFCs absorben radiación infrarroja de onda larga y que, por lo tanto, "atrapan" la energía emitida por la superficie terrestre. La energía atrapada calienta la atmósfera; ello constituye la base del denominado "efecto invernadero". Se ha estimado que, aproximadamente, un 50% del CO₂ emitido a la atmósfera permanece en ella, y que el otro 50% es absorbido por los océanos y ecosistemas terrestres. Como consecuencia de ello, aumentarán las temperaturas de la atmósfera, océanos y continentes.

Las previsiones del Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC), basadas en complejos modelos matemáticos, indican que tanto la temperatura media de la superficie del planeta, como el nivel del mar, aumentarán de 1,4 a 5,5 °C y de 10 a 90 cm, respectivamente, antes del año 2100 (IPCC, 2001).

Los modelos predicen que el incremento global estará distribuido de una manera desigual. Así, por ejemplo, se prevé que el aumento de temperatura será mayor en latitudes altas que en regiones ecuatoriales. Estos modelos también predicen cambios en la pluviometría, que será mayor en latitudes altas y, posiblemente, en el ecuador, y disminuirá en latitudes medias. Es importante que estas dos facetas del problema del CO₂ se separen claramente (Figura 2).

TIPOS DE SISTEMAS EXPERIMENTALES

Los efectos del cambio atmosférico global sobre la vegetación son extraordinariamente difíciles de estudiar experimentalmente. Ello es debido, tanto a limitaciones de tiempo como de espacio, así como a la dificultad de incluir fenómenos atmosféricos de retroacción. Excepto en el caso de utilización de emisiones naturales de CO₂, no existe alternativa para la exposición a cambios graduales en la concentración de CO₂. Adicionalmente, en el caso de los árboles, que constituyen la mayor reserva biológica de carbono (la mitad de la cual se encuentra en el trópico), apenas se pueden estudiar en su fase vital adulta, simplemente debido a las dificultades técnicas y a las prioridades de financiación actual de la ciencia en general. Entre las metodologías que los científicos han venido utilizando en el estudio de la respuesta de las plantas al enriquecimiento de CO₂, hemos de reseñar:

1. Experimentación en condiciones controladas
 - a) Cámaras de crecimiento
 - b) Invernaderos con simulación de condiciones naturales

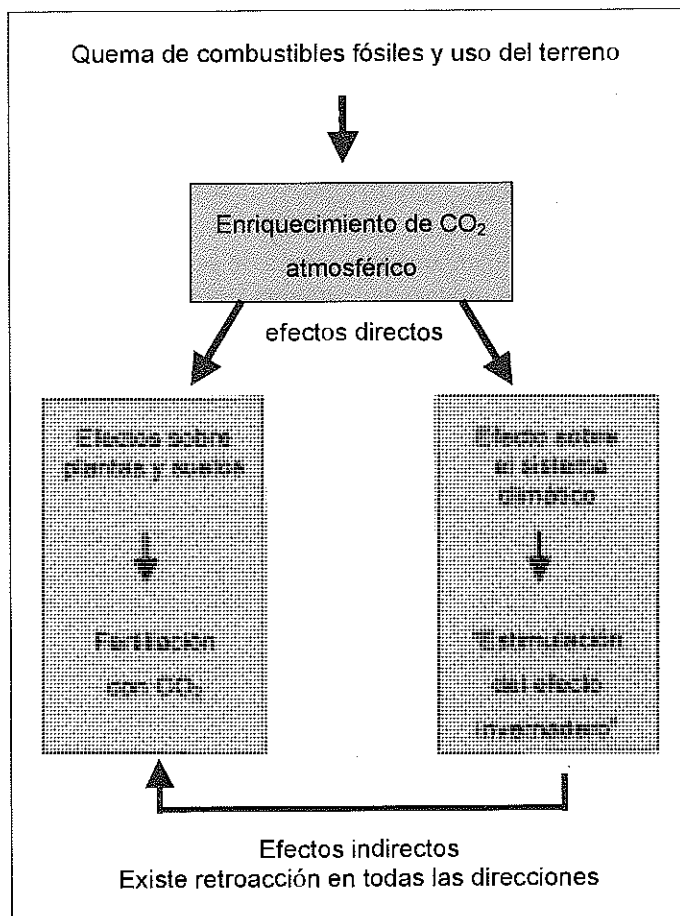


Figura 2.—El problema del enriquecimiento de CO₂ tiene dos aspectos: por una parte, influye en la vegetación vía fotosíntesis y regulación estomática y, por otra, en el sistema climático. Este segundo aspecto conlleva consecuencias indirectas en la vegetación con efectos retroactivos, tanto sobre la concentración atmosférica de CO₂ (vía ciclo del carbono), como sobre el clima (por ejemplo, vía cubierta del suelo, reflectividad y relaciones bídricas) (Körner, 2000)

2. Experimentación en campo

- a) Cámaras a cielo abierto, Open Top Chambers (OTC)
- b) Túneles de gradiente térmico
- c) Sistemas de enriquecimiento de CO₂ en campo abierto (FACE, Free Air Carbon Dioxide Enrichment)
- d) Emisiones naturales de gases

Aparte de las emisiones naturales de gases, sólo los OTC y FACE son los que más se aproximan a situaciones reales de campo, aunque en ellos sólo es posible el control de los niveles de CO₂, siendo técnicamente muy difícil, o imposible, el control de la temperatura. Hay que destacar, que la principal ventaja de los invernaderos con simulación de condiciones naturales y, especialmente, de los túneles de gradiente térmico, es que cuando se dividen en compartimentos posibilitan la existencia de un gradiente térmico, manteniéndose las variaciones ambientales naturales. Por otra parte, son sistemas con iluminación natural y un buen control de los niveles de CO₂.

RESPUESTAS A NIVEL DE LA PLANTA

Fotosíntesis

La fotosíntesis es el punto de partida de todos los intentos de desarrollo de modelos para la comprensión de los efectos del CO₂ sobre las plantas. Es un proceso que depende del CO₂, responsable de la síntesis de hidratos de carbono, catalizado por la rubisco (ribulosa 1,5 bifosfato carboxilasa / oxigenasa), una enzima ubicua en todas las plantas verdes. La eficiencia carboxilatoria de la rubisco depende de la presión parcial de CO₂ en el lugar de síntesis (es decir, en el estroma de los cloroplastos); con el aumento de la presión parcial de CO₂ intercelular, aumenta la tasa de asimilación. Puesto que la asimilación de CO₂ sigue una función de saturación, este proceso no aumenta indefinidamente, sino que se satura, aproximadamente, a 1000 ppm. Existen muchos factores que participan en el control de la presión parcial de CO₂ en el interior de la hoja. Las restricciones estomáticas en los procesos de difusión de CO₂ y, por lo tanto, el suministro de agua a las plantas, desempeñan un papel esencial. En el Cretácico, cuando probablemente las concentraciones atmosféricas de CO₂ descendieron por primera vez por debajo de los valores hasta entonces normales, la difusión de CO₂ llegó a constituir un factor importante de limitación del crecimiento, especialmente en las regiones secas.

En muchas familias de plantas, se seleccionaron aquellas especies que presentaban células foliares especiales, con un mecanismo de concentración de CO₂, y que rodeaban el tejido fotosintético real. En estas especies, de tipo C₄, la rubisco funciona a niveles de CO₂ saturantes, haciendo que sean menos dependientes de las concentraciones de CO₂ ambiente que el resto de las plantas de tipo C₃. Hoy en día, las plantas C₄ se presentan fundamentalmente en regiones secas y cálidas. En condiciones de CO₂ elevado, las diferencias en la fisiología y anatomía de las hojas de estas especies tienen implicaciones importantes, dado que las plantas C₃ y C₄ muestran diferente sensibilidad al CO₂ (Figura 3). Sin embargo, cuando las plantas crecen continuamente en CO₂ elevado, tienen lugar cambios bioquímicos, morfológicos y fisiológicos que disminuyen la capacidad fotosintética de la hoja, de manera que, en general, los grandes incrementos iniciales observados no se mantienen cuando pasan semanas o meses y, frecuentemente, decrece la fotosíntesis aunque no hasta las tasas iniciales. Este fenómeno se conoce como aclimatación a la baja ("down acclimation") de la fotosíntesis (Drake *et al.*, 1997).

La aclimatación de la fotosíntesis, a menudo reduce la capacidad fotosintética. Las razones por las cuales se produce la aclimatación pueden estar relacionadas con un aumento en la concentración de los carbohidratos y con la disminución de proteínas solubles tales como la rubisco. La acumulación de carbohidratos es debida a que la tasa de fotosíntesis excede la capacidad de utilizar los fotoasimilados producidos para el crecimiento y, como consecuencia, la planta es incapaz de usar los carbohidratos adicionales que la fotosíntesis en CO₂ elevado puede proporcionar. Por otro lado, se observa una gran reducción de la concentración y actividad de la rubisco, que resultará en una disminución de la tasa de fotosíntesis.

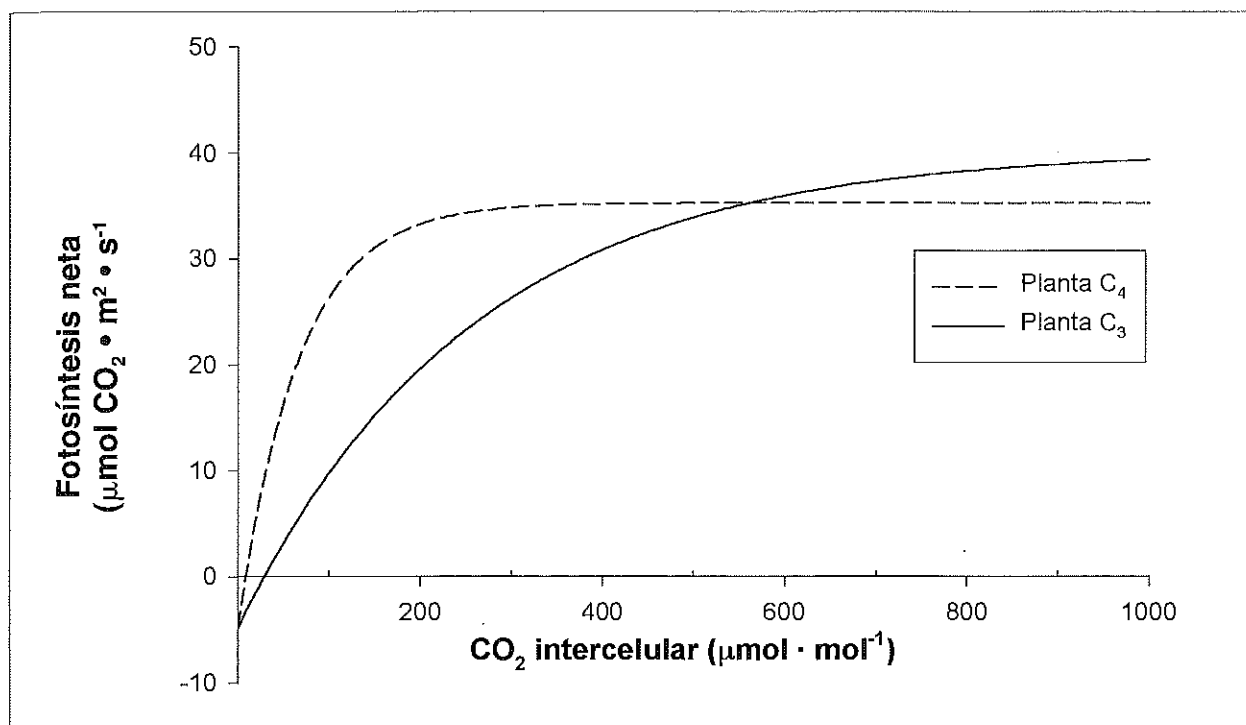


Figura 3. Respuesta comparativa de la fotosíntesis neta al CO₂ en hojas de plantas C₃ y C₄. (Azcón-Bieto et al. 2004)

Regulación estomática y eficiencia en el uso del agua

La regulación estomática del intercambio de gases es sensible al CO₂. En condiciones de CO₂ elevado, las plantas reducen sus aberturas estomáticas y, por lo tanto, disminuyen la pérdida de agua. Esto no se acompaña, necesariamente, de una pérdida simultánea del rendimiento fotosintético, como ocurre con plantas crecidas en CO₂ ambiente. Tal mecanismo de ahorro de agua observado a nivel foliar, conduce a una desecación más lenta del suelo. Ello afecta positivamente al crecimiento de la planta y aumenta la disponibilidad de nutrientes. Así se explica el hecho sorprendente de que, incluso en plantas C₄, se puede estimular el crecimiento en condiciones de CO₂ elevado (Owensby *et al.*, 1993). Es de destacar que, en árboles adultos, no se ha observado este tipo de respuestas estomáticas pronunciadas.

La respuesta de cierre estomático para niveles elevados de CO₂, tiende a originar un aumento en la relación entre fotosíntesis y transpiración, incrementándose así la eficiencia "instantánea" o de la fotosíntesis en el uso del agua en base a una hoja individual (WUE_{ph}) (Sánchez-Díaz y Aguirreolea, 2000). Con frecuencia, el factor limitante de la fotosíntesis suele ser la resistencia asociada a la limitación de CO₂ en las células del mesófilo, en lugar de la abertura estomática. En muchos experimentos a corto plazo, en los cuales se mantuvieron otras condiciones ambientales a niveles óptimos, un aumento al doble de la concentración de CO₂, disminuyó la transpiración en un 25-50% y aumentó la WUE_{ph} hasta un 200%.

La eficiencia en el uso del agua se puede medir también de una manera integrada, en el periodo de crecimiento, como materia seca producida por unidad de agua perdida por transpiración; es la denominada eficiencia en el uso del agua de la productividad (WUE_p). El efecto del CO₂ en la respuesta de WUE_{ph}, correspondiente a hojas individuales, suele ser mucho mayor que el efecto sobre WUE_p, aunque hay que destacar que es este último parámetro el que contiene información más valiosa, puesto que las altas tasas de asimilación fotosintética correspondientes a hojas individuales son transitorias, disminuyen con la edad de la hoja, y los valores máximos nunca se corresponden con la ganancia total de materia seca a lo largo de la vida de la planta. Así, por ejemplo, en plantas desarrolladas en CO₂ elevado se ha encontrado un aumento de la eficiencia en

el uso del agua del 87% en base a hojas individuales (WUEph), mientras que cuando se refirió a toda la planta (WUEp), el aumento fue sólo del 25% (Nijs *et al.*, 1989).

Disponibilidad de nutrientes minerales y crecimiento

Una estimulación de la fijación de carbono se traducirá en un aumento del crecimiento, siempre que otros elementos esenciales (especialmente nitrógeno y fósforo) estén disponibles en cantidades adecuadas. Cuanto mejor sea el suministro de nutrientes, mayor será el aumento absoluto de biomasa en condiciones de CO₂ elevado. En este contexto, las leguminosas constituyen un caso interesante debido a su autonomía nitrogenada. Excepto para aquellas situaciones en las cuales las plantas se desarrollen sin limitación de nitrógeno (como ocurre en muchos experimentos), el crecimiento de las leguminosas en condiciones de CO₂ elevado se estimula más que el de las no leguminosas, siempre que la disponibilidad de fosfato sea suficiente (Hebeisen *et al.*, 1997).

Resulta evidente que, debido a las interacciones mencionadas anteriormente, sólo en muy pocos casos se pueden atribuir los efectos del CO₂ elevado sobre el crecimiento, exclusivamente a respuestas fotosintéticas. Las plantas expuestas a CO₂ elevado necesitan menos enzimas (por tanto, menores cantidades de proteínas foliares y nitrógeno), pierden menos agua (pueden adaptarse a menores cantidades de agua en el suelo y, frecuentemente, funcionan con menores aberturas estomáticas) y necesitan menos luz (debido a un desplazamiento hacia menores puntos de compensación luminosa de la fotosíntesis) para alcanzar tasas fotosintéticas equivalentes o, incluso, superiores a las de plantas desarrolladas con concentraciones "normales" de CO₂. Por lo tanto, las plantas que se desarrollan en condiciones de CO₂ elevado toleran mejor las deficiencias de recursos; sin embargo, pueden hacerse más dependientes de otros factores como, por ejemplo, del suministro de fosfato en leguminosas y, en general, de la simbiosis con micorrizas.

Otro aspecto importante a considerar en relación al crecimiento, es la actividad de los sumideros de carbono, lugares de utilización de los fotosintetizados. Por otra parte, la formación de tejidos también depende de la disponibilidad de recursos en el suelo, de la etapa de desarrollo y de las características morfológicas de las plantas. Así, por ejemplo, una planta joven de patata, con tubérculos en desarrollo (un gran sumidero), presentará respuestas muy diferentes al aumento de CO₂ a las observadas en arbustos enanos de alta montaña después de completar la floración. Contrastes similares se pueden encontrar entre plantas jóvenes y adultas, plantas que se desarrollan de manera aislada o en competencia con otras, o plantas de desarrollo lento o rápido. Para entender todas estas interacciones, es importante recordar que la fotosíntesis no es la única determinante del crecimiento de una planta, sino que proporciona la materia prima, cuya utilización en el crecimiento estructural depende de muchos otros factores internos y externos. A menos que los fotoasimilados se puedan invertir en nuevos tejidos, se acumularán en forma de compuestos carbonados (por ejemplo, azúcar, o almidón) que terminarán originando inhibición de la fotosíntesis (inhibición por producto final). Por lo tanto, el efecto del enriquecimiento en CO₂ sobre el crecimiento de la planta depende, tanto de las condiciones de crecimiento, como de la edad y tipo de planta. Ello explica la diversidad de respuestas encontradas en la bibliografía.

Composición química y calidad del tejido vegetal

Independientemente del grado de estimulación del crecimiento en respuesta a concentraciones elevadas de CO₂, la concentración foliar de hidratos de carbono no estructurales (fundamentalmente almidón) aumenta, mientras que la concentración de nitrógeno (y proteínas) disminuye (Poorter *et al.*, 1997) (Figura 4). Las respuestas en otros órganos son menos claras pero, frecuentemente, siguen la misma tendencia. Existen tres mecanismos posibles que explicarían la menor concentración de nitrógeno tisular en CO₂ elevado. En el caso de que las bajas concentraciones de nitrógeno sólo se presenten en hojas, este efecto puede reflejar un "fenómeno de dilución" provocado por la acumulación de almidón, ó bien una reducción de la capacidad fotosintética (concentración de la rubisco), debido a una restricción de la salida de asimilados desde los cloroplastos (inhibición por producto final, causada por la limitación del sumidero). En el caso de que la reducción de la concentración de nitrógeno se presente en todos los órganos, esto indicaría una reducción de la disponibi-

lidad de nitrógeno en el suelo, resultante del enriquecimiento en CO₂. En condiciones de CO₂ elevado, el contenido en nitrógeno del suelo se halla controlado por la actividad de las comunidades microbianas, las cuales se benefician extraordinariamente del aumento de exudados de la raíz, ricos en hidratos de carbono. Esto termina disminuyendo la disponibilidad de nitrógeno para las plantas (Díaz *et al.*, 1993) Así mismo, cualquier cambio en la composición del tejido vegetal afectará a una serie de procesos importantes en el ecosistema, tales como el pastoreo por herbívoros y la descomposición de la hojarasca. Imaginémonos una vaca que requiera 120 en lugar de 100 bocados de forraje para la misma unidad de proteína incorporada. Lo mismo ocurre para los animales y microorganismos que garantizan el reciclaje de restos de material vegetal. Está bien documentado el hecho de que muestran una "alimentación compensada", es decir, incorporan más biomasa cuando se les alimenta con materia vegetal crecido en alto CO₂, que presenta un fenómeno de dilución proteínica (Fajer *et al.*, 1989). Otros cambios previsible en la naturaleza del tejido vegetal, en condiciones de CO₂ elevado, tienen que ver con el aumento en los contenidos de lignina y compuestos secundarios asociados, a menudo, con la defensa de la planta contra herbívoros y patógenos. Actualmente, se empieza a investigar sobre la hipótesis de que la acumulación de azúcar inducida por el CO₂ elevado pueda mejorar la tolerancia a la congelación. Los resultados hasta ahora obtenidos en especies de pastizales, sugieren que tal efecto podría estar en el rango de, aproximadamente, 1°C de depresión de la temperatura a la cual mueren un 50% de las hojas en algunas especies (Körner, 1995).

RESPUESTAS A NIVEL DE COMUNIDAD Y DE ECOSISTEMA

Una gran mayoría de experimentos realizados para estudiar los efectos del CO₂ elevado han utilizado plantas cultivadas en macetas en condiciones controladas. Los ecofisiólogos se preguntan hasta qué punto las conclusiones obtenidas en estas condiciones son extrapolables al ambiente natural. La respuesta a dicha cuestión empieza a perfilarse a medida que se realiza un número cada vez mayor de experimentos

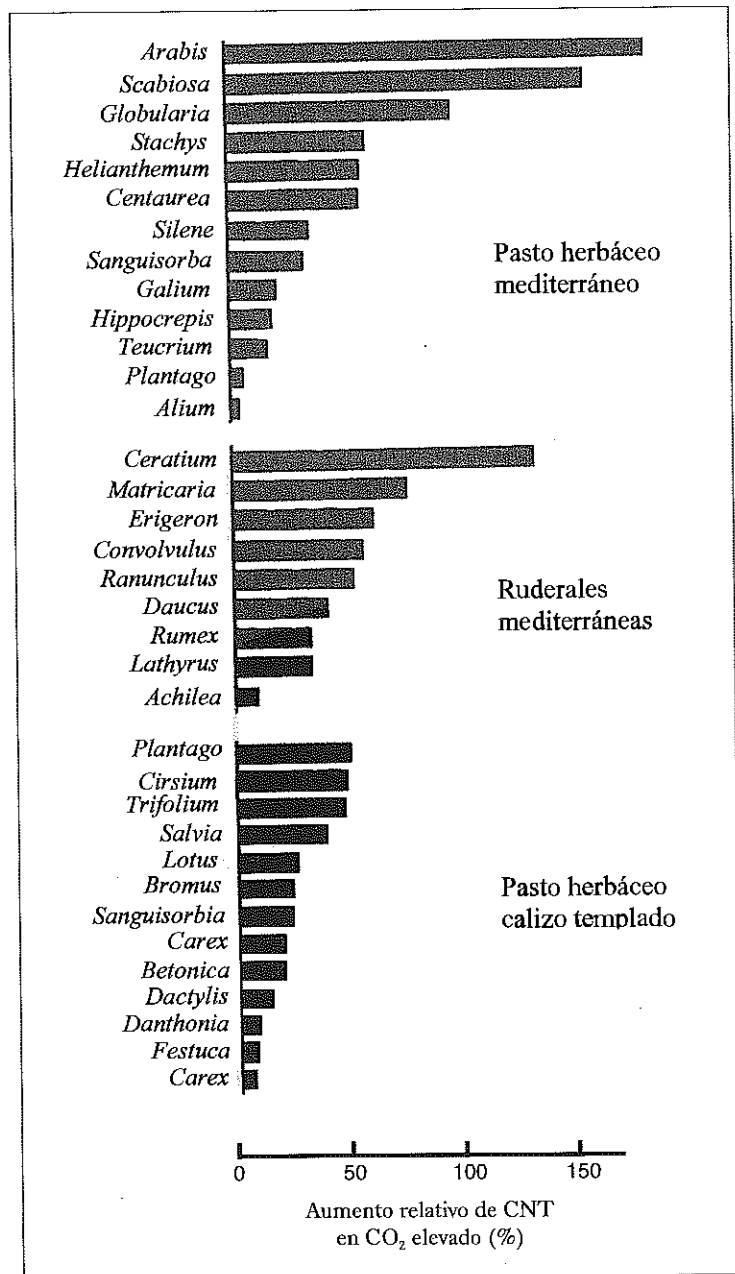


Figura 4.-Niveles foliares de carbohidratos no estructurales totales (CNT) afectados por el enriquecimiento en CO₂. La mayoría de las especies vegetales expuestas a CO₂ elevado acumulan mayores cantidades de CNT. Se muestran aquí hojas de pastos herbáceos mediterráneos, especies ruderales en las proximidades de fumarolas de CO₂ (Körner y Miglietta, 1994) y pastos herbáceos templados en el 5º año de enriquecimiento en CO₂ in situ (Körner, 2000)

a largo plazo, utilizando poblaciones y comunidades de plantas desarrolladas con CO_2 elevado, en condiciones naturales o seminaturales. Sorprendentemente, los resultados obtenidos con los diferentes tipos de sistemas (incluidos los ambientes controlados) difieren bastante poco, siempre que se tengan en cuenta otros factores (tanto de la planta como del ambiente) que determinan las respuestas al CO_2 . Por otra parte, hay que tener en cuenta que las diferentes especies vegetales responden de manera distinta al enriquecimiento en CO_2 . Esto provocará cambios en la composición de la comunidad vegetal y, por lo tanto, en el funcionamiento del ecosistema, es decir, afectará a su biodiversidad.

En el caso de las respuestas de pastos herbáceos al enriquecimiento en CO_2 , la variación de la biomasa oscila entre +90% y -20%, con una estimulación media del 16%. Si excluimos los casos en que ha habido fertilización, la media oscila entre cero y +10%. Dado su valor comparativo, es interesante reseñar el trabajo de Wilsey *et al.* (1997) realizado con comunidades exclusivamente de plantas C_4 , de plantas C_3 y C_4 y sólo de C_3 (Figura 5). Ni en el primero ni en el segundo caso, hubo una respuesta positiva de la biomasa. Con respecto a la comunidad C_3 , sólo se estimuló cuando se incluyó la producción de raíces.

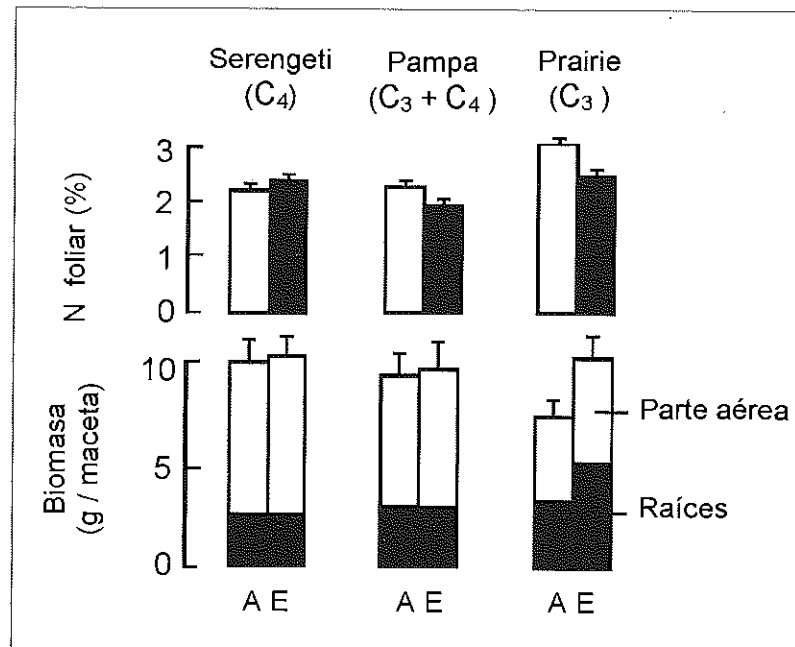


Figura 5. Respuestas de la biomasa en condiciones de microcosmo con especies prateras procedentes de los tres continentes, cultivadas en diferentes concentraciones de CO_2 y simulando condiciones de pastoreo; Serengeti (Tanzania, África), Pampa (Provincia de Buenos Aires, Argentina) y Prairie (Yellowstone National Park, Wyoming, EEUU) (Wilsey *et al.* 1997)

Una clave para entender las respuestas a largo plazo de los pastos, radica en el comportamiento de las leguminosas. Si la fijación de N_2 se estimula, cantidades adicionales de N se incorporarán al suelo, favoreciéndose, por tanto, el crecimiento de otras especies (Soussana y Hartwig, 1996). Por otra parte, la respuesta de las leguminosas es, de nuevo, un tema de disponibilidad de nutrientes; en este caso, de P. Debido a la fijación biológica de N_2 , el P es el nutriente que termina siendo limitante en muchos ecosistemas naturales. No se obtiene prácticamente ninguna respuesta positiva en las leguminosas cuando las condiciones naturales son de baja disponibilidad de P. En presencia de gramíneas, el CO_2 elevado provoca que *Trifolium repens* se haga más dependiente del P (Campbell y Hart, 1996). En la Figura 6, se ilustra la complejidad de la interacción entre CO_2 elevado, leguminosas, y disponibilidad de fósforo. La biomasa de la comunidad no mostró

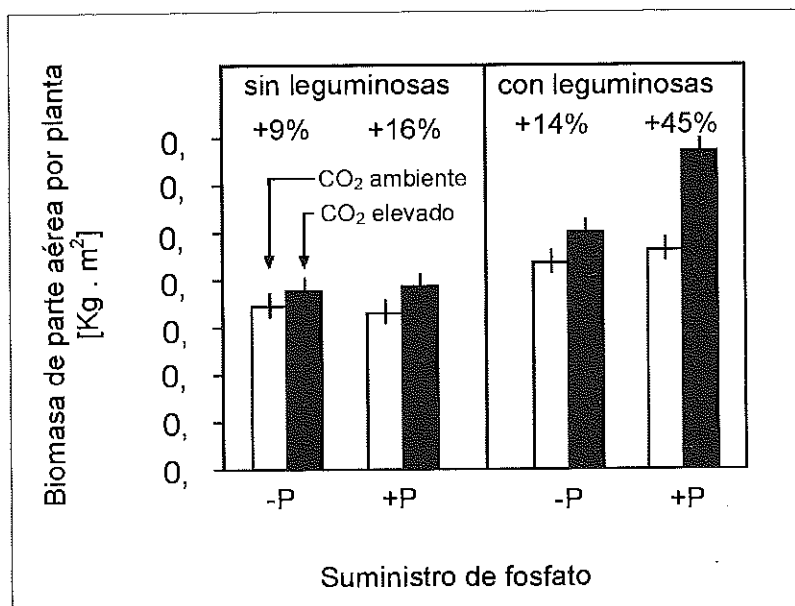


Figura 6. Efectos interactivos del suministro de CO₂ elevado, presencia de leguminosas y disponibilidad de fosfato sobre la producción de biomasa de la parte aérea en comunidades pratenses calizas en estudios de microcosmo. Los efectos de un solo factor o de interacción de dos factores sólo provocaron aumentos mínimos en la producción de biomasa; por el contrario, cuando se combinaron los tres factores se produjo un aumento del 45% en el crecimiento (Stöcklin y Körner, 1999)

ningún efecto importante en respuesta al CO₂ solo, ni a la presencia de leguminosas, ni a la exclusiva adición de P. Las combinaciones a dos factores tampoco tuvieron efectos significativos. Solamente cuando se combinaron los tres componentes, se produjo una estimulación importante del crecimiento.

Cuando se hace referencia a una superficie con árboles más o menos dispersos, con un estrato herbáceo bien desarrollado, como es el caso de la dehesa, en que se suelen aprovechar, no sólo los pastos herbáceos, sino también el ramón y los frutos del arbolado, es interesante conocer cómo puede influir el enriquecimiento de CO₂ en la biomasa de esos árboles.

Desde el punto de vista del secuestro de carbono en forma de biomasa, los ecosistemas forestales son los únicos que desempeñan un papel importante, ya que constituyen más del 80% de la masa vegetal de toda la tierra. Cuando se pretenden hacer predicciones sobre los efectos del CO₂ elevado en la fijación de carbono en forma de biomasa, los ecofisiólogos se encuentran con el problema de que los sistemas de ensayos experimentales sólo permiten evaluar tasas de crecimiento, es decir, cambios en la biomasa a lo largo del tiempo, en lugar de tiempos de permanencia del carbono por unidad de área de terreno (casi la mitad de la biomasa es carbono). En el caso de plantas de vida larga, un crecimiento acelerado en una etapa temprana del ciclo vital, puede originar una aceleración del proceso de desarrollo. De esta manera, el periodo total de la vida de un árbol se acortaría, y la tasa de renovación de los árboles en ecosistemas forestales sometidos a explotación se reduciría, sin cambiar la cantidad de carbono en forma de biomasa en una determinada región. Esta falta de conocimiento acerca de las respuestas del desarrollo al CO₂ elevado, limita las predicciones sobre el secuestro de carbono de los bosques en un mundo enriquecido en CO₂ (Norby *et al.*, 1999; Körner, 2000). Distinguir entre tasa del proceso, es decir tasa de crecimiento, y tamaño de la reserva (almacenamiento de carbono), es esencial para una evaluación correcta de los efectos del CO₂ en la biosfera. Entre las evidencias experimentales que ponen de manifiesto la posibilidad de que el aumento en la concentración de CO₂ atmosférico conduzca a bosques más dinámicos, en lugar de a un aumento en el almacenamiento de carbono en la

biomasa del árbol, hemos de resaltar los experimentos hechos con *Quercus ilex*, en las proximidades de emisiones naturales de gases (fumarolas). El análisis del crecimiento radial de las encinas que se desarrollan en la proximidad inmediata de las fumarolas mostró un claro aumento en la etapa juvenil, en comparación con los árboles que se desarrollaban alejados de esas zonas. No obstante, este efecto disminuye con el aumento de la edad de los árboles y se hace nulo en árboles de 25-30 años (Figura 7).

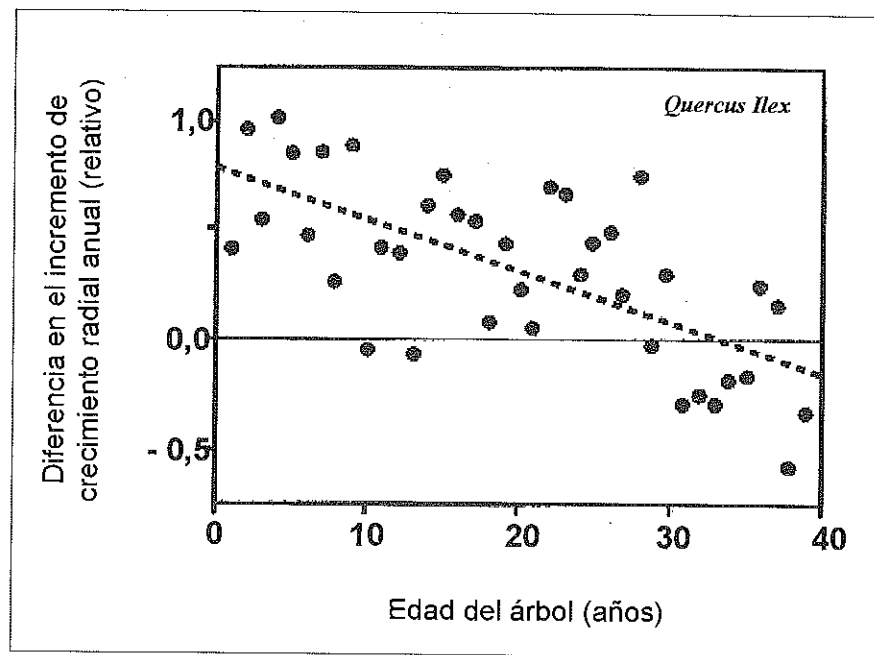


Figura 7. El crecimiento radial de árboles de *Quercus ilex* en fumarolas de CO_2 de la zona central de Italia es inicialmente favorecido; no obstante, disminuye con el aumento de la edad (línea de puntos). Esta figura muestra la diferencia de anchura de los anillos anuales del árbol. Cuando se comparan los incrementos temporales en áreas de sección transversal se observa una pauta similar (Hättenschwiler et al. 1997)

La precipitación es otro aspecto que conviene destacar en relación con la productividad del pasto en condiciones de alto de CO_2 , y que tiene especial relevancia en ambientes mediterráneos. Se ha visto que se produce un aumento significativo de la biomasa en años secos, pero no en húmedos (Figura 8). Como ya se indicó anteriormente, el aumento en la concentración de CO_2 conlleva un cierto grado de cierre estomático y, por lo tanto, un mayor nivel de conservación del agua en el suelo. Está claro que en las plantas expuestas a CO_2 elevado, al disminuir el agotamiento del agua en el suelo, se facilita una mayor producción de biomasa en los años secos. En cambio, en los años en los que la precipitación es elevada, el que haya más agua en el suelo prácticamente no representa beneficio. Uno de los objetivos de la investigación en condiciones de CO_2 elevado debe ser, precisamente, clarificar hasta qué punto la respuesta al CO_2 de la biomasa de un pasto está determinada por tales efectos indirectos sobre la retención del agua en el suelo. Este tipo de planteamiento fue el que nos llevó a diseñar varios experimentos con plantas de alfalfa fijadoras de N_2 , en los que se estudió el efecto combinado del CO_2 , la temperatura y la disponibilidad de agua, en condiciones tanto controladas como de campo, utilizando túneles de gradiente térmico. Uno de los aspectos a destacar de estos diseños es que, en todo momento, el nivel de agua en el suelo fue similar en las plantas cultivadas tanto con CO_2 ambiente como elevado. Los resultados en condiciones controladas (De Luis *et al.*, 1999), ponen de manifiesto que el efecto estimulador del CO_2 sobre el crecimiento de las plantas sometidas a sequía, es independiente del estado hídrico de las plantas (Figura 9) y que, además, el efecto beneficioso sólo se produce en condiciones

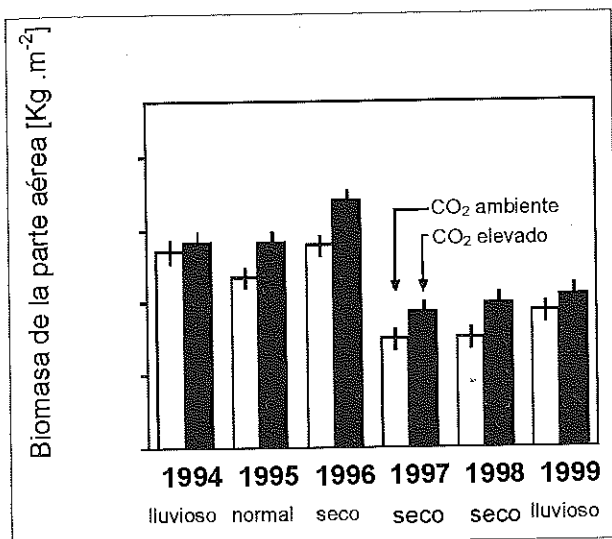


Figura 8. Efecto de la concentración de CO₂ elevado en la producción de biomasa de la parte aérea, en un pasto herbáceo calizo no fertilizado rico en especies en la proximidad de Basilea, Suiza. El efecto fue estadísticamente significativo sólo en años secos (Körner, 2000)

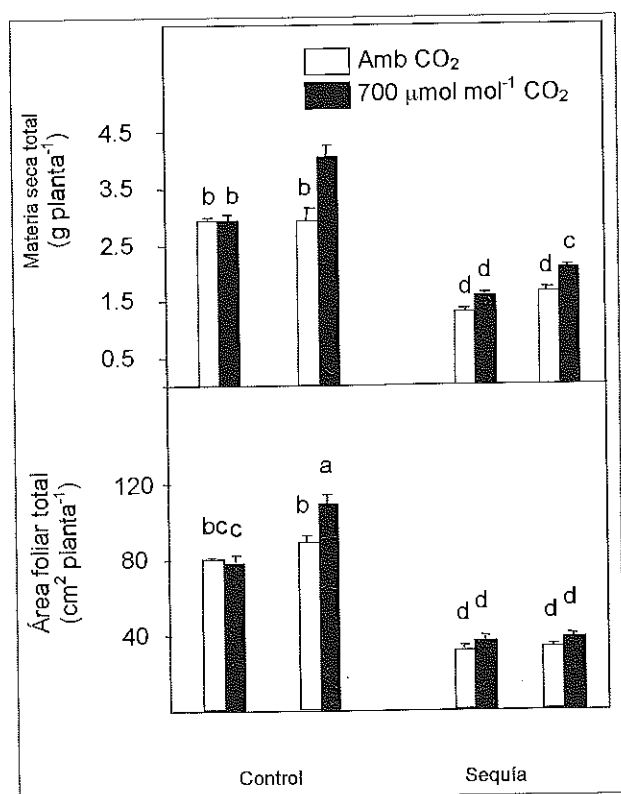


Figura 10. Efecto del CO₂, temperatura y disponibilidad hídrica sobre la materia seca y área foliar total. Las diferentes letras indican diferencias significativas (P<0,05) entre los tratamientos (LSD).

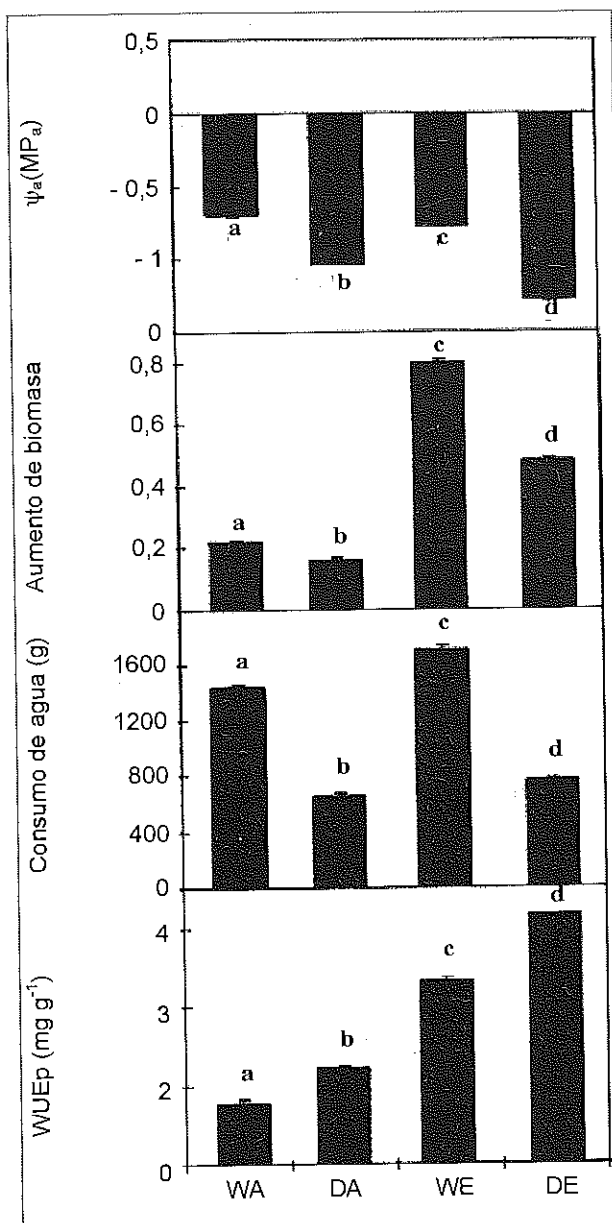


Figura 9. Efecto de la interacción entre CO₂ elevado y disponibilidad hídrica sobre el potencial hídrico foliar (ψ_a), aumento de biomasa, consumo de agua y eficiencia en el uso del agua de la productividad (WUEp) en plantas noduladas de alfalfa. WA y WE, plantas bien regadas crecidas en CO₂ ambiente (400 μmol mol⁻¹) o elevado (700 μmol mol⁻¹), respectivamente. DA y DE, plantas cultivadas bajo déficit hídrico en CO₂ ambiente o elevado, respectivamente.

de humedad relativa baja (Tabla 1) (De Luis *et al.*, 2002). Posteriormente, estos estudios se han continuado utilizando túncles de gradiente térmico en un campo de alfalfa (Aranjuelo *et al.*, 2004). Una de las conclusiones más importantes es que, independientemente del régimen hídrico, el efecto estimulador del aumento de CO₂ sobre el crecimiento de la alfalfa dependió de la temperatura (Figura 10). Sólo se obtuvo un aumento significativo de biomasa cuando el CO₂ elevado se acompañó de un aumento de la temperatura. Hay que resaltar, así mismo, que los efectos del CO₂ elevado en la conductancia foliar y, por tanto, en la evapotranspiración a nivel regional, tendrán consecuencias para el balance energético (mayor temperatura) de la superficie terrestre, así como para el clima. Estas consecuencias serán, al menos en algunos casos, comparables a los efectos radiativos, debido al "efecto invernadero" (mayor capacidad de absorción del infrarrojo en una atmósfera con cantidades crecientes de CO₂). La elevación de la temperatura, consecuencia del efecto anti-transpiratorio del CO₂, se verá estimulada en muchos casos por la sequía, originando lo que se ha venido a denominar "segundo efecto invernadero" (Murray, 1997).

Tabla 1. Efecto de la interacción entre el CO₂ elevado y la humedad relativa sobre la producción de materia seca (MS) de plantas noduladas de alfalfa.

	MS hojas (g)	MS tallos (g)	MS raíz (g)	MS nódulos (g)	MS total (g)
A45	0,59 ± 0,05 a	0,91 ± 0,08 a	0,99 ± 0,10 a	0,08 ± 0,01 a	2,57 ± 0,21 a
A85	0,51 ± 0,06 a	0,75 ± 0,09 a	0,53 ± 0,04 b	0,07 ± 0,01 a	2,00 ± 0,20 a
E45	1,10 ± 0,08 b	1,89 ± 0,16 b	1,47 ± 0,10 c	0,11 ± 0,01 b	4,58 ± 0,31 b
E85	0,67 ± 0,05 a	0,70 ± 0,07 a	0,52 ± 0,05 b	0,08 ± 0,01 a	1,97 ± 0,16 a
CO ₂	***	***	**	NS	***
Humedad	***	***	***	NS	***
Interacción	**	***	***	NS	***

Las medias seguidas de distintas letras indican diferencias significativas ($P < 0,05$) entre tratamientos. NS, no significativo, *, **, *** significativos al 5%, 1% y 0,1% respectivamente.

A45 y A85: plantas crecidas con CO₂ ambiente (400 ppm aprox.) y 45% ó 85% HR, respectivamente. E45 y E85: plantas crecidas con CO₂ elevado (700 ppm) y 45% ó 85% HR.

En resumen, los conocimientos actuales sobre la problemática que conlleva el aumento de CO₂, justifican la urgente necesidad de medidas que moderen la presión humana que fuerza el cambio atmosférico.

CONCLUSIONES

El creciente enriquecimiento atmosférico en CO₂ representa un cambio en la biosfera que no tiene precedentes en el último medio millón de años. Las distintas especies vegetales presentan diferentes y múltiples respuestas al CO₂ elevado. Dichas respuestas están a su vez codeterminadas por interacciones abióticas y bióticas. A largo plazo, tales diferencias alterarán la contribución de las especies al pasto, con consecuencias para la biodiversidad y procesos a nivel de ecosistema. Entre las numerosas respuestas fisiológicas de las plantas, la estimulación de la fotosíntesis, la acumulación de hidratos de carbono no estructurales, el aumento de compuestos secundarios basados en el carbono, así como la reducción en la concentración de N son los fenómenos más frecuentemente observados, que afectarán a la cadena alimentaria de los ecosistemas, incluyendo, al ganado que se alimenta del pasto. Una respuesta, frecuentemente observada, es la acumulación de biomasa; sin embargo, la persistencia a largo plazo de tal estimulación es bastante incierta, al igual que lo es el valor predictivo de la estimulación en plantas jóvenes de crecimiento rápido expuestas a un aumento gradual en la concentración de CO₂. Respuestas cualitativas, más bien que cuantitativas, deberán proporcionar una perspectiva más útil a largo plazo. Las tasas de estimulación del crecimiento no han de confundirse con el tamaño de las reservas de carbono, que también reflejan el tiempo medio de permanencia del carbono por

unidad de área de terreno. Además de reducir la emisión de carbono fósil, la manera más efectiva de amortiguar la tasa de enriquecimiento atmosférico de CO₂, es la preservación de los bosques, principales reservas de carbono, así como de los pastos y ecosistemas mixtos tan propios de algunas zonas como la dehesa. Puesto que no hay duda de que las especies vegetales responden de manera diferente dependiendo de la edad, especies acompañantes, flora microbiana, recursos edáficos, y condiciones atmosféricas, el prescindir experimentalmente de estas interacciones y dependencias, crea una visión falsa del comportamiento de los ecosistemas vegetales.

AGRADECIMIENTOS

Parte de los resultados expuestos en esta ponencia han sido posibles gracias a la financiación del Ministerio de Ciencia y Tecnología (BFI2000-0154; FP2000-52313), Comisión de Ciencia y Tecnología (AMB96-0396) y Fundación Univesitaria de Navarra.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARANJUELO, I.; IRIGOYEN, J.J.; PÉREZ, P.; MARTÍNEZ-CARRASCO, R.; SÁNCHEZ-DÍAZ, M., 2004. Efecto del CO₂, temperatura y disponibilidad hídrica sobre la productividad de plantas noduladas de alfalfa cultivadas en túneles de gradiente térmico. En: *Actas de la XLIV Reunión Científica de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos. Salamanca* (en este volumen).
- AZCÓN-BIETO, J.; PARDO, A.; GÓMEZ-CASANOVAS, N.; IRIGOYEN, J.J.; SÁNCHEZ-DÍAZ, M., 2004. Respuestas de la fotosíntesis y la respiración en un medio ambiente variable. En *La Ecofisiología Vegetal. Una Ciencia de Síntesis*. 873-899. Eds. M.J. REIGOSA, N. PEDROL, A. SÁNCHEZ-MOREIRAS. Paraninfo S.A. Madrid (España).
- CAMPBELL, B.D.; HART, A.L., 1996. Competition between grasses and *Trifolium repens* with elevated atmospheric CO₂. En *Carbon dioxide, populations, and communities*, 301-317, Eds. C.H. KÖRNER, F.A. BAZZAZ. Academic Press. San Diego (Estados Unidos).
- DE LUIS, I.; IRIGOYEN, J.J.; SÁNCHEZ-DÍAZ, M., 1999. CO₂ enhances plant growth in droughted N₂-fixing alfalfa without improving water status. *Physiologia Plantarum*, **107**, 84-89.
- DE LUIS, I.; IRIGOYEN, J.J.; SÁNCHEZ-DÍAZ, M., 2002. Low vapour pressure deficit reduces the beneficial effect of elevated CO₂ on growth of N₂-fixing alfalfa plants. *Physiologia Plantarum*, **116**, 497-502.
- DÍAZ, S.; GRIME, J.P.; HARRIS, J.; McPHERSON, E., 1993. Evidence of a feedback mechanism limiting plant response to elevated carbon dioxide. *Nature*, **364**, 616-617.
- DRAKE, B.G.; GONZÁLEZ-MEIER, M.A.; LONG, S.P., 1997. More efficient plants: a consequence of rising atmospheric CO₂?. *Annual Reviews in Plant Physiology*, **48**, 609-639.
- FAJER, E.D.; BOERS, M.D.; BAZZAZ, F.A., 1989. The effects of enriched carbon dioxide atmospheres on plant-insect herbivore interactions. *Science*, **243**, 1198-1200.
- HÄTTENSCHWILER, S.; MIGLIETTA, F.; RASCHI, A.; KÖRNER, C.H., 1997. Thirty years of in situ tree growth under elevated CO₂: a model for future forest responses?. *Global Change Biology*, **3**, 436-471.
- HEBEISEN, T.; LÜSCHER, A.; ZANETTI, S.; FISCHER, B.U.; HARTWIG, U.A.; FRÉHNER, M.; HENDREY, G.R.; BLUM, H.; NÖSBERGER, J., 1997. Growth response of *Trifolium repens* (L.) and *Lolium perenne* (L.) as monocultures and bi-species mixture to free air CO₂ enrichment and management. *Global Change Biology*, **3**, 149-160.
- IPCC, 2001. Climate Change 2001. Cambridge University Press. 881 pp. Cambridge.
- JÄGER, J.; FERGUSON, H.L., 1991. Climate Change: Science, Impacts and Policy. En *Proceedings of the 2nd World Climate Conference*. Cambridge University Press. Cambridge. (Reino Unido).
- KÖRNER, C.H., 1995. Biodiversity and CO₂: global change is under way. *GAIA*, **4**, 234-243.
- KÖRNER, C.H., 2000. Biosphere responses to CO₂ enrichment. *Ecological Applications*, **10**, 1590-1619.
- KÖRNER, C.H.; MIGLIETTA, F., 1997. Long term effects of naturally elevated CO₂ on mediterranean grasslands and forest trees. *Oecologia*, **99**, 343-351.

- MURRAY, D.R., 1997. *Carbon Dioxide and Plant Responses*. Research Studies Press Ltd. 275 pp. Taunton, Somerset (Reino Unido).
- NIJS, I.; IMPENS, I.; BEHAEGHE, T., 1989. Leaf and canopy responses of *Lolium perenne* to long-term elevated atmospheric carbon dioxide concentration. *Planta*, **177**, 312-320.
- NORBY, R.J.; WULLSCHLEGER, S.D.; GUNDERSON, C.A.; JOHNSON, D.W.; CEULEMANS, R., 1999. Tree responses to rising CO₂ in field experiments: implications of the future forest. *Plant Cell and Environment*, **22**, 683-714.
- OWENSBY, C.E.; COYNE, P.I.; HAM, J.M.; AUEN, L.M.; KNAPP, A.K., 1993. Biomass production in a tallgrass prairie ecosystem exposed to ambient and elevated CO₂. *Ecological Applications*, **3**, 644-653.
- PETT, J.R.; RAINAUD, D.; BARKOV, N.I.; BARNOIA, J.M.; BASILE, I.; BENDER, M.; CHAPPELLAZ, J.; DAVIS, M.; DELAYGUE, G.; DELMOTTE, M.; KOTLYAKOV, V.M.; LEGRAND, M.; LIPENKOV, V.Y.; LORIUS, C.; PEPIN, L.; RITZ, C.; SALIZMAN, E.; STIEVENARD, M., 1999. Climate and atmospheric history of the past 420,000 years from the Vostok ice core, Antarctica. *Nature*, **399**, 429-436.
- POORTER, H.; VAN BERKEL, Y.; BAXTER, R.; DEN HERTOOG, J.; DIJKSTRA, P.; GIFFORD, R.M.; GRIFFIN, K.L.; ROUMET, C.; ROY, J.; WONG, S.C., 1997. The effect of elevated CO₂ on the chemical composition and construction costs of leaves of 27 C₃ species. *Plant Cell and Environment*, **20**, 472-482.
- SÁNCHEZ-DÍAZ, M.; AGUIRREOLEA, J., 2000. Movimientos estomáticos y transpiración. En *Fundamentos de Fisiología Vegetal*, 31-43, Eds. J. AZCÓN-BIETO, M. TALÓN. McGraw-Hill Interamericana. Madrid (España).
- SÁNCHEZ-DÍAZ, M.; IRIGOYEN, J.J.; GÓMEZ-CASANOVA, N.; PARDO, A.; AZCÓN-BIETO, J., 2004. El cambio climático global. Efecto previsible del CO₂ sobre los vegetales. En *La Ecofisiología Vegetal. Una Ciencia de Síntesis*. 1111-1140. Eds. M.J. REIGOSA, N. PEDROL, A. SÁNCHEZ-MOREIRAS. Paraninfo S.A. Madrid (España).
- SOUSSANA, J.F.; HARTWIG, U.A., 1996. The effects of elevated CO₂ on symbiotic N₂ fixation: a link between the carbon and nitrogen cycles in grassland ecosystems. *Plant and Soil*, **187**, 321-332.
- STÖCKLIN, J.; KÖRNER, C.H., 1999. Interactive effects of CO₂, P availability, and legume presence on calcareous grassland: results of a glasshouse experiment. *Functional Ecology*, **13**, 200-209.
- WILSEY, B.J.; COLEMAN, J.S.; McNAUGHTON, S.J., 1997. Effects of elevated CO₂ and defoliation on grasses: a comparative ecosystem approach. *Ecological Applications*, **7**, 844-853.

Producción de pastos de puerto dominados por *Festuca rubra* y *Agrostis capillaris* en la Cordillera Cantábrica

R. CELAYA, P. GARCÍA, E. FERNÁNDEZ PRIETO, M. OLIVÁN y K. OSORO

Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario (SERIDA). Apdo. 13 - 33300 Villaviciosa (Asturias)

RESUMEN: Durante cuatro años (1993-1996) se estudió la producción de pastos altimontanos de la región cantábrica, dominados por *Festuca rubra* L. y *Agrostis capillaris* L. y aprovechados en pastoreo estival por ganado ovino y vacuno, en dos condiciones de disponibilidad vegetal, dominando el pasto herbáceo (parcelas G30) o el arbustivo (parcelas G75), y en distintas situaciones topográficas. La producción anual estimada en general resultó aceptable dado el corto período de crecimiento a estas altitudes, con una media entre tratamientos y años de 4831 kg MS/ha. Las cantidades resultaron muy variables, oscilando entre 2135 y 7515 kg MS/ha. Se observaron diferencias significativas entre los distintos años, relacionadas sobre todo con el nivel de precipitaciones en los meses de agosto y septiembre. Las zonas de vaguada presentaron producciones significativamente mayores respecto a las zonas de ladera. La presión de pastoreo parece influir positivamente en la producción de estos pastos.

Palabras clave: Crecimiento, topografía, presión de pastoreo.

Herbage production of pastures dominated by Festuca rubra and Agrostis capillaris in the Cantabrian Mountains

SUMMARY: The herbage production of high mountain pastures composed mainly of *Festuca rubra* L. and *Agrostis capillaris* L. under sheep and cattle grazing was assessed during four years (1993-1996) in two conditions of vegetation availability, dominating herbaceous grassland (G30) or heathland (G75), and in different topographic locations. The annual yields resulted generally acceptable despite the harsh environment, reaching a mean of 4831 kg DM/ha for all situations and years. The amounts ranged between 2135 and 7515 kg DM/ha and varied significantly between years. This was mainly related to summer rainfall during August-September. The herbage production was significantly higher on the flat grounds than on the slopes. The grazing pressure would benefit the production in these mountain pastures.

Key words: Growth, topography, grazing pressure.

INTRODUCCIÓN

Los pastos de puerto de la Cordillera Cantábrica son utilizados principalmente por el ganado vacuno en la época estival, constituyendo un recurso fundamental para la sostenibilidad de los sistemas extensivos. Los rendimientos animales en estas zonas de montaña pueden verse limitados a causa de su menor producción y valor nutritivo con respecto a las praderas de zonas bajas. Además dicha productividad, tanto en cantidad como en calidad, disminuye cuando estos pastos son infrautilizados debido al embastecimiento, incremento del material senescente y de especies menos apetecibles, disminución del reciclaje de nutrientes, etc.

El objetivo de este trabajo es conocer el potencial productivo de los pastos de puerto dominados por *Festuca rubra* y *Agrostis capillaris* en distintos años, cuando son aprovechados por ovinos y vacunos, y en distintas condiciones topográficas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Zona de estudio

La finca experimental se encuentra a 1600-1700 m de altitud en los Puertos de Agüeria (Macizo de Ubiña), concejo de Quirós, Asturias. Los pastos estudiados corresponden a pastos herbáceos altimontanos mesófilos dominados por *Festuca rubra* L. y *Agrostis capillaris* L. (*Merendero pyrenaicae-Cynosuretum cristati*), en

mosaico con zonas de cervunal (*Polygalo edmundii-Nardetum*), con pastos calcícolas (*Bromo erecti-Caricetum brevicollis*) y con pastos arbustivos dominados por brecina (*Calluna vulgaris* (L.) Hull) o gorbizales.

Los muestreos se llevaron a cabo durante cuatro años en distintas parcelas diferenciadas según el tipo de cubierta vegetal: G30 (con un 70% de pasto herbáceo y un 30% de gorbizal) y G75 (con un 25% de pasto herbáceo y un 75% de gorbizal). Los pastos fueron aprovechados por rebaños de ovino (1993 y 1994) y vacuno (1995 y 1996). Los animales subían a puerto a mediados de junio, las vacas con sus terneros y las ovejas tras haber destetado sus corderos, y permanecían en la finca hasta finales de septiembre o principios de octubre.

Datos climáticos

Los datos pluviométricos se tomaron de tres estaciones meteorológicas asturianas del interior de la Cordillera Cantábrica, muy correlacionadas entre sí: Genestoso (Cangas del Narcea, 1180 m), Pajares (Lena, 1000 m) y Tablado (Lena, 640 m).

Muestreos

Se recogieron muestras de suelo de los 5 cm superficiales en el verano de 1990 en las zonas de pasto herbáceo, 17 en las parcelas G30 y 17 en las G75. Cada muestra se componía de unas 20 submuestras puntuales recogidas al azar. Se analizó su contenido mineral (P, K, Ca, Mg), pH (suspensión 1:2,5 en agua), materia orgánica oxidable (MO) y capacidad de intercambio catiónico (CIC) por los métodos habituales en el Laboratorio Agroalimentario de Santander.

La producción de pasto se controló durante 1993, 1994, 1995 y 1996 en 12 jaulas de exclusión, 6 en G30 y 6 en G75, dispuestas en las zonas herbáceas dominadas por *Festuca* y *Agrostis*, en posición de vaguada o ladera, para evitar el pastoreo y permitir la acumulación de la vegetación. Aproximadamente cada mes a lo largo de la estación de pastoreo, en cada jaula se cortaba una muestra de 0,2 x 1 m² a ras de suelo y se cambiaba la localización de la jaula, a la vez que se cortaba otra muestra similar adyacente a la nueva ubicación para estimar la biomasa de partida de la siguiente fase de acumulación. Las muestras se desecaron a 60 °C en una estufa de aire forzado durante 24 horas y se pesaron. Se sumaron las sucesivas acumulaciones de materia seca (MS), obteniéndose la producción total de cada año.

Análisis estadístico

Los efectos de los diversos factores (año, cubierta vegetal dominante y posición topográfica) se estudiaron mediante Análisis de la Varianza utilizando el programa estadístico SPSS (SPSS, 1989). La relación entre las producciones anuales y los datos pluviométricos se analizó por correlación (coeficiente *r* de Pearson).

RESULTADOS

Condiciones edáficas

Las características químicas de los suelos muestran un pH ácido y bajos niveles de nutrientes en general, sobre todo fósforo, si bien los niveles de calcio parecen aceptables debido a la presencia de rocas calizas en la zona. La fertilidad del suelo resultó algo mayor en las parcelas con mayor superficie de herbáceas (G30) que en las parcelas dominadas por el gorbizal (G75), sobre todo en el caso de Mg ($P < 0,01$) y Ca ($P < 0,1$) (Tabla 1).

Producción de hierba

La producción anual estimada en estos pastos de montaña alcanzó una media global de 4831 kg MS/ha, si bien resultó muy variable, con un mínimo de 2135 y un máximo de 7515.

La producción de hierba resultó significativamente ($P < 0,001$) mayor en 1995 respecto a los demás años. La interacción con el tipo de cubierta vegetal y con la posición topográfica no llegó a ser significativa. Estas diferencias entre años se correlacionaron sobre todo con el nivel de precipitaciones en los meses de agosto y

Tabla 1. Características químicas del suelo en las zonas de pasto herbáceo, en parcelas dominadas por herbáceas (G30) o dominadas por matorral de brechina (G75).

	n	pH	MO (%)	P (ppm)	K (ppm)	Ca (ppm)	Mg (ppm)	CIC (meq/100g)
G30	17	4,99	11,84	20,94	557,9	2800	282,2	32,08
G75	17	4,83	11,88	16,35	523,3	2237	232,2	29,96
e.s.m.	0,094	0,189	1,430	17,82	164,2	9,72	0,666	
sign.		NS	NS	NS	NS	NS	**	NS

MO: materia orgánica oxidable; CIC: capacidad de intercambio catiónico; e.s.m. error estándar de la media; sign. significación estadística; ** $P < 0,01$; NS no significativo ($P > 0,05$)

septiembre (Figura 1), aunque dicha correlación no llegó a ser significativa por el escaso número de datos ($r = 0,85$; $P = 0,15$; $n = 4$).

En las zonas de vaguada, más llanas y de suelos más profundos, se obtuvieron producciones significativamente ($P < 0,001$) mayores que en las zonas de ladera (5421 vs 3611 kg MS/ha, Tabla 2). El efecto de la cubierta vegetal dominante (G30-G75), así como su interacción con la posición topográfica, resultaron significativos ($P < 0,05$). En las vaguadas, al contrario de lo que cabría esperar según los datos de fertilidad del suelo, se observaron mayores ($P < 0,05$) producciones en las parcelas G75 (5731 kg MS/ha) que en las G30

Tabla 2. Producción de hierba (kg MS/ha) en pastos altimontanos dominados por *Festuca rubra* y *Agrostis capillaris* en función del año, la cubierta vegetal dominante y la posición topográfica.

Cubierta vegetal Topografía	G30		G75		Global	e.s.m.
	Vaguada	Ladera	Vaguada	Ladera		
1993	5229	3085	5011	2832	4400	366,0
1994	4333	3545	5383	3680	4519	302,9
1995	5305	4915	6559	4755	5754	269,3
1996	5019	4090	5851	2622	4717	418,3
Global	4991	3868	5731	3224	4831	183,8

G30: 30% de gorbizal; G75: 75% de gorbizal; e.s.m. error estándar de la media

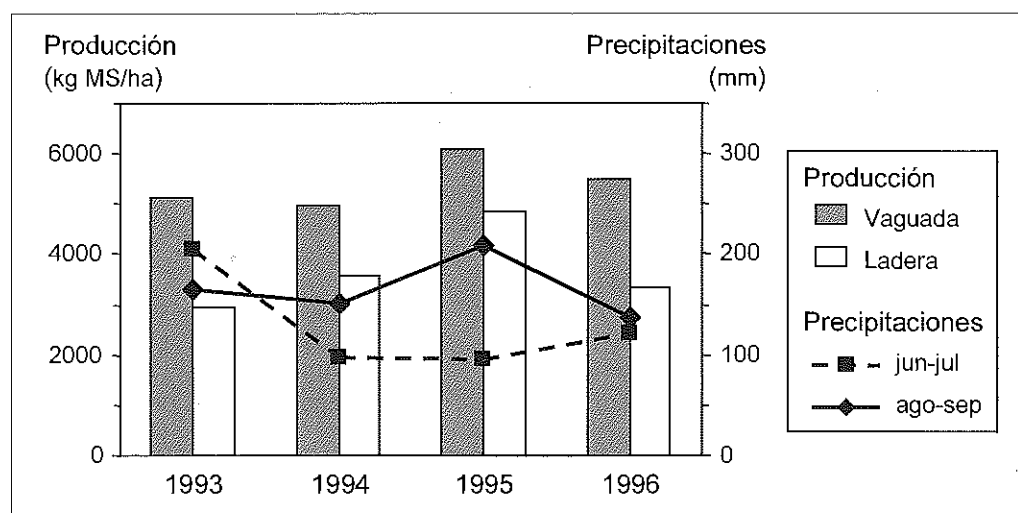


Figura 1. Producción anual de hierba en pastos de montaña dominados por *Festuca rubra* y *Agrostis capillaris* en distintas situaciones topográficas, y nivel de precipitaciones estivales.

(4991 kg MS/ha) excepto en el primer año de muestreo. Por el contrario, en las zonas de ladera las producciones resultaban mayores ($P=0,051$) en G30 (3868 kg MS/ha) que en G75 (3224 kg MS/ha).

DISCUSIÓN

Las producciones de 5421 kg MS/ha estimadas en las zonas llanas y más fértiles se acercan a los 5900 obtenidos por Alfageme *et al.* (1996b) en pastos de montaña similares de Cantabria. Las características del suelo en cuanto a pH y nutrientes no parecen ser muy limitantes para el crecimiento vegetal de estas especies espontáneas, siendo equiparables en general a las de cervunales y pastos mesófilos de otras montañas cantábricas (Álvarez *et al.*, 1990; Alfageme *et al.*, 1996a; San Miguel *et al.*, 1996), si bien los contenidos en P, K, Ca y Mg encontrados en el presente trabajo eran algo mayores, puede que debido a la presencia de rocas calizas en la zona de estudio. A pesar de las condiciones climáticas de alta montaña y el corto período de crecimiento vegetativo, las producciones anuales obtenidas en estos pastos son superiores a las estimadas en pastos similares de Escocia, las cuales suelen oscilar entre los 2200 y 4500 kg MS/ha (Hodgson y Grant, 1981; Frame *et al.*, 1985), e incluso a las de praderas naturales situadas sobre los 500 m.s.n.m. en Galicia (González Arráez, 1991). Ello, además de por las distintas condiciones edáficas y composición botánica, podría deberse a las mayores disponibilidades relativas de nutrientes (particularmente nitrógeno) en situaciones de mayor altitud, tras las heladas invernales (Morecroft *et al.*, 1992). Si bien las producciones podrían estar sobreestimadas debido al largo intervalo entre los sucesivos cortes, lo cual origina un mayor área foliar dentro de las jaulas de control respecto a las zonas pastadas, esto se compensaría en buena parte por las tasas más altas de senescencia junto a la menor radiación luminosa y densidad dentro de las jaulas (Treacher *et al.*, 1986; Grant *et al.*, 1989).

La gran variabilidad observada en la producción de los pastos dominados por *Festuca* y *Agrostis*, se debe a la diversidad de situaciones topográficas que repercuten en los niveles de trofia y humedad de los suelos. La influencia negativa de la pendiente sobre la producción de hierba también se ha observado en los pastos pirenaicos (Ascaso *et al.*, 1991).

Las diferencias en producción entre años probablemente se deben a las condiciones meteorológicas, que por una parte condicionan la fecha de inicio del período vegetativo tras el invierno (Chocarro *et al.*, 1989) y por otra el crecimiento en verano en función del nivel de precipitaciones (Garwood y Tyson, 1979; Radcliffe y Baars, 1987). En nuestro caso la mayor influencia parece provenir de las lluvias caídas en agosto y septiembre, a pesar de que las mayores acumulaciones de hierba se registraban en los meses de junio y julio. De todas formas, es posible que el incremento de la presión de pastoreo desde el establecimiento de la finca experimental en 1989 haya conducido a incrementos de la producción, de manera similar a la mejora en el valor nutritivo observada en los mismos pastos (Celaya *et al.*, 2004). Por tanto, las mayores acumulaciones de hierba observadas en las zonas de vaguada en las parcelas G75 respecto a las G30 serían debidas a la mayor intensidad de pastoreo en las primeras, como consecuencia de la menor la proporción de pasto herbáceo respecto al gorbizal. El mayor nivel de utilización conduce a la menor presencia de materia muerta y a un mayor reciclaje de los nutrientes, contribuyendo al incremento de la producción vegetal a largo plazo (Garwood y Tyson, 1979; Loiseau y Martin-Rosset, 1989; Common *et al.*, 1991).

CONCLUSIONES

Los pastos de montaña dominados por *Festuca rubra* y *Agrostis capillaris* producen cantidades aceptables de hierba, sobre todo en las zonas más llanas y fértiles, aunque depende de las precipitaciones estivales y del mantenimiento de una adecuada presión de pastoreo.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a todos los que colaboraron en los muestreos de los suelos y la vegetación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALFAGEME, L.A.; FERNÁNDEZ RODRÍGUEZ-ARANGO, B.; BUSQUÉ, J.; SARMIENTO, M.; GÓMEZ, A., 1996a. Caracterización ecológica de pastos de montaña de montes comunales de Cantabria. En *Actas de la XXXVI Reunión Científica de la S.E.E.P.*, 227-230. Centro de Investigación, Gobierno de La Rioja. Logroño (España).
- ALFAGEME, L.A.; FERNÁNDEZ RODRÍGUEZ-ARANGO, B.; BUSQUÉ, J.; SARMIENTO, M.; GÓMEZ, A., 1996b. Caracterización productiva de pastos de montaña de montes comunales de Cantabria. En *Actas de la XXXVI Reunión Científica de la S.E.E.P.*, 231-234. Centro de Investigación, Gobierno de La Rioja. Logroño (España).
- ÁLVAREZ, J.; PASCUAL, M.R.; CARPINTERO, C., 1990. Estudio de los suelos y vegetación de prados y pastos de la cuenca del río Porma (León). En *XXX Reunión Científica de la S.E.E.P.*, 23-30. San Sebastián (España).
- ASCASO, J.; FERRER, C.; MAESTRO, M.; BROCA, A.; AMELLA, A., 1991. Producción y calidad de pastos de montaña (Pirineo Central) de alto valor pastoral. En *XXXI Reunión Científica de la S.E.E.P.*, 241-248. Consejería de Agricultura, Ganadería y Pesca. Murcia (España).
- CELAYA, R.; OLIVÁN, M.; MOCHA, M.; MARTÍNEZ, M.J.; GARCÍA, P.; OSORO, K., 2004. Valor nutritivo de pastos de puerto de la Cordillera Cantábrica aprovechados por rebaños de vacuno u ovino. En *XLIV Reunión Científica de la S.E.E.P.* Salamanca (España).
- CHOCARRO, C.; FANLO, R.; FILLAT, F., 1989. Facteurs écologiques limitants de la prairie pyrénéenne aragonaise. En *XVI International Grassland Congress*, Vol. II, 1459-1460. Niza (Francia).
- COMMON, T.G.; HUNTER, E.A.; FLOATE, M.J.S.; EADIE, J.; HODGSON, J., 1991. The long-term effects of a range of pasture treatments applied to three semi-natural hill grassland communities. 1. Pasture production and botanical composition. *Grass and Forage Science*, **46**, 239-251.
- FRAME, J.; NEWBOULD, P.; MUNRO, J.M.M., 1985. Herbage production from the hills and uplands. En *Hill and Upland Livestock Production*, 9-37. Eds. T.J. MAXWELL, R.G. GUNN. British Society of Animal Production Occasional Publication N° 10 (RU).
- GARWOOD, E.A.; TYSON, K.C., 1979. Productivity and botanical composition of a grazed ryegrass/white clover sward over 24 years as affected by soil conditions and weather. En *Changes in sward composition and productivity*, 41-46. Eds. A.H. CHARLES, R.J. HAGGAR. British Grassland Society Occasional Symposium N° 10 (RU).
- GONZÁLEZ ARRÁEZ, E., 1991. Efecto del manejo en la producción de la pradera natural en Galicia. En *XXXI Reunión Científica de la S.E.E.P.*, 130-133. Consejería de Agricultura, Ganadería y Pesca. Murcia (España).
- GRANT, S.A.; ELSTON, D.A.; BARTHAM, G.T., 1989. Problems of estimating tissue turnover in grass swards in the presence of grazing animals. *Grass and Forage Science*, **44**, 47-54.
- HODGSON, J.; GRANT, S.A., 1981. Grazing animals and forage resources in the hills and uplands. En *The effective use of forage and animal resources in the hills and uplands*, 41-57. Ed. J. FRAME. British Grassland Society Occasional Symposium N° 12 (RU).
- LOISEAU, P.; MARTIN-ROSSET, W., 1989. Evolution à long terme d'une lande de montagne pâturée par des bovins ou des chevaux. II. Production fourragère. *Agronomie*, **9**, 161-169.
- MORECROFT, M.D.; MARRS, R.H.; WOODWARD, F.I., 1992. Altitudinal and seasonal trends in soil nitrogen mineralization rate in the Scottish Highlands. *Journal of Ecology*, **80**, 49-56.
- RADCLIFFE, J.E.; BAARS, J.A., 1987. The productivity of temperate grasslands. En *Ecosystems of the World, 17 B. Managed Grasslands. Analytical Studies*, 7-17. Ed. R.W. SNAYDON. Elsevier. Amsterdam (Holanda).
- SAN MIGUEL, A.; SERRADA, R.; SÁNCHEZ-PALOMARES, O., 1996. Contribución al conocimiento de los suelos de los pastizales naturales del Parque Nacional de la Montaña de Covadonga (Asturias). En *Actas de la XXXVI Reunión Científica de la S.E.E.P.*, 135-138. Centro de Investigación, Gobierno de La Rioja. Logroño (España).
- SPSS, 1989. *SPSS for Windows, Release 5.0.1*. SPSS Inc. Chicago, Illinois (EUA).
- TREACHER, T.T.; ORR, R.J.; PARSONS, A.J., 1986. Direct measurement of the seasonal pattern of production on continuously-stocked swards. En *Grazing*, 204-205. Ed. J. FRAME. British Grassland Society Occasional Symposium N° 19 (RU).

Mezclas de avena, centeno y triticale con guisante y veza en siembras de primavera

R. SUÁREZ¹, N. DÍAZ¹, J. PIÑEIRO¹ y C. SANTOALLA²

¹Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo, Apartado 10. 15080 A Coruña. ²Servicio de Infraestructuras Agrarias. Delegación Provincial da Consellería de Política Agroalimentaria e Desenvolvemento Rural. Plaza Luis Seoane, s/n. 15008 A Coruña (España)

RESUMEN: En mayo de 2003, se sembraron tres especies de cereal (avena, centeno y triticale), en cultivo monofito o asociadas a dos leguminosas (guisante o veza), para complementar un ensayo similar sembrado en diciembre de 2001. Se ha utilizado un diseño en parcela dividida con seis repeticiones, asignando el cereal a la parcela principal y la leguminosa a la subparcela. Las siembras de primavera han producido 6,8 t ha⁻¹ de materia seca para cereal monofito, 5,3 t ha⁻¹ de materia seca para cereal+guisante y 6,3 t ha⁻¹ de materia seca para cereal+veza, con una proporción de leguminosa de 49,7% para cereal+guisante y 41,3% para cereal+veza. El porcentaje de materia seca ha sido superior al 36% para siembras de primavera e inferior al 27% en las de otoño. Mientras el triticale espigó completamente, la avena y el centeno tuvieron un espigado incompleto, manteniendo muchos tallos en estado vegetativo. Se concluye que el triticale, solo o mezclado, es la mejor opción para una siembra tardía de primavera porque resultó más productivo en cultivo monofito y fue ligeramente más productivo en mezclas que la avena y el centeno.

Palabras clave: Cultivo asociado, cereales forrajeros, leguminosas forrajeras, forraje.

Oats, rye and triticale with vetch or peas in spring sowings

SUMMARY: Three cereal species (oats, rye and triticale) in monoculture and in association with two legumes (forage peas or common vetch) were sown on May 2003 to complement a similar trial sown in December 2001. Average spring sowings resulted in next yields: 6.8, 5.3, 6.3 t ha⁻¹ DM for cereal, cereal+pea, cereal+vetch, respectively; with high legume content (49.7%, 41.3% for cereal+pea, cereal+vetch). It is concluded that triticale, in monoculture or in mixture, is the best option for a late spring sowing, because was the most productive in monoculture and slightly more productive in mixtures than oats and rye.

Key words: Mixed crops, forage cereals, forage legumes

INTRODUCCIÓN

El experimento que ahora se presenta es complementario del que sirvió de base a la comunicación "Avena, centeno y triticale como tutores de guisante y veza en rotaciones forrajeras ecológicas", presentada en el V Congreso de la Sociedad Española de Agricultura Ecológica (Suárez *et al.*, 2002), que correspondía a una siembra de otoño mientras que el actual se sembró en la primavera.

En la citada comunicación se justificó la realización del experimento de otoño con base en "los cambios experimentados en el manejo de la alimentación con la introducción de carros mezcladores en las explotaciones ganaderas, que permiten ofertar una dieta más homogénea a lo largo del año por mezcla de distintos forrajes conservados (silo, heno de alfalfa, etc.) y concentrados, de valor previamente conocido", y que han hecho que se fuese perdiendo interés por disponer de forraje verde a lo largo del año. En este contexto, el raigrás italiano, con crecimiento de invierno, se ve más como un problema y se busca un forraje que dé una producción abundante en primavera, con calidad suficiente y que pueda aprovecharse de una sola vez, y que alternaría con el maíz forrajero como cultivo de verano.

El experimento actual, con el mismo diseño y tratamientos, se inscribe en el contexto de una producción cosechable en verano, tras una siembra de primavera, y que podría ser útil para insertar entre la roturación de una pradera vieja que necesite renovación y la siembra de la nueva en el otoño. La asociación cereal-guisante está siendo, por otro lado, utilizada con éxito en las explotaciones ecológicas de países nórdicos como Dinamarca (EGF, 2000), que siembran una mezcla de cebada con guisante forrajero en la primavera para

ensilarla en verano, lo que es un referente para los ganaderos ecológicos de Galicia, pero que necesita de una experimentación local para estudiar su adaptación a nuestras condiciones ambientales. Entre las gramíneas se eligieron la avena (*Avena sativa* L.), el centeno (*Secale cereale* L.) y el triticale (*X Triticosecale* Wittm.), y entre las leguminosas la veza común (*Vicia sativa* L.) y el guisante (*Pisum sativum* L.) porque existe cierta información sobre su adaptación a las condiciones climáticas de Galicia. No se utilizó cebada porque apenas se cultiva en Galicia y es, en principio, menos apta para suelos ácidos.

MATERIAL Y MÉTODOS

Tratamientos, diseño y tamaño de parcelas

Se establecieron los nueve tratamientos señalados en la Tabla 1.

Tabla 1. Mezclas y dosis de semilla utilizadas

Tratamiento	Mezclas (semillas m ⁻²)
1.1	Avena sola (300)
1.2	Avena (150) + veza común (100)
1.3	Avena (150) + guisante (100)
2.1	Centeno solo (300)
2.2	Centeno (150) + veza común (100)
2.3	Centeno (150) + guisante (100)
2.1	Triticale solo (300)
2.2	Triticale (150) + veza común (100)
2.3	Triticale (150) + guisante (100)

Las variedades utilizadas fueron 'Previsión' para la avena, ecotipo local 'Palas' para el centeno, 'Senatrit' para el triticale, 'Filón' para la veza y 'Gracia' para el guisante. Se utilizó un diseño experimental en parcelas divididas en el que la parcela principal se destinó a la especie de cereal (1. = avena, 2. = centeno, 3. = triticale) y la subparcela a la leguminosa (.1 = ausencia de leguminosa, .2 = veza común, .3 = guisante). El tamaño de la subparcela fue de 6,75 m de largo por 1,36 m de ancho, que se corresponde con una pasada de la sembradora experimental (8 líneas a 17 cm de distancia). Dada la relativamente escasa anchura de cada subparcela, y para evitar la posible influencia de una sobre la contigua por distinto ritmo de desarrollo, posibilidad de encamado, etc., se sembró una parcela intermedia, de 6,75 m x 1,36 m, con cereal en cultivo monofito entre cada dos subparcelas. La especie de cereal utilizada en la parcela intermedia fue la misma que la de las subparcelas colindantes.

Localización

El experimento se localizó en la Finca que el CIAM tiene en Mabegondo-Abegondo (A Coruña, España, latitud N 43°14', longitud W 8°15', altitud 150 m), con tipo climático B2 r B'2 a' (Thornwaite), sobre un suelo de esquistos de Órdenes, de textura franco-limosa (USDA).

Fecha de siembra

Las siembras se realizaron el 8/05/2003. Se utilizó una sembradora experimental "Hege", que deja las semillas en líneas a 17 cm. Estimamos que es una fecha demasiado tardía pero ha sido imposible sembrar antes porque la primavera ha sido excesivamente lluviosa, manteniéndose el suelo fuera de tempero durante mucho tiempo. A esto se unió el problema de la rotura de la máquina de siembra, que tardó en solucionarse.

Preparación del suelo, abonado, herbicidas, insecticidas y fungicidas

La parcela estuvo destinada a pradera monofita de raigrás inglés (*Lolium perenne* L.). Se roturó en el otoño de 2002 y se mantuvo limpia de vegetación espontánea mediante gradeos. Antes de iniciar el experi-

mento, el suelo tenía un pH (agua, 1:2,5) de 5,5, y una riqueza en P (Olsen) de 24 mg kg⁻¹ y en K (NH₄NO₃) de 112 mg kg⁻¹. Se aplicaron 25 m³ ha⁻¹ de purín de vacuno que equivalen a 31-18-73 kg ha⁻¹ de N-P₂O₅-K₂O antes de la siembra, enterrándose con un pase de grada. Se ha tratado de evitar el uso de abonos químicos en un intento de asimilar el manejo de la parcela al de una explotación ecológica, con objeto de que los resultados de este experimento fuesen de utilidad para la toma de decisiones en este tipo de explotaciones. No se utilizaron ni herbicidas, ni insecticidas, ni fungicidas.

Fechas de recolección

La recolección se hizo aproximadamente 5-6 semanas después del inicio espigado del cereal, con excepción de las parcelas de avena que se recogieron antes porque empezaban a estar demasiado secas. El centeno y triticale se recogieron el 29 y 30 de julio, respectivamente, y la avena el 14 de agosto. Las fechas de inicio de espigado en los cereales y de inicio de la floración en las leguminosas fueron:

Avena: 18/7/03, centeno: 16/6/03, triticale: 23/6/03, guisante: 23/6/03 y veza: 23/6/03.

Datos de cultivo y control de producción

Se han tomado las alturas medias de los cereales y de las leguminosas de cada parcela tanto al inicio del espigado del cereal como en el momento del corte, y datos de encamado del cultivo en el momento del corte. Para la determinación de la producción, se ha segado con motosegadora cada parcela elemental y pesado su producción en verde. Del forraje pesado se ha tomado una muestra abundante que se transportó al laboratorio en bolsa de plástico. Una vez en laboratorio se troceó la muestra para homogeneizarla y hacer dos submuestras: 1) una de 500 g para determinación del contenido en materia seca por secado en estufa con ventilación a 80° C durante 17 horas, que se ha guardado para análisis, y 2) otra de aproximadamente 800 g para separar manualmente en tres fracciones: cereal, leguminosa y otras, englobando esta última las malas hierbas, que se desecaron también en la estufa para calcular la composición botánica en términos de materia seca.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los principales resultados obtenidos se indican en la Tabla 2.

Tabla 2. Producción (t ha⁻¹, MS) total y de la leguminosa, contenido medio en MS (%) y composición botánica (% sobre MS).

Tratamientos	Producción MS (t ha ⁻¹)		Composición botánica (% sobre MS)			Contenido en MS (%)
	Total	Leguminosa	Cereal	Leguminosa	Otras (1)	Total
Sólo cereal						
Avena	5,9	0,0	95,8	0,0	4,2	40,0
Centeno	5,6	0,0	100,0	0,0	0,0	35,9
Triticale	8,9	0,0	100,0	0,0	0,0	38,8
Media	6,8	0,0	98,6	0,0	1,4	38,2
Cereal con guisante						
Avena	5,3	1,9	62,0	36,5	1,5	44,9
Centeno	5,0	2,7	44,8	50,8	4,4	32,0
Triticale	5,5	3,4	35,6	61,7	2,7	33,0
Media	5,3	2,7	47,4	49,7	2,9	36,6
Cereal con veza						
Avena	6,5	2,4	60,2	36,7	3,1	45,7
Centeno	5,3	2,6	44,0	50,7	5,4	30,7
Triticale	7,2	2,5	63,4	36,6	0,0	31,1
Media	6,3	2,5	55,9	41,3	2,8	35,8

(1) Se encuadra en este epígrafe las malas hierbas encontradas.

MS= materia seca

Desarrollo de las leguminosas y de malas hierbas

La proporción de leguminosa, tanto de veza como de guisante, ha sido mayor en la siembra de primavera que en la de otoño (Suárez *et al.*, 2002), como consecuencia del menor crecimiento relativo de los cereales en el verano. La mezcla de guisante con triticale ha sido la que dio una mayor proporción de leguminosa. La diferencia más importante, con respecto a la contribución de las leguminosas, está en las mezclas con centeno, que se había mostrado muy agresivo en la siembra de otoño para el guisante y, sobre todo, para la veza por su crecimiento inicial a temperaturas bajas. El centeno no tuvo tan buen desarrollo en la siembra de primavera y esto permitió un mejor desarrollo de las leguminosas.

La proporción de malas hierbas, principalmente cenizo blanco (*Chenopodium album* L.) fue también relativamente baja a pesar de no haber utilizado herbicidas, oscilando entre 0% (parcelas monofitas de centeno y triticale) y 5,4 % (parcela de centeno con veza). La razón de esta baja presencia de malas hierbas se debe, probablemente, a que la siembra se hizo tras la roturación de una pradera de larga duración, que contribuyó a disminuir la población de semillas de las plantas nativas que crecen con los cultivos, como se demostró en ensayos de cultivo de maíz forrajero ecológico (Piñeiro *et al.*, 2002)

Producciones total y media diaria

La producción total media de las parcelas con triticale (monofito y en mezcla con guisante o veza) superó a las de centeno y veza (Tabla 3), lo que ocurrió también en los distintos tratamientos con triticale, sobre todo en los monofitos (Tabla 2).

Las diferencias entre triticale y la avena se magnifican cuando se tiene en cuenta el crecimiento medio diario porque la avena se cosechó más tarde (Tabla 3). Mientras los crecimientos de primavera-verano del triticale están claramente por encima de los de invierno-primavera, los de la avena y el centeno están por debajo. Esto nos indica que de interesar una siembra tardía de primavera, la especie de cereal más aconsejable es el triticale.

Es importante resaltar el alto contenido en materia seca del forraje cosechado con respecto a las siembras de otoño, sobre todo en las parcelas con avena, que igualaron o superaron el 40 %, lo que puede ser un problema para las operaciones de ensilado por dificultades de compactación. El contenido de las mezclas con guisante o veza oscilaron entre el 30,7 % y el 33 %, que son valores óptimos para conseguir un buen ensilado, frente a los valores relativamente bajos de la primavera, que oscilaron entre 18,9 % y el 22,1 %.

Tabla 3. Producción total ($t\ ha^{-1}$ MS) y producción media diaria ($kg\ ha^{-1}\ dia^{-1}$ MS) entre siembra y recolección, de los distintos cereales (1).

	Producción total	Producción media diaria
Avena	5,9 b	59,5 b
Centeno	5,3 c	63,7 b
Triticale	7,2 a	85,7 a
C.V.	10,4%	11,0%

(1) Media de las tres parcelas: cereal monofito y sus mezclas con guisante y veza.

Letras distintas en la misma columna indican medias significativamente diferentes, aplicando el test de Duncan para $p < 0,05$

C.V.= Coeficiente de variación.

Encamado

Los cultivos monofitos de cereal se mantuvieron erectos hasta el momento del corte (Tabla 4). Por el contrario, las parcelas con guisante estaban bastante encamadas, sobre todo en la mezcla con centeno. El

Tabla 4. Encamado en el momento del corte (0=no encamado, 10=muy encamado)

Cereal	Leguminosa	Encamado
Avena		1
Avena	Guisante	4
Avena	Veza	2
	Media	2
Centeno	1	
Centeno	Guisante	7
Centeno	Veza	5
	Media	4
Triticale		2
Triticale	Guisante	6
Triticale	Veza	6
	Media	4

triticale no fue precisamente el mejor tutor para el guisante, debido probablemente a que éste se desarrolló mejor con él que con la avena. Esto puede deberse a que permitió un mayor desarrollo del guisante. La veza también sufrió encamados importantes, con excepción de las parcelas con avena, que se mantuvieron bastante bien.

Variedades

Cada especie estuvo representada por una determinada variedad que puede no representarla adecuadamente. Para complementar esta información, se han sembrado experimentos que contienen 7 variedades de avena, 11 de triticale, 4 de centeno y 17 de guisante.

CONCLUSIONES

- El triticale parece ser la especie más aconsejable para siembras de primavera tardía, tanto en cultivo monofito como en mezcla con veza común o guisante forrajero, si bien las diferencias con la avena y el centeno fueron escasas en las mezclas.
- Los contenidos en materia seca de las mezclas cereal-leguminosa cosechadas alcanzan niveles adecuados para ensilar sin predeseccación previa.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- EGF, 2000. Post conference tour. 18th General Meeting of the European Grassland Federation. 22-25 de mayo. Aalborg (Dinamarca).
- PIÑEIRO, J.; SUÁREZ, R.; DÍAZ, N.; FERNÁNDEZ, J., 2002. Cultivo de maíz forrajero ecológico. En *Actas del V Congreso de la Sociedad Española de Agricultura Ecológica y I Congreso Iberoamericano de Agroecología*, 1253-1261.
- SUÁREZ, R.; DÍAZ, N.; PIÑEIRO, J.; SANFOALIA, C., 2002. Avena, centeno y triticale como tutores de guisante y veza en rotaciones forrajeras ecológicas. En *Actas del V Congreso de la Sociedad Española de Agricultura Ecológica y I Congreso Iberoamericano de Agroecología*, 701-710.

Variedades de guisantes para forraje. Siembras de otoño

J. PIÑEIRO¹, N. DÍAZ¹, M^a. C. SANTOALLA², R. SUÁREZ¹ y J. FERNÁNDEZ¹

¹Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo. Apartado 10. 15080 A Coruña. Agroalimentaria ²Servicio de Infraestructuras Agrarias. Delegación Provincial da Consellería de Política e Desenvolvemento Rural. Plaza Luis Seoane, s/n. 15008 A Coruña (España)

RESUMEN: Se estudia el comportamiento agronómico de 10 variedades de guisante forrajero (*Pisum sativum* L.) que se sembraron en mezcla con la variedad 'Senatrit' de triticale (*x Triticosecale* Wittm.). Las producciones oscilaron entre 8,4 y 11 t ha⁻¹ MS, la contribución de los guisantes a la producción osciló entre 53 y 73 %, el contenido en proteína bruta entre 14,2 y 17 % y el contenido en materia seca entre 16,3 y 20,7 %. Se concluye que: 1) Desde el punto de vista productivo, la elección hay que hacerla variedad a variedad, con independencia de su precocidad, 2) Es preferible elegir variedades precoces para ensilar por su mayor contenido en materia seca, y 3) Las variedades de talla baja son preferibles si se temen problemas de encamado.

Palabras clave: Mezcla guisante-triticale

Cultivars of forage peas. Autumn sowings

SUMMARY: The behaviour for cultivation and use of 10 cultivars of forage peas (*Pisum sativum* L.), sown in mixtures with the cultivar 'Senatrit' of triticale (*x Triticosecale* Wittm.) is studied. Dry matter yields varied from 8.4 to 11 t ha⁻¹, the contribution of the peas to yield from 53 to 73 %, the crude protein content from 14.2 to 17 % and the dry matter content from 16.3 to 20.7 %. It is concluded that: 1) From the productive viewpoint, the choice has to be made cultivar to cultivar, independently of its earliness, 2) Earlier cultivars are preferred to make silage because its higher dry matter content, and 3) If lodging is expected, lower size cultivars are preferred.

Key words: Whole crop triticale-peas forage.

INTRODUCCIÓN

Este trabajo se enmarca en el contexto de la intensificación de la producción forrajera para disponer de más forrajes propios en las explotaciones de leche de vacuno de Galicia, que han experimentado un aumento de su producción de leche y han tenido que recurrir a la compra de forrajes y al aumento de la cantidad de concentrados por vaca porque los forrajes producidos en la explotación son insuficientes (Barbeyto, 2003).

Muchas explotaciones han adoptado el cultivo de rotaciones de dos cultivos por año, que resultan más productivas que las praderas de media o larga duración (Lloveras 1987; Piñeiro y Pérez, 1997). La rotación raigrás italiano, en invierno, y maíz forrajero, en verano, es todavía la más frecuentemente utilizada. El raigrás italiano, sobre todo el de tipo alternativo, permite ampliar el período de disponibilidad de forraje verde en la explotación en épocas de temperaturas bajas, en las que la pradera de media o larga duración no había iniciado su crecimiento (Piñeiro y Pérez, 1997). El maíz da una gran producción para ensilar en el otoño, que complementa el forraje ensilado procedente de los excedentes de producción de las praderas en la primavera.

Pero, los cambios producidos en la práctica de la alimentación animal, con la introducción de carros mezcladores en las explotaciones, que permiten el suministro de dietas equilibradas a lo largo del año, han llevado a que la mayor parte de la producción forrajera se ensile y se prescindiera de la producción para alimentación en verde, resultando que la ventaja que suponía la producción de raigrás italiano en épocas de otoño, invierno y principio de primavera se haya convertido en un inconveniente, porque en esta época las condiciones climáticas no son adecuadas para hacer un buen ensilado.

Para disponer de información que ayude a resolver la nueva problemática se iniciaron en el año 2001 una serie de experimentos en Navarra, País Vasco, Asturias y Galicia, que incluyen especies como avena, centeno, triticale, guisante forrajero, haboncillos, veza común, etc. dentro del Proyecto "Rotaciones convencionales y ecológicas para la España Húmeda", financiado por el INIA. En los experimentos iniciales de este proyecto se utilizó la variedad 'Gracia' para representar a la especie guisante (*Pisum sativum* L.) (Suárez *et al.*, 2002)

porque era la única sobre la que había información en la Cornisa Cantábrica y que se limitaba a la Comunidad Autónoma de Navarra (Mangado y Amezttoy, 2000). En todo caso, en el citado artículo de Suárez *et al.* (2002) se ponía énfasis en que una determinada variedad puede no representar adecuadamente a la especie, siendo necesario conocer el comportamiento agronómico de las variedades existentes en el mercado español.

Por ello, se sembró un experimento en el que se incluyeron las 10 variedades de guisante que fue posible conseguir entre las casas de semillas españolas el año 2001.

MATERIAL Y MÉTODOS

Variedades comerciales

Se estudiaron las 10 variedades siguientes: 'Azur', 'Canis', 'BG2', 'Celine', 'Cosmos', 'Elegant', 'Forrimax', 'Gracia', 'Grande', y 'Odalet'.

Fecha de siembra, localidad y antecedentes de la parcela

Se sembraron el 28 de Diciembre de 2001 en la finca principal del CIAM, situada en la localidad de Mabe-gondo (Abegondo, A Coruña), a 120 m de altitud en zona costera, en una parcela cuyo cultivo anterior fue una pradera monofita de dactilo de 4 años de duración.

Parcela elemental y diseño experimental

Cada una de las variedades se sembró mezclada con triticale var. 'Senatrit', en dosis de 100 y 150 semillas m⁻² de guisante y triticale, respectivamente, en parcelas elementales de 6,75 m de largo por 1,36 m de ancho, para lo que se utilizó una sembradora experimental que dejaba la semilla en líneas a 17 cm de distancia. El diseño experimental fue de bloques al azar con 6 repeticiones. Cinco se han utilizado para medir la producción y la sexta se dejó sin cosechar hasta principios de junio, con objeto de hacer observaciones complementarias sobre el encamado, que se hicieron el 15 de mayo de 2002.

Además, cada variedad se sembró en líneas de 4 m de largo, separadas 0,8 m, en cultivo monofito, con dos repeticiones que se entutoraron con malla de plástico para evitar el encamado. A su vez, se sembraron en líneas 11 variedades de triticale, entre las que estaba la variedad 'Senatrit'. Parte de los datos de las parcelas en líneas se han publicado (Flores *et al.*, 2003).

Abonado, herbicidas, insecticidas y fungicidas

La parcela se abonó anualmente con N, P y K en la fase de pradera. Después de levantar el dactilo por laboreo convencional y antes de la siembra de los guisantes se aplicaron 40 kg ha⁻¹ de P₂O y de K₂O en forma de complejo 0-14-14. Antes del abonado, el suelo, de textura franco-limosa, tenía un pH (H₂O) de 5,7; 30 mg kg⁻¹ fósforo (Olsen) y 66 mg kg⁻¹ de potasio (nitrato amónico). No se utilizó nitrógeno, ni herbicidas, ni fungicidas por lo que la información es aplicable en agricultura ecológica, a pesar de que el manejo de la parcela no cumple todos los requisitos que la normativa vigente exige.

Determinación de la producción y composición botánica

A pesar de que las distintas variedades de guisante iniciaron su floración en fechas diferentes (Tabla 1), se han cortado todas las parcelas en el mismo día, el 8 de mayo de 2002, 36 días después de que la variedad de 'Senatrit' de triticale, común a todas ellas, había iniciado su espigado. Las parcelas se cortaron con una motosegadora y se pesó en campo todo el forraje verde de cada parcela, del que se tomó una muestra abundante, que se cortó en pequeños trozos en el laboratorio para homogeneizarla y tomar dos submuestras: 1) Una de 500 g para determinación del contenido en materia seca por desecación en estufa de aire forzado durante 17 horas a 80 °C, y 2) Otra, de unos 500 a 1000 g, para separación manual de triticale, guisante y otras plantas, que también se desecaron en estufa para determinar la composición botánica con respecto a materia seca.

Tabla 1. Fechas de inicio de floración de las variedades y estado de desarrollo de las vainas de las distintas variedades de guisante

Variedad	Fecha ¹	Estado vainas
Cosmos	01/04	Llenas
Azur	06/04	Llenas
Elegant	08/04	Llenas
Canis	12/04	Llenas
Odalet	16/04	Llenas
Celine	17/04	Llenas
GB2	22/04	Planas
Grande	22/04	Planas
Porrimax	14/05 ²	Alguna flor
Gracia	14/05 ²	Alguna flor

¹ Fecha determinada en las parcelas sembradas en líneas, parte de las cuales se mantuvieron sin cortar hasta el 21 de mayo. Fecha de siembra 28/12/01.

² En la fecha de corte (08/05/2002) había alguna flor en las parcelas cortadas, pero no estaban todavía en inicio de floración.

Análisis químicos

La muestra seca se molió en molino de martillos "Christian-Morris" con tamiz de un mm para analizar posteriormente. En este artículo se presenta el contenido en proteína bruta (PB), determinada en espectrofotómetro de infrarrojo cercano (NIRS).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Precocidad de floración y estado de desarrollo de las distintas variedades

El inicio de floración osciló entre el uno de abril y el 14 de mayo, variación que se tradujo en un estado distinto de desarrollo de las vainas el 8 de mayo, momento del corte.

Producción

La producción total (Tabla 2) osciló entre un máximo de 11 t ha⁻¹ (variedad Canis) y un mínimo de 8,4 t ha⁻¹ (variedad Gracia), con una tendencia a una menor producción a medida que las variedades son más tardías, lo que es de algún modo esperable porque están más lejos de completar su ciclo de crecimiento. En todo caso, la elección hay que hacerla variedad a variedad, independientemente de su grado de precocidad, porque, por ejemplo, la variedad 'Azur' es significativamente menos productiva que 'Canis', a pesar de ser ligeramente más precoz.

Composición botánica y contenido en proteína

La contribución del guisante a la producción total ha sido alta en todos los casos, oscilando entre el 53 % (variedad 'GB2') y el 73 % (variedad 'Celine'). No se observó tendencia alguna en relación con su nivel de precocidad. Esta alta participación del guisante en la producción repercutió en el contenido en proteína bruta de la mezcla, que varió entre el 14,2 % (variedad 'GB2') y el 17,5 % (variedad 'Odalet') (Tabla 2). Por el contrario, la presencia de otras especies ha sido baja, oscilando entre el cero y el cinco por ciento, lo que se atribuye a que la parcela estuvo dedicada a pradera en los cuatro últimos años, con la consiguiente reducción de la población de semillas de especies nativas que suelen estar presentes en los cultivos de la zona.

Tabla 2. Producción total (MS, t/ha), índice de producción (IP, 100=11, producción de 'Canis'), composición botánica (% MS), contenido en materia seca (MS, %) y contenido en proteína bruta (PB, % MS) de variedades de guisante mezcladas con triticale.

Variedad	Inicio floración	Producción MS			C. Botánica %			MS %	PB	
		t/ha	IP		T	G	O		(%)	
Cosmos	01/04	10,6	96	ab	26	69	5	19,0	15,3	bcd
Azur	06/04	9,1	83	bc	39	59	2	20,7	14,8	cd
Elegant	08/04	9,8	89	abc	37	61	2	19,9	14,7	cd
Canis	12/04	11,0	100	a	27	71	2	17,9	15,4	abcd
Odalet	16/04	10,1	84	abc	28	71	1	16,3	17,5	a
Celine	17/04	9,3	91	abc	26	73	1	20,3	16,6	abc
GB2	22/04	8,8	88	bc	47	53	0	17,8	14,2	d
Grande	22/04	9,7	80	abc	36	63	1	16,7	17,0	ab
Forrimax	14/05	9,8	89	abc	28	71	1	16,8	16,1	abcd
Gracia	14/05	8,4	76	c	32	68	0	18,2	16,4	abcd

T= Triticale; G= Guisantes; O= Otras especies

Las cantidades seguidas por distinta letra, dentro de la misma columna, son estadísticamente diferentes ($P < 0,05$)

Contenido en materia seca

El contenido en materia seca del forraje cosechado, que varió entre el 16,3 % (variedad 'Odalet') y el 20,7 % (variedad 'Azur'), fue en general bajo, lo que hace recomendable la predesecación para conseguir una buena conservación del forraje ensilado. Se observa una tendencia a la disminución del contenido en materia seca a medida que las variedades son más tardías, consecuencia de haber realizado el corte en la misma fecha para todas las variedades, estando las más tardías en estado más inmaduro y con un contenido de humedad más alto. Para conseguir contenidos en materia seca superiores al 25 % habría que esperar probablemente hasta el 21 de mayo en mezclas de variedades precoces de guisante y de triticale, y hasta fechas posteriores si se mezclan variedades tardías de ambas especies, a juzgar por los datos publicados por Flores *et al.* (2003). Es, de hecho, una fecha excesivamente tardía para la realización del ensilado si se pretende una siembra de maíz a continuación. En este sentido, son preferibles las variedades precoces.

Altura y nivel de encamado

En el momento del corte todas las variedades estaban bastante erectas, como consecuencia de que la primavera había sido bastante seca. Después del corte hubo días bastante lluviosos, que favorecieron el encamado del cultivo. Se aprovechó la 6ª repetición para hacer algunas anotaciones, que se recogen en la Tabla 3.

Tabla 3. Altura de las plantas de guisante (cm) en el inicio de la floración¹ y estado del encamado² el 15-5-2002.

Variedad	Altura	Encamado
Cosmos	101,0	No
Azur	103,6	No
Elegant	107,0	No
Canis	124,2	No
Odalet	122,6	Bastante
Celine	117,0	No
GB2	111,8	No
Grande	122,6	Bastante
Forrimax	127,4 ³	Algo
Gracia	123,6 ³	Mucho

¹ Tomada en las parcelas mezcla guisante-triticale.

² Tomado en la sexta repetición, que se dejó sin cosechar el 8/5/02

³ Tomada el 8/5/02, fecha de corte. No se había alcanzado el inicio de la floración aunque ya había alguna flor.

En la misma Tabla figuran las alturas de los guisantes en el inicio de su floración, que puede ser un indicador de su altura final. A pesar de que los datos del encamado carecen de significación estadística por haberse tomado solamente en una repetición, es interesante observar que las parcelas más encamadas corresponden a las variedades más altas en el inicio de la floración. Hay que tomar esta información con bastante precaución pero en el caso de que sean de temer problemas de encamado, parece más recomendable utilizar variedades de talla más baja.

CONCLUSIONES

Desde el punto de vista productivo, la elección hay que hacerla variedad a variedad independientemente de su grado de precocidad.

Por su mejor aptitud para ensilar es preferible elegir variedades precoces, porque tienen un mayor contenido en materia seca a principios de mayo.

Las variedades de talla baja son preferibles a las de talla alta si se temen problemas de encamado.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo es resultado del Proyecto RTA01-144-C5-1, financiado por el INIA, que los autores agradecen.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARBEYTO NISTAL, F., 2003. El programa de gestión de vacuno lechero en Galicia: Del manejo técnico a los resultados económicos. En CD: *Mesa redonda sobre "La diversidad de sistemas productivos y la evolución de la estructura productiva del sector lácteo español desde la integración europea"*. Seminario de la Asociación Española de Economía Agraria sobre "El sector lácteo español: transformaciones y retos recientes". Instituto Universitario de Estudios e Desenvolvemento de Galicia. Universidade de Santiago de Compostela. 13 y 14 de marzo de 2003. Lugo (España).
- FLORES, G.; GONZÁLEZ-ARRÁEZ, A.; PIÑEIRO, J.; CASTRO, P.; DÍAZ-VILLAMIL, L.; VALLADARES, J., 2003. Información adicional no incluida en la publicación "Composición química y digestibilidad in vitro del guisante forrajero (*Pisum sativum* L.) y triticale (x *Triticosecale* Wittm.) como cultivos invernales en seis fechas de corte en primavera". En *Rotacións forraxeiras ecolóxicas: cereais, chícharos e veza*, 13-25. Seminarios CIAM 2003. Palas de Rei y Mabegondo, 2 de julio de 2003. Centro de Investigacións Agrarias de Mabegondo. Abegondo (A Coruña).
- LLOVERAS, J., 1987. Forage production and quality of several crop rotations and pastures in northwestern Spain. *Grass and Forage Science*, **42**, 241-247.
- MANGADO URDÁNIZ, J.M.; AMEZTOY JUSTE, J.M., 2000. Alternativas forrajeras intensivas en la Navarra Húmeda. Análisis económico. *III Reunión Ibérica de Pastos y Forrajes y XL Reunión Científica de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos*, 755-761. Consellería de Agricultura, Ganadería e Política Agroalimentaria. Xunta de Galicia. Santiago de Compostela (España).
- PIÑEIRO ANDIÓN, J.; PÉREZ FERNÁNDEZ, M., 1997. Complementaridad de las rotaciones maíz/sorgo-raigrás italiano con las praderas de raigrás italiano-trébol violeta. *Actas de la XXXVII Reunión Científica de la Sociedad Española para el Estudio de los pastos*, 183-190.
- SUÁREZ, R.; DÍAZ, N.; PIÑEIRO, J.; SANTOALLA, C., 2002. Avena, centeno y triticale como tutores de guisante y veza en rotaciones forrajeras ecológicas. *Actas del V Congreso de la Sociedad Española de Agricultura Ecológica y I Congreso Iberoamericano de Agroecología*, 701-710.

Producción de invierno-primavera de cuatro tipos de raigrás en la Cornisa Cantábrica

A. MARTÍNEZ MARTÍNEZ¹, N. PEDROL BONJOCH¹ y J. PIÑEIRO ANDIÓN²

¹Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario (SERIDA). Finca La Mata. Grado. 33820. Asturias (España). E-mail: anmartinez@serida.org ²Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo (CIAM). Apartado 10. 15080 La Coruña. E-mail: juan.pineiro.andion@xunta.es

RESUMEN: Con el objetivo de caracterizar la distribución de las producciones invernales y primaverales de cuatro tipos de raigrás (r. italiano alternativo y no alternativo, r. híbrido y r. inglés) en el nuevo marco de los sistemas de alimentación de las vacas de leche con uso casi exclusivo de ensilados, se revisaron las producciones y su distribución estacional del período 1986-1996 del programa de evaluación de variedades comerciales correspondientes a la localidad de Grado, zona interior de Asturias (Cornisa Cantábrica).

En el primer corte, realizado a finales de diciembre, el r. italiano alternativo fue el más productivo (2235 kg MS/ha), seguido del no alternativo (1993 kg MS/ha), del r. híbrido (1395 kg MS/ha) y, por último, el r. inglés (1098 kg MS/ha). Sin embargo, en los cortes de primavera hasta finales de abril, el tipo más productivo fue el no alternativo con 7067 kg MS/ha, seguido del alternativo y del r. híbrido con producciones similares (6607 y 6431 kg MS/ha respectivamente), y el r. inglés de nuevo a bastante distancia de los anteriores (4082 kg MS/ha).

Para ajustarse a los nuevos sistemas de alimentación animal basados en ensilados, el tipo de raigrás que presenta mejores condiciones es el italiano no alternativo, seguido del alternativo en el caso de aprovechar el corte invernal, y del híbrido si no es posible ese aprovechamiento.

Palabras clave: Alimentación animal, raigrás italiano, raigrás híbrido, raigrás inglés

Winter-spring yields of four ryegrass types in the Cantabrian Coast (N. Spain)

SUMMARY: With the main objective of characterizing the distribution of winter and spring productions of four ryegrass types (Italian, Italian westerwold, perennial, and hybrid), data collected in Grado (inner Asturias, N Spain) from 1986 to 1996 under the program of commercial varieties evaluation, were reviewed in the context of novel silage based feeding systems for dairy cows.

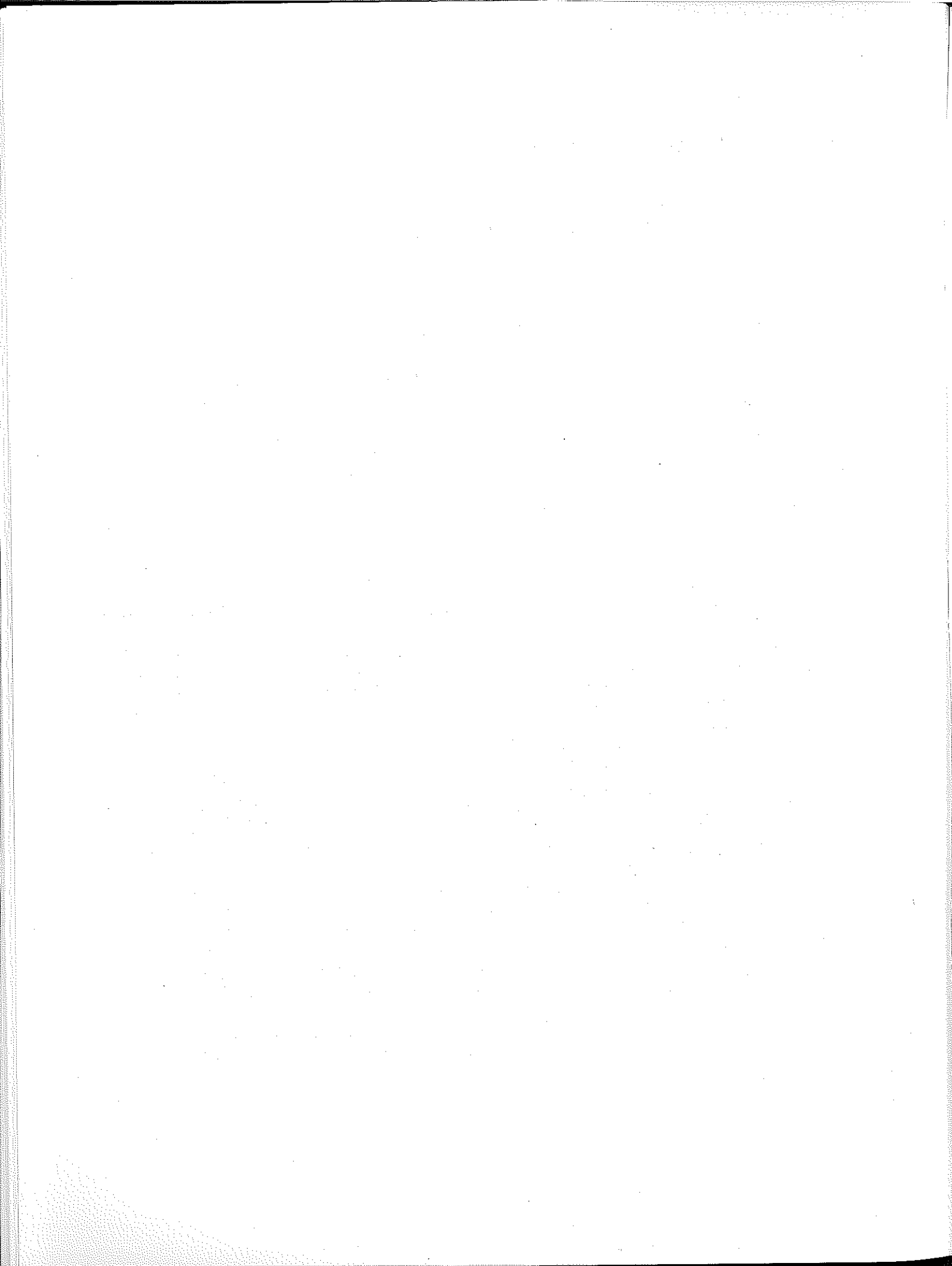
For the first cut, mown on late december, westerwold ryegrass was the most productive (2235 kg DM/ha), followed by the Italian (1993 kg DM/ha), hybrid (1395 kg DM/ha) and, finally, perennial ryegrass (1098 kg DM/ha). Nonetheless, for the spring cuts obtained to late april, italian ryegrass was the most productive (7067 kg DM/ha), followed by the westerwold and the hybrid, which produced simmilar yields (6607 and 6431 t DM/ha, respectively), and perennial ryegrass again as the least productive (4082 kg DM/ha).

In order to make suitable to the novel animal feeding systems, mainly based on silage products, westerwold ryegrass showed the most appropriated characteristics, followed by the Italian ryegrass if a winter cut is desirable, or the hybrid one if not.

Key words: Animal feeding, Italian ryegrass, hybrid ryegrass, perennial ryegrass

INTRODUCCIÓN

Las explotaciones ganaderas asturianas de producción de leche, al igual que las del resto de la Cornisa Cantábrica, soportan unas cargas ganaderas bastante altas que llevan a la necesidad de intensificar en lo posible las producciones forrajeras de la propia explotación mediante el uso de rotaciones anuales, siempre que las condiciones del terreno lo permitan, ocupando una gran parte de la superficie destinada a cultivos (Gobierno del Principado de Asturias, 2001). Estas rotaciones están formadas casi en exclusiva por el maíz forrajero como cultivo estival y el raigrás italiano alternativo como cultivo invernal, ya que son dos especies que se han mostrado muy productivas dando un forraje de buena calidad nutritiva. (López Cedrón *et al.* 2001; Lloveras, 1987).



No obstante, en estos últimos años se están dando cambios en el manejo de la alimentación de las vacas en este tipo de explotaciones en el sentido de proporcionar al ganado raciones completas (TMR) basados casi exclusivamente en el uso de ensilados (Eargo *et al.*, 2002). Esto ha generado un cambio de visión de los ganaderos sobre el raigrás italiano alternativo, ya que una de las ventajas de su utilización residía en proporcionar un corte para aprovechamiento en verde durante el invierno, época de escasez de producción forrajera. Con los nuevos planteamientos, este corte deja de ser un aprovechamiento estratégico en la explotación para convertirse en un inconveniente porque no puede ser ensilado debido a las condiciones atmosféricas.

Frente a esta situación se están considerando alternativas como la búsqueda de cultivos que ofrezcan una concentración de sus producciones en la primavera, de los que hasta ahora existe escasa información y resultados no concluyentes (Castro *et al.*, 2000; Martínez *et al.*, 2002), o con siembras muy tardías que en todo caso representan un riesgo desde el punto de vista agronómico.

Otra de las posibles salidas a esta situación es el empleo de otros tipos de raigrás que no aporten fuertes crecimientos invernales, pero que al final del cultivo (en este caso antes de la siembra del maíz) representen una opción interesante por sus rendimientos totales.

En este marco se ha planteado el presente estudio con el objetivo de caracterizar la distribución de las producciones invernales y primaverales de cuatro tipos de raigrases.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se revisaron los resultados productivos de la localidad de Grado (Asturias), situado sobre suelos profundos de alta fertilidad en una zona de valle con 50 m de altitud, correspondientes a la evaluación oficial de variedades, regidos por el Instituto de Semillas y Plantas de Vivero (hoy Oficina Española de Variedades Vegetales). El objetivo de esta evaluación era la determinación del valor agronómico de cada variedad antes de aceptar su inclusión o no en la "Lista de Variedades Comerciales de Plantas" (Registro oficial español) (Rodríguez, 1994). En este período se ensayaron un total de 161 cultivares de raigrás italiano (*Lolium multiflorum* Lam.) (73 del tipo alternativo y 88 del no alternativo), 32 de r. híbrido (*Lolium x Boucheanum* Kunt) y 146 de r. inglés (*Lolium perenne* L.). El diseño experimental fue de bloques al azar con cuatro repeticiones, con una parcela elemental de 5 m x 1,25 m.

Se consideraron los campos implantados en 1986, 1988, 1989, 1990, 1992, 1994 y 1996; años en los cuales estuvieron presentes en la misma finca los cuatro tipos de raigrás estudiados, sembrados a finales de verano o principios de otoño y que tuvieron un régimen de cortes similar.

En todos los años de estudio se realizó una preparación esmerada del suelo con labores de grabeo y fresadora, siembra a voleo a razón de 1000 semillas viables por m² en todos los casos y posterior pase de rulo compactador. El abonado de establecimiento fue de 40 kg/ha de N, 120 de P₂O₅ y 200 de K₂O incorporado al suelo en la última labor antes de la siembra. El abonado de cobertera fue de 40 kg/ha de N después de cada corte.

Los controles de producción se realizaron pesando el forraje verde conseguido por corte con motosegadora pendular de una franja central de 0,9 x 4,1 m² dentro de cada parcela elemental, de donde se recogió una muestra representativa para secar en estufa de aire forzado a 80 °C para el cálculo de la materia seca.

El número de cortes de cada año, época de realización y los días transcurridos entre cada uno de ellos se muestra en la Tabla 1, siendo idénticos para los cuatro tipos de raigrás.

Las temperaturas medias mensuales y totales de pluviometría recogidas entre los diferentes cortes se exponen en la Tabla 2.

Análisis de los datos

Para realizar los cálculos, y con el objetivo de eliminar el efecto año, dado que no todos los años hubo el mismo número de cultivares por tipo de raigrás y que las diferencias en valores absolutos de producción entre los años fueron importantes, se utilizaron como réplicas las medias anuales de todos los cultivares de cada tipo de raigrás. El análisis se llevó a cabo mediante el uso del paquete estadístico SPSS.

Tabla 1. Época de la realización de los cortes y días transcurridos entre ellos

Corte	Época de realización	Días al corte anterior
1º	Finales de otoño	91 *
2º	Finales de invierno	81
3º	2ª quincena de abril	38
4º	Finales de mayo	41

* Días entre la siembra y el primer corte

Tabla 2. Temperatura diaria media en °C y suma de pluviometría registrada entre los cortes realizados durante los años de estudio

Periodo	Tª media (°C)	Pluviometría (mm)
Siembra - 1º corte	12,5	279
1º corte - 2º corte	9,2	182
2º corte - 3º corte	12,0	93
3º corte - 4º corte	14,4	121

RESULTADOS

Los resultados se han organizado en dos apartados diferentes. En la Tabla 3 por un lado, se recogen las producciones desde las siembras hasta finales de abril, época en que en la mayoría de los casos se levantaría este cultivo para comenzar con las labores de preparación del terreno para sembrar el maíz, y que se considera que es el régimen de aprovechamientos más frecuente en las explotaciones y, por otro, un cuarto corte realizado a finales de mayo, que tendría interés en aquellos casos de siembras muy tardías del cultivo de verano.

Tabla 3. Crecimientos medios diarios (kg MS/ha x día) y producciones de materia seca por hectárea (kg MS/ha) para cada corte y para el total de los tres primeros cortes, y totales incluyendo el cuarto corte de cuatro tipos de raigrás.

	R. italiano				R. híbrido		R. inglés	
	Alternativo		No alternativo					
kg MS/ha x día								
1º Corte	25,1	a	22,5	a	15,8	b	11,9	b
2º Corte	40,1	a	38,9	a	33,9	a	21,5	b
3º Corte	89,4	ab	104,4	a	99,0	ab	87,1	b
TOTAL 3 cortes	42,2	a	43,2	a	37,9	b	28,7	c
4º corte	98,8	a	108,0	a	90,1	a	82,5	a
kg MS/ha								
1º Corte	2.235	a	1.993	a	1.395	b	1.098	b
2º Corte	3.221	a	3.107	a	2.700	a	1.665	b
3º Corte	3.386	a	3.960	a	3.731	a	3.318	a
TOTAL 3 cortes	8.841	a	9.061	a	7.979	b	6.082	c
4º corte	3.992	a	4.373	a	3.593	a	3.315	b
TOTAL 4 cortes	12.833	ab	13.434	a	11.572	b	9.397	c

Los valores con la misma letra dentro de cada fila no son significativamente diferentes (P>0,05)

Primer corte (finales de diciembre)

En este primer corte, el r. italiano, independientemente de su tipo (alternativo o no alternativo) superó significativamente ($P < 0,05$) los crecimientos medios diarios del r. híbrido y del r. inglés, no detectándose diferencias estadísticamente significativas entre estos últimos. No obstante, entre los r. italianos, el tipo alternativo tendió a tener unos ritmos de crecimiento un 10 % superiores al tipo no alternativo (25,1 frente a 22,5 kg MS/ha y día) que se tradujo en 242 kg MS/ha de diferencia en el total del corte. Las diferencias entre el r. híbrido y el r. inglés también mostraron una tendencia hacia una mayor producción del r. híbrido, con crecimientos de 15,8 kg MS/ha y día frente a 11,9 del r. inglés, lo que representa un 63 y 47 % respectivamente del r. italiano alternativo. Ello representó una pérdida de producción frente a este de 840 kg MS/ha en el caso del r. híbrido y de 1137 en el del r. inglés.

Segundo corte (mediados de marzo)

En el segundo corte sólo la producción presentada por el r. inglés difiere significativamente ($P < 0,05$) de la del resto de los raigrases, con crecimientos medios diarios de 21,5 kg MS/ha y día frente a los 33,9 del r. híbrido, 38,9 del r. italiano no alternativo y de los 40,1 del r. italiano alternativo. Entre estos últimos, las diferencias fueron muy escasas y el r. italiano alternativo sólo superó en un 4 % al no alternativo y en un 16 % al r. híbrido. La diferencia con el r. inglés se mantuvo bastante estable respecto al primer corte, situándose en el 48 %.

Tercer corte (finales de abril)

Sólo hubo diferencias estadísticamente significativas ($P < 0,05$) entre los crecimientos diarios y la producción total del r. italiano no alternativo y del r. inglés. Las tendencias de las diferencias entre los raigrases italianos e híbrido fueron diferentes a los cortes anteriores. Así, en este caso, el más productivo fue el r. italiano no alternativo con crecimientos medios diarios de 104,4 kg MS/ha, seguido del r. híbrido con 99,0 y por último el r. italiano alternativo con 89,4, que se situó en un nivel similar al del r. inglés con 87,1.

Producción total 3 cortes

Viene marcada en gran medida por la producción del tercer corte ya que representa un alto porcentaje de la misma. El análisis estadístico indica que no hubo diferencias significativas entre los dos tipos de r. italiano (8841 kg MS/ha el alternativo y 9061 el no alternativo), pero sí ($P < 0,05$) entre aquellos y el r. híbrido (1979 kg MS/ha) y entre éste último y el r. inglés (6082 kg MS/ha). No obstante, cabe resaltar la tendencia a una mayor producción del tipo no alternativo frente al alternativo en el r. italiano.

Cuarto corte (finales de mayo)

En comparación con el tercer corte, mientras en los dos tipos de r. italiano fue un corte más productivo, al presentar unos crecimientos medios diarios mayores en 6,5 kg MS/ha, en el r. híbrido y en el r. inglés los ritmos de crecimientos fueron similares, lo que provocó que en este cuarto corte nuevamente el r. italiano alternativo haya tendido a producir más que el r. híbrido (8,8 kg MS/ha y día).

DISCUSIÓN

El r. italiano alternativo fue el tipo de raigrás que tuvo una más rápida entrada en producción y mayores crecimientos en los primeros momentos después de la siembra, lo que concuerda con conclusiones de trabajos anteriores (Piñeiro *et al.*, 2001). Como se ha mencionado, este aspecto que era considerado como positivo, se ve ahora como un problema en muchas explotaciones actuales, al tener que deshacerse de más cantidad de hierba. A este respecto, aunque con niveles inferiores, sobre todo en el r. inglés, todos los tipos de raigrás estudiados sembrados a finales de septiembre presentan producción en esta época. En consecuencia, en

zonas de inviernos con temperaturas relativamente suaves, como las estudiadas, parece que no es posible evitar un aprovechamiento al final del otoño o principios del invierno, siendo necesario prever su retirada en caso de no ser posible su aprovechamiento como ensilado por las condiciones de lluvias frecuentes.

Por otro lado, en cuanto a la producción que se puede conseguir hacia el mes de marzo y abril, es decir con condiciones climatológicas para ensilar más adecuadas, es el r. italiano no alternativo el que presenta mayores producciones con 7076 kg MS/ha frente a los 6607 del alternativo o de los 6431 del r. híbrido y 4983 del r. inglés, siendo por tanto el tipo de raigrás más aconsejable desde este punto de vista. Por otro lado, cabe destacar la escasa diferencia en este periodo de producción conseguida por el r. italiano alternativo, que es la especie más utilizada para este tipo de rotaciones cortas (Martínez *et al.*, 2003; Piñeiro *et al.*, 2001), frente al r. híbrido (176 kg MS/ha), que pudiera sustituir al primero en el caso de optar por no aprovechar el corte invernal.

El mismo esquema expuesto hasta ahora sirve para la discusión de los resultados globales incluyendo el cuarto corte, ya que sigue siendo el r. italiano no alternativo el que presenta mayores crecimientos diarios y por tanto incrementando la diferencia en la producción total del cultivo.

Por último, es importante destacar que en este trabajo se pretenden resaltar las diferencias en las tendencias productivas de distintos tipos de raigrás que están representados en este caso por un conjunto concreto de cultivares pero que, al igual que en los trabajos desarrollados por Piñeiro *et al.* (2001) para el r. italiano, entre estos también existen diferencias que es necesario valorar a la hora de las recomendaciones prácticas de las siembras. Así, en el total del cultivo, a pesar de que el tipo de raigrás con más producción media fue el del r. italiano no alternativo, comparando con los cultivares menos productivos de éste, todos los años hubo algún cultivar del tipo alternativo que los superaron, un 71 % de los años que lo hizo alguno del r. híbrido y en ningún año en el caso de los del r. inglés.

Los resultados muestran que:

- El raigrás italiano alternativo y el raigrás inglés fueron los tipos más y menos productivo, respectivamente, en el 1^{er} corte (diciembre).
- El raigrás italiano no alternativo fue el más productivo si se tiene en cuenta la suma del 2^o (marzo) y 3^{er} (abril) cortes, seguidos del r. italiano no alternativo y el r. híbrido, con producciones próximas entre ellos, quedando el raigrás inglés en el último lugar a bastante distancia. Este orden de producciones se mantuvo en el 4^o corte (finales de mayo).

CONCLUSIÓN

El raigrás italiano no alternativo es el que mejor se ajusta para formar parte de rotaciones forrajeras de 2 cultivos/año en las explotaciones que hayan adoptado sistemas de producción animal con alimentación forrajera basada principalmente en productos ensilados. Le siguen el r. italiano alternativo, que se recomienda en el caso de que se pueda aprovechar el 1^{er} corte (de invierno), y el r. híbrido, que se recomendaría si este aprovechamiento no fuese posible.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CASTRO, M.P.; PIÑEIRO, J.; SAU, F., 2000. Los problemas de la asociación veza-avena. *Agricultura*, **822**, 302-305.
- EARGO, F.; MULLER, L.D.; DELAHAY, E.; CASSIDY, T.W. 2002. Performance of high producing dairy cows with three diferente feeding systems combining pasture and total mixed rations. *Journal of Dairy Science*, **85(11)**, 2948-2963.
- GOBIERNO DEL PRINCIPADO DE ASTURIAS. 2001. *Producto neto de la agricultura asturiana 2001*. Servicio de publicaciones del Principado de Asturias. 225 pp. Avilés. Asturias (España).
- LÓPEZ CEDRÓN, F.X.; RUIZ NOGUEIRA, B.; PIÑEIRO, J.; SAU, F., 2001. Rotaciones forrajeras intensivas en Galicia: Resultados de tres años de experiencias. En *Actas de la XLI Reunión Científica de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos y I Foro Iberoamericano de Pastos*, 629-634.

- LLOVERAS, J., 1987. Forage production and quality of several crop rotations and pastures in northwestern Spain. *Grass and Forage Science*, **42**, 241-247.
- MARTÍNEZ, A.; ARGAMENTERÍA, A.; ROZA, B. MARTÍNEZ, A., 2002. Mezclas cereal-leguminosa como forraje invernal en zonas húmedas. En *XLII Reunión Científica de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos*, 303-308.
- MARTÍNEZ MARTÍNEZ, A.; PEDROL BONJOCH, N. ALPERI PALACIO, J., 2003. *Siembra de praderas*. Ediciones KRK. 89 pp. Oviedo. Asturias (España).
- PIÑEIRO ANDIÓN, J.; DÍAZ DÍAZ, N.; PÉREZ FERNÁNDEZ, M., 2001. Raigrás italiano. *Agricultura*, **828**, 437-443.
- RODRÍGUEZ, A. 1994. Ensayos de valor agronómico y utilización. *Agricultura*, **748**, 135-138.

Caracterización de suelos y pastos de la Montaña Palentina

M.R. GONZÁLEZ GARCÍA

Centro Tecnológico Agrario y Alimentario ITAGRA.CT. Avda. Madrid, 57 34071 Palencia

RESUMEN: Se realiza un estudio de los pastos de la zona productora de carne de vacuno de la marca de calidad "Carne de Cervera y de la Montaña Palentina", en el norte de la provincia de Palencia. El objetivo de este trabajo es caracterizar la composición polifita y las propiedades nutritivas de pastos de seis subzonas diferenciadas en relación a las características físico-químicas de los suelos en que se desarrollan. En general los suelos son pobres en calcio y fósforo dando un pasto con un bajo contenido en leguminosas. El elevado contenido en fibra y el bajo contenido en proteína de los pastos aconsejan el aprovechamiento temprano del heno, y el complemento con piensos ricos en proteína para los animales en las épocas de mayores necesidades nutritivas.

Palabras clave: Fertilidad del suelo, leguminosas, vacuno extensivo, valor nutritivo

Characterization of soils and pastures in the Montaña Palentina

SUMMARY: A study of the pastures of the production area of bovine meat, "Meat of Cervera and the Montaña Palentina", is carried out. The characteristics of the soil and the composition of the forage are compared in six different areas. In general, the soils are low contents in calcium and phosphorous, giving a pasture poor in leguminous. The high content in fibre and low in protein of the pasture advises the early use of the hay, and the complement with protein fodders for the animal diets.

Key words: Soil fertility, leguminous, bovine extensive, nutritional quality.

INTRODUCCIÓN

La marca "Carne de Cervera y de la Montaña Palentina" promociona la carne de vacuno producida en el norte de la provincia de Palencia con un notable éxito, por su tradicional reconocimiento, y por su carácter diferenciado y su excelente calidad.

En las condiciones normales de explotación del ganado vacuno en pastoreo, en las que la hierba y los forrajes son la base de la alimentación, se producen durante el año diferencias importantes entre las necesidades de los animales y la producción de la pradera (Muslera y Ratera, 1991). El estudio de la evolución de las características de la hierba a lo largo del ciclo vegetativo en parámetros como la digestibilidad, la producción de materia seca y de elementos nutritivos (Demarquilly, 1973; GNIS, 1974) indican que existe una fase donde se obtiene un óptimo de rendimiento y calidad. En la práctica, esta fase es difícil de identificar en sistemas de explotación extensiva de pastos, en los que la producción se concentra en un corto periodo del año.

El mantenimiento de una calidad de carne homogénea y constante en el tiempo, requiere controlar en la medida de lo posible todo el proceso de producción. La heterogeneidad de los pastos, y sus posibles deficiencias alimenticias y carencias vitamínico minerales, pueden incidir negativamente en la calidad del producto final.

El presente trabajo tiene como objetivo caracterizar la composición polifita y las propiedades nutritivas de los pastos de la zona de producción de Carne de Cervera, en relación a las características físico-químicas de los suelos en que se desarrollan.

MATERIAL Y MÉTODOS

El territorio objeto de estudio está constituido por 77 municipios de las comarcas palentinas de la Montaña y la Valdivia. La zona se ha dividido en seis comarcas, distinguiéndose once zonas de muestreo representativas de todo el conjunto, tanto por sus características geográficas, suelos y pastos, como por la existencia de explotaciones ganaderas de vacuno en régimen extensivo (Tabla 1).

Con el fin de conocer la flora polifita de los prados de las diferentes zonas se procedió a la clasificación de las plantas recogidas en la época de floración, en los meses de junio y julio de 2001, estableciendo dife-

Tabla 1. Comarcas y zonas de muestreo de la Montaña Palentina.

Comarca	Zona de muestreo
Cervera:	Cervera-Arbejal Rueda-Ligüerzana-Salinas Ventanilla-San Martín
La Braña:	Barruelo
La Pernía:	La Castillería Los Redondos-Tremaya-San Juan-Santa María San Salvador-Casavegas-Camasobres
La Peña:	Tarilonte-Castrejon de la Peña Valdivia: Aguilar-Poroar de Valdivia
Valle Estrecho/Los Pantanos:	Camporredondo La Lastra-Triollo-Vidrieros

rentes asociaciones en función de la situación geográfica, altura, orientación, orografía, proximidad a los cursos de agua, etc. Se tomaron una media de tres muestras correspondientes a forraje verde y heno por cada una de las localizaciones establecidas en el estudio edafológico. En total 10 muestras de heno y 177 muestras de forraje verde. Las fincas se eligieron al azar en cada municipio.

La muestra de hierba se tomó siguiendo un procedimiento preestablecido, dejando caer el cuadrante siempre de la misma forma y a la misma distancia del borde de la parcela. El forraje delimitado por el cuadrante se cortó con la tijera a unos 7-8 cm sobre el suelo (altura de segadora), y se introdujo en una bolsa de papel para su análisis.

En los mismos lugares se tomaron las muestras de suelo con una barrena de 30 cm de profundidad. En total se extrajeron 52 muestras de suelo (con un mínimo de seis por comarca), sobre las que se determinó la textura (ISSS), pH, fósforo asimilable (Olsen), potasio asimilable (acetato), calcio y magnesio de cambio.

En las muestras de pasto se determinó el contenido en humedad, mediante estufa de aire forzado durante 48 h a 65°C; cenizas por incineración a 550°C durante 5 h; la proteína bruta (PB) como N Kjeldahl x 6,25, y la fibra neutro detergente (FND) y la fibra ácido detergente (FAD) según el método de Goering y Van Soest (1970).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Estudio de los suelos

La mayor parte de los suelos analizados tienen textura franco-arcillosa (26 de la 52 muestras); Trece muestras corresponden a textura franca, nueve a franco-arenosa, tres arcillosa (una en la comarca de Cervera y dos en La Pernía) y una a franco-limosa (en la comarca de La Pernía).

El pH de los suelos oscila entre 4,5 y 7,5, existiendo un gran número de ellos en las comarcas de Cervera, La Braña y La Pernía, con valores inferiores a 5,5. Aquí sería imprescindible la corrección para su uso agrícola. Los suelos más neutros se encuentran en La Valdivia, mientras la zona donde se obtienen pH más ácidos es La Braña (Tabla 2), aunque con valores muy heterogéneos.

A excepción de dos muestras de la zona de Los Pantanos, todos los suelos tienen contenidos de fósforo asimilable menores a 16 ppm. Valores por debajo de 5 ppm son limitantes para cualquier cultivo (Urbano, 2001), siendo necesarios aportes externos para conseguir una fertilidad mínima. Se han observado niveles muy bajos en muestras de Cervera-Arbejal, La Peña, Ventanilla-San Martín, Los Pantanos, La Lastra-Triollo-Vidrieros, y Barruelo.

El contenido en potasio asimilable de los suelos oscila entre 55 y 304 ppm. Con amplios rangos de variación dentro de cada zona, el 50% de las muestras tienen valores que pueden calificarse como bajos (inferiores a 140 ppm), mientras los niveles de magnesio pueden considerarse medios (Urbano, 2001). Los valores de calcio de cambio varían mucho en las distintas zonas, con una media de 12,8 meq x 100 g⁻¹ (Tabla 2).

Composición específica y características nutritivas

En el estudio botánico se detecta un bajo porcentaje de especies leguminosas en los pastos, con medias entre 5 y 11 % (Tabla 3). Se ha detectado una correlación negativa entre el porcentaje de gramíneas y los

Tabla 2. Características físico-químicas de los suelos en seis comarcas de la Montaña Palentina.

	Cervera.				La Braña				La Pernía			
	Media	Mínimo	Máximo	SD	Media	Mínimo	Máximo	SD	Media	Mínimo	Máximo	SD
pH	5,99	5,05	7,08	0,62	5,81	4,58	6,97	0,70	5,71	5,34	6,14	0,23
Arena (%)	50,77	30,90	73,60	11,69	62,39	45,20	75,25	9,73	49,87	38,50	71,10	8,46
Limo (%)	30,95	15,65	43,75	8,20	21,84	16,25	30,80	4,71	32,11	17,65	45,40	6,05
Arcilla (%)	18,28	10,75	27,55	4,21	15,77	8,50	24,00	5,40	18,02	11,25	25,45	4,86
P (ppm)	6,64	3,00	15,00	3,53	6,38	4,00	9,00	1,85	8,80	5,00	16,00	3,00
K (ppm)	126,02	69,75	294,10	61,48	182,06	117,00	304,25	67,14	127,28	75,20	278,15	48,60
Ca (meq x 100 g ⁻¹)	11,13	2,89	19,93	6,03	9,24	1,67	16,45	5,65	11,13	3,15	17,54	4,17
Mg (meq/100g)	1,41	0,66	2,55	0,63	1,22	0,55	3,27	0,91	1,29	0,72	2,18	0,35

	La Peña				Valdivia				Los Pantanos			
	Media	Mínimo	Máximo	SD	Media	Mínimo	Máximo	SD	Media	Mínimo	Máximo	SD
pH	7,00	6,70	7,39	0,30	7,28	7,00	7,54	0,25	6,11	5,52	7,21	0,46
Arena (%)	55,69	47,50	63,45	6,52	64,19	51,70	77,85	11,21	56,00	47,70	65,55	6,52
Limo (%)	27,34	22,10	33,80	5,46	21,14	11,50	27,00	6,81	31,99	24,35	39,25	5,20
Arcilla (%)	16,98	12,95	21,65	3,94	14,68	10,65	21,30	5,06	12,01	4,95	16,60	3,35
P (ppm)	5,25	4,00	7,00	1,26	8,75	5,00	12,00	3,30	11,70	4,00	35,00	11,70
K (ppm)	108,60	58,95	160,45	52,10	158,55	76,30	297,95	99,50	129,16	54,85	187,95	46,72
Ca (meq x 100 g ⁻¹)	25,63	15,10	35,20	8,52	18,56	13,45	23,27	4,07	12,77	5,57	22,78	6,10
Mg (meq/100g)	1,68	0,95	3,23	1,07	1,48	0,58	2,43	0,83	1,11	0,63	1,91	0,39

SD: Desviación típica

niveles de calcio activo ($r = -0,25$; $p < 0,05$) y los niveles de fósforo ($r = -0,33$; $p < 0,05$) existentes en los suelos. Por otra parte, en zonas como La Pernía y Cervera, se observan importantes cantidades de malas hierbas (*Rumex sp.*, *Taraxacum sp.*, etc), sobre todo en zonas con aprovechamiento ganadero bajo.

En el conjunto de las muestras de pasto analizadas, se detectan valores elevados de materia seca, lo que indicaría un estado vegetativo avanzado en el momento de la recogida (meses de junio y julio). En esta situación los contenidos en fibra neutro detergente y fibra ácido detergente son elevados, y ello produce una disminución en el coeficiente de digestibilidad de la materia orgánica y un menor valor energético del forraje.

Tabla 3. Composición específica (%) del forraje en la zona de la Montaña Palentina.

Comarca	Gramíneas		Leguminosas		Otras		Malas hierbas	
	Media	SD	Media	SD	Media	SD	Media	SD
Cervera	71,07	15,94	11,39	10,63	6,54	11,62	11,00	5,15
La Braña	75,81	10,69	5,78	5,88	8,53	6,71	9,89	4,70
La Pernía	72,53	9,11	7,13	6,30	7,65	6,09	12,70	4,65
La Peña	78,60	12,13	6,90	9,50	6,45	4,32	8,05	5,07
Valdivia	79,50	10,57	8,69	8,75	4,31	3,17	7,50	5,84
Los Pantanos	76,70	11,50	8,65	7,01	6,10	6,39	8,55	4,48

SD: Desviación típica

En las distintas zonas se obtuvieron niveles medios de nitrógeno en los pastos entre el 2 y el 2,7%, es decir, valores de proteína bruta del 13-17% (Tabla 4). Sin embargo, un gran número de muestras analizadas mostraron contenidos en proteína por debajo del 10% sobre materia seca. Un contenido en proteína inferior al 9% resulta insuficiente para satisfacer las necesidades de los microorganismos del rumen (A.R.C., 1980). Sin lugar a dudas, estos valores tan bajos de proteína podrían elevarse potenciando la presencia de leguminosas en el pasto mediante la aportación de fondo de calcio y fósforo a los suelos.

Tabla 4. Características nutritivas (% sobre materia seca) del forraje en la zona de la Montaña Palentina.

Comarca	PB		FND		FAD		Humedad		Cenizas	
	Media	SD	Media	SD	Media	SD	Media	SD	Media	SD
Cervera	13,54	4,21	43,19	6,76	22,00	3,79	71,39	7,66	7,31	2,07
La Braña	14,33	4,28	46,12	5,44	24,17	2,90	75,14	5,79	9,70	5,19
La Pernía	14,74	4,25	42,32	5,33	23,11	4,03	78,09	4,53	8,79	1,06
La Peña	16,14	4,81	44,80	6,73	23,25	3,46	72,74	7,92	8,55	1,52
Valdivia	13,19	4,13	46,57	5,44	24,99	3,01	72,11	8,59	8,60	1,83
Los Pantanos	17,06	4,60	40,11	6,21	21,74	3,33	74,57	6,24	10,05	1,66

PB: Proteína bruta; FND: Fibra neutro detergente; FAD: Fibra ácido detergente; SD: Desviación típica.

Es obvio que la decisión de apurar el ciclo vegetativo de las plantas con el objetivo de obtener mayor cantidad de materia seca o mayor masa forrajera puede ser adecuada en algunos casos. Por ejemplo si estos forrajes se destinan a heno que se va a suministrar a los animales en momentos de bajas necesidades nutritivas, como es el caso de los reproductores en invierno, siguiendo el planteamiento tradicional, estos henos deberían ser corregidos para obtener una dieta equilibrada en proteína (Muslera y Ratera, 1991), ya que el nivel en este componente va disminuyendo drásticamente con el avance del ciclo vegetativo del forraje, y más aún teniendo en cuenta el bajo contenido de leguminosas en los prados.

CONCLUSIONES

Se ha observado una reducida presencia de leguminosas en las praderas, que podría estar relacionada con el bajo pH y al pobre contenido en fósforo y calcio de los suelos. Las enmiendas calizas y las aportaciones de fósforo a los suelos de los pastos son prácticas que deben realizarse para mejorar la calidad nutritiva del forraje y del heno.

El elevado contenido en fibra y el bajo contenido en proteína de los pastos, insuficientes en muchos casos para satisfacer las necesidades de los microorganismos del rumen, aconsejan el aprovechamiento temprano del heno, así como el complemento con concentrados ricos en proteína para el suministro a los animales reproductores en las épocas de mayores necesidades nutritivas.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido promovido por la Asociación CAMPA, propietaria de la marca registrada "Carne de Cervera y de la Montaña Palentina", y financiado parcialmente por la Consejería de Agricultura y Ganadería de la Junta de Castilla y León.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- A.R.C., 1980. *The nutrient requirement of ruminant livestock. Technical review by an Agricultural Research Council Working party.* Commonwealth Agriculture Bureaux.
- DEMARQUILLY, C., 1973. *Valeur alimentaire des ensilages de graminées et de légumineuses, en "preparation et utilisation des fourrages conservés"*. V Journées d'information du Grenier de Theix, CRZV). *Supl. Fourrages*, 55, 107-116.
- GNIS, 1974. *Curso audiovisual sobre las gramíneas.* Groupement national interprofesional des semences et plants (GNIS), Paris (Francia)
- GOERING, H.K.; VAN SOEST, P.J., 1970. *Forage analyses. Apparatus, reagent, procedures and some application.* USDA. Agricultural Research Service. Handbook 379. Washington D.C. (USA).
- MUSLERA, C.; RATERA, C., 1991. *Praderas y forrajes. Producción y aprovechamiento.* Ediciones Mundi-Prensa, 674 pp. Madrid (España)
- URBANO, P., 2001. *Tratado de Fitotecnia General.* Ediciones Mundi-Prensa, 895 pp. Madrid (España)

Estudios preliminares sobre la influencia de diferentes factores ambientales en la productividad del tagasaste (*Chamaecytisus proli-ferus ssp proliferus var palmensis*)

A.M. GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ¹, I. SIBISSE¹, P. MÉNDEZ², D. MORALES¹ y M.S. JIMÉNEZ¹

¹Dpto. Biología Vegetal, Fac. Farmacia, Univ. La Laguna, 38207. Tenerife (España). ²Instituto Canario de Investigaciones Agrarias. Apto. 60, 38200, La Laguna, Tenerife (España).

RESUMEN: Se evaluó la influencia de la temperatura, humedad relativa, radiación y precipitación sobre la productividad del tagasaste (*Chamaecytisus proliferus* (L.fil.) Link ssp. *proliferus* var. *palmensis* (Christ)) en dos zonas contrastadas de la isla de Tenerife. Una dentro de su área de distribución natural (La Esperanza) y otra en el sur de la isla bajo condiciones climáticas más áridas (Candelaria).

Al final del periodo de estudio se encontraron diferencias significativas en diámetro, altura y peso seco por planta en las dos parcelas de estudio. Los resultados mostraron una mayor productividad en la zona sur con un aporte de agua 50 % menor. Las temperaturas mínimas alcanzadas en el periodo de estudio en ambas parcelas reflejan que son las bajas temperaturas el factor limitante en la productividad de esta especie. Los resultados presentados hacen del tagasaste un buen candidato, bajo un aporte de riego mínimo, para un uso extensivo en las zonas semiáridas de la isla.

Palabras clave: Temperatura, humedad relativa, precipitación, zona semiárida, Tenerife.

Preliminary studies about the effect of weather conditions in productivity of tagasaste (Chamaecytisus proliferus ssp proliferus var palmensis)

SUMMARY: The influence of temperature, relative humidity, global radiation and precipitation in the yield of Tagasaste was evaluated in two different places in Tenerife Island. One place is located in its natural habitat (La Esperanza) and another in the south of the island under more arid climatic conditions (Candelaria). At the end of the studied period significant differences in diameter, height and dry matter by plant were found in the two studied places. Our results showed a higher yield in Candelaria with a water supply 50 % lower. Minimum temperatures recorded in La Esperanza were the main factor in the yield of this species. Under a minimum water supply, this species could be a suitable candidate to be well established in semiarid zones of the island, outside of the humid areas where is naturally distributed.

Key words: Temperature, relative humidity, precipitation, semiarid place, Tenerife.

INTRODUCCIÓN

El tagasaste es una leguminosa de tipo arbustivo endémica de Canarias, que ha sido ampliamente utilizada como forraje en diversas partes del mundo como Australia y Nueva Zelanda (Lefroy *et al.*, 1992; 1997), pero que sin embargo su utilización en Canarias es escasa (Pérez de Paz *et al.*, 1986), limitada a las medianías subhúmedas de las islas occidentales y centrales (Francisco-Ortega y Jackson, 1991; Méndez, 1992). La producción de forraje propia en la Comunidad Autónoma de Canarias es insuficiente para abastecer a la cabaña ganadera actualmente existente en las islas, por lo que la importación de forraje resulta inevitable. Lograr una reducción significativa del forraje importado, debido al aumento de la producción de forrajes propios, requiere de estudios científicos encaminados a optimizar su producción.

El tagasaste, además de su gran valor forrajero (Méndez, 1993; Ovalle *et al.*, 1993; Assefa, 1998; Klee *et al.*, 2003), presenta características potenciales para ser introducida en zonas semiáridas de las islas (González Duque, 2000), lo que la hace el candidato óptimo a estudio ya que cumple una doble función: aporte de alimento para el ganado y recuperación de zonas degradadas. Para ello es necesario que sea resistente a los factores ambientales limitantes ya que tendrá que adaptarse a unas condiciones más áridas. Así en el presente estudio se propone profundizar en determinados caracteres ambientales que puedan limitar la producción y

distribución del tagasaste como las respuestas a sequía, altas temperaturas y exceso de luminosidad. Esto puede proporcionar beneficios a la industria ganadera para ser utilizada extensivamente y podrá dar las bases para su utilización en campañas de regeneración de zonas degradadas o en vías de degradación.

Para llevar a cabo este estudio se establecieron dos parcelas experimentales en dos zonas contrastadas en la isla de Tenerife; una en la zona potencial de su distribución natural y la otra en el sur de la isla con características más extremas de luz, temperatura y precipitación. El objetivo de este trabajo es ver la influencia de diversos factores ambientales sobre la producción del tagasaste en dos ambientes diferentes a lo largo de un año de estudio. Con ello pretendemos dar un nuevo paso en el conocimiento de la respuesta de esta planta a ambientes más extremos y por extensión, al establecimiento con éxito del tagasaste en nuevos ambientes.

MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en dos parcelas cedidas por el Cabildo Insular de Tenerife situadas una, en el sur de la isla en la localidad de Araya en el municipio de Candelaria a 430 m de altitud, en terrenos donde no se desarrolla la planta en condiciones naturales, por lo que fue necesario aplicar un riego mínimo de mantenimiento de 16 litros/mes/planta; y la otra, en cotas próximas a los 1000 ruetros en la ladera norte de la isla en el municipio de La Esperanza, en una zona dentro de su área normal de distribución por lo que no fue aplicado riego alguno. Ambas parcelas, de 600 m² cada una, se establecieron en otoño de 2000, con plantas de vivero de aproximadamente 0,5 m de altura y cuyo marco de plantación fue de 1,5 x 1 m. Previamente se tomaron muestras de suelo de cada una de las parcelas y se determinó las características químicas del mismo mostrando un porcentaje de materia orgánica de 4,7 % y 2,5 % y un pH de 5,5 y 6 en La Esperanza y Candelaria, respectivamente.

Los factores ambientales como temperatura, humedad relativa del aire, radiación solar y precipitación se registraron de manera continua con una estación meteorológica (Mini 32, Unilog EMS, EMS Brno CZ), la cual fue instalada en febrero de 2001. En ese momento las plantas habían alcanzado 1 m de altura y presentaban un diámetro de 10 mm.

A lo largo del texto hablaremos de aporte de agua en vez de precipitación, porque en la parcela de Candelaria se tendrá en cuenta el riego suministrado y la precipitación natural.

El estudio se llevó a cabo de febrero a diciembre de 2001. Se evaluó el desarrollo de las plantas a los diez (agosto 2001) y catorce meses después del trasplante a campo (diciembre 2001) mediante el análisis de las siguientes variables experimentales:

- Altura de la planta (cm): desde el suelo hasta el punto más alto del arbusto.
- Diámetro (cm): a 20 cm del suelo.
- Peso seco total por planta (kg): se cortó toda la parte aérea de la planta y se sometió a desecación 48 h en estufa de aire a 100 °C.

Los parámetros altura, diámetro y peso seco total por planta fueron evaluados estadísticamente con un análisis de varianza ANOVA de dos vías, siendo los factores principales: momento de muestreo (agosto y diciembre) y localidad (La Esperanza y Candelaria). Para cada momento y lugar se tomaron 9 individuos ($n=9$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Después de diez meses de trasplante a campo (agosto) no se observaron diferencias significativas en el diámetro de las plantas en las dos parcelas estudiadas pero sí en la altura y el peso seco total por planta (Figura 1). La altura media alcanzó un valor de 1,7 m y un peso seco total por planta de 0,4 kg/planta en La Esperanza mientras que en Candelaria llegaron a los 2 m de altura y duplicaron el peso seco. Estas diferencias se obtuvieron con un menor aporte de agua (casi un 50% menos: 120 mm en Candelaria y 210 mm en La Esperanza) (Figura 2), pero con unas temperaturas medias mensuales para el periodo febrero-agosto más altas

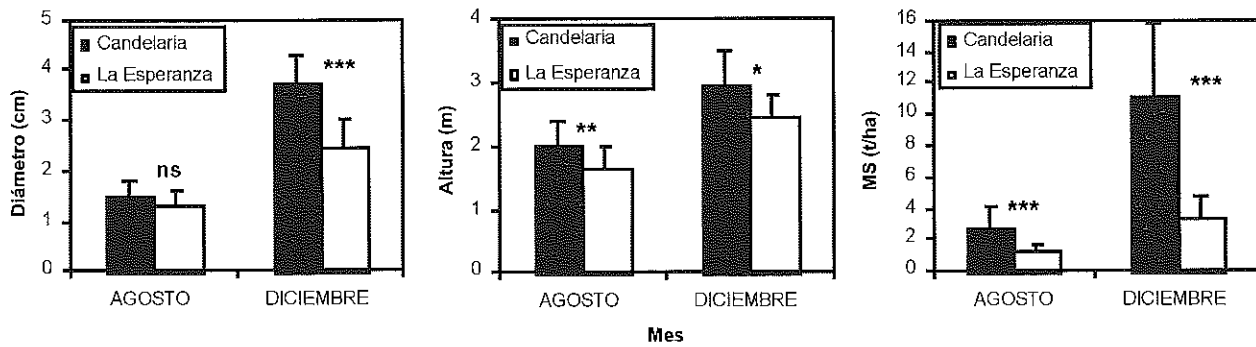


Figura 1. Evaluación del diámetro (cm), altura (cm) y peso seco por planta (kg) presentes en el tagasaste en los dos momentos de muestreo (agosto y diciembre) en las dos parcelas de estudio. Se muestra el resultado del tratamiento estadístico entre las dos parcelas: ns, no significativa, *** P < 0,001; ** P < 0,01; * P < 0,05.

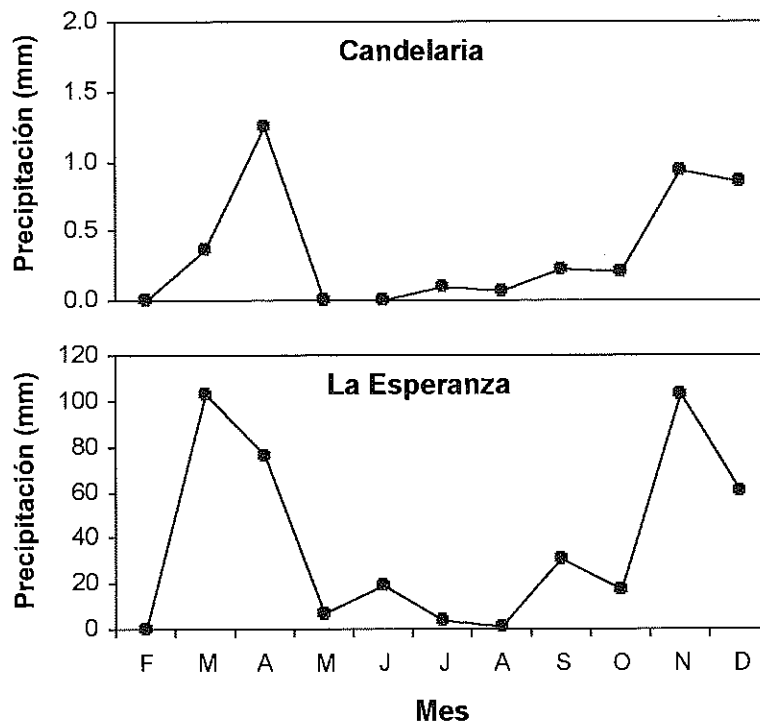


Figura 2. Precipitación mensual obtenida a lo largo del periodo de estudio en las dos parcelas experimentales. Nótese la diferencia de escala en el eje de abscisas.

(18 °C) y una humedad relativa media más baja (61 %) en contraste con La Esperanza en donde se alcanzaron 13 °C y 72 %, respectivamente (Figuras 3 y 4).

En el mes de diciembre, cuatro meses después, se observaron diferencias significativas en todas las variables estudiadas (diámetro, altura y peso seco total por planta). Se alcanzaron alturas de 2,5 a 3 m, mientras que los diámetros variaron de 2,5 cm en La Esperanza y 3,8 cm en Candelaria. El peso seco total por planta, obtenido al final del periodo, fue 3 veces superior en Candelaria que en La Esperanza. Así, el incremento observado en Candelaria, de agosto a diciembre, fue de casi 4 veces (0,4 a 1,7 kg por planta), mientras que en La Esperanza fue de 2,6 (0,2 a 0,5 kg por planta).

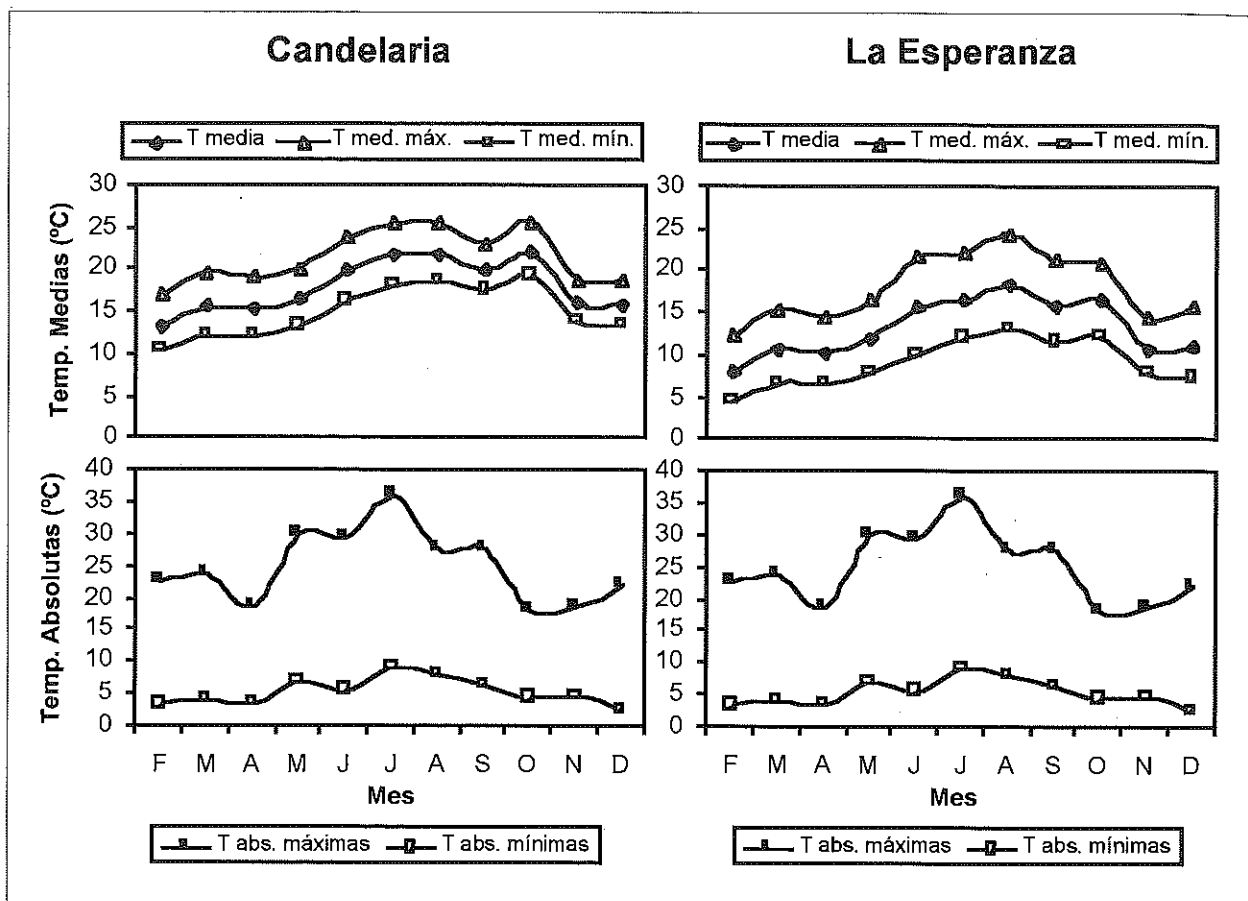


Figura 3. Análisis de los valores térmicos mensuales presentes en Candelaria y La Esperanza durante el periodo de estudio. Temperaturas medias, Temperaturas medias de las máximas, Temperaturas medias de las mínimas, Temperaturas máximas absolutas, Temperaturas mínimas absolutas.

En este periodo (agosto-diciembre) el aporte de agua fue similar en las dos parcelas, aproximadamente el 50 % del periodo total (102,6 mm y 211,6 mm en Candelaria y La Esperanza, respectivamente). Sin embargo, las temperaturas medias en este periodo aumentaron en ambas parcelas (19 °C en Candelaria y 14 °C en La Esperanza). Estudios previos de González-Rodríguez *et al.* (2002) estudiando la respuesta de tagasaste en condiciones naturales mostraron que el rango de temperatura óptima para la fotosíntesis se encuentra entre 17 y 28 °C. Esto nos indica que es la parcela de Candelaria la que presenta temperaturas más favorables para la asimilación de carbono.

Analizando en mayor detalle los valores de temperatura a lo largo de todo el periodo (Figura 3), vemos como el estudio de las temperaturas mínimas absolutas reflejó claras diferencias en las dos parcelas de estudio. Mientras que en Candelaria las temperaturas medias de las mínimas absolutas estuvieron próximas a los 12 °C, en La Esperanza estuvieron alrededor de los 9 °C alcanzándose mínimas absolutas de 2,6 °C. Temperaturas por debajo de 12 °C producen una reducción del 50 % de la fotosíntesis (González-Rodríguez *et al.* 2002). En cuanto a las temperaturas máximas, no se registraron temperaturas lo suficientemente altas, en ninguna de las dos parcelas, como para limitar la fotosíntesis.

La humedad relativa también varió significativamente en las dos parcelas de estudio (Figura 4). A partir de agosto, se registró un valor medio de 72 % en Candelaria mientras que en La Esperanza se obtuvo un 87 %, lo cual refleja la alta humedad ambiental presente en esta última parcela. En ambos casos la humedad relativa no parece ser un factor limitante en la productividad (González-Rodríguez *et al.* 2004).

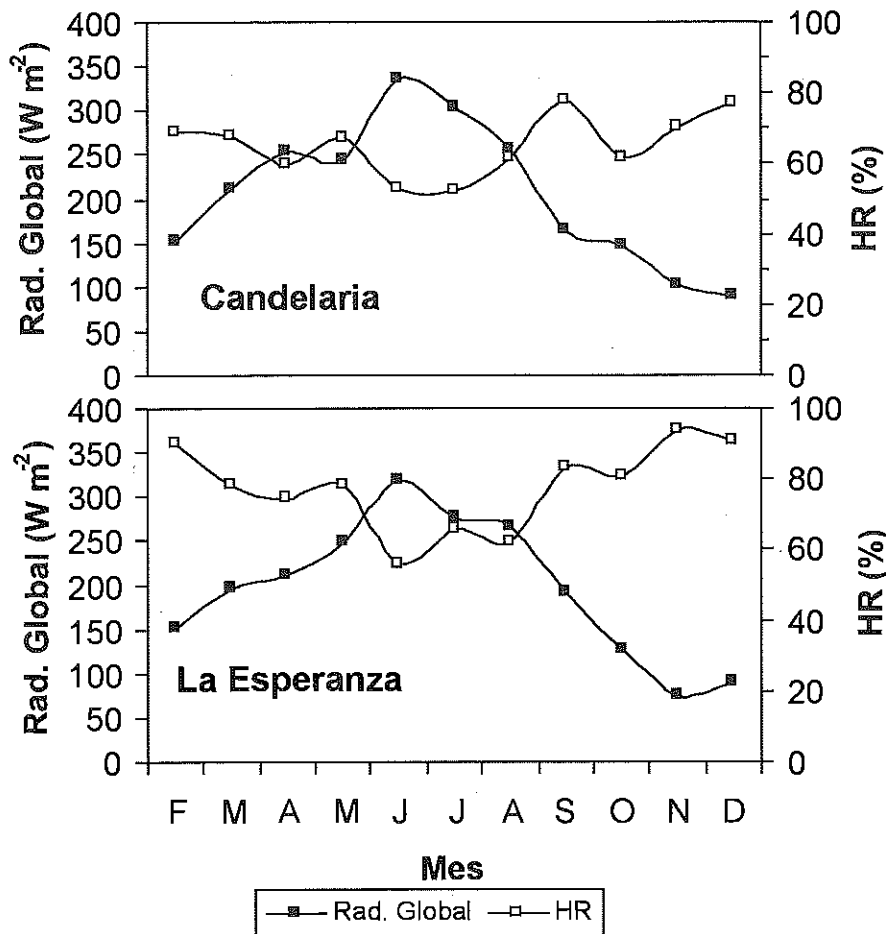


Figura 4. Valores medios de radiación global ($W m^{-2}$) y humedad relativa (%) registradas a lo largo del periodo de estudio en las dos parcelas experimentales.

En cuanto a la radiación global no mostró grandes diferencias en las dos parcelas (Figura 4). No mostrando ser un factor limitante ya que por encima de aproximadamente $85 W m^{-2}$ se obtienen las máximas tasas de fotosíntesis (González-Rodríguez *et al.* 2004).

CONCLUSIONES

La parcela experimental de Araya de Candelaria situada fuera del área de distribución natural del tagasaste, bajo condiciones climáticas más áridas, mostró una mayor productividad que la parcela de Data de Coronado (La Esperanza) situada en el área potencial de esta especie. Los resultados muestran cómo bajo unas condiciones de riego mínimas el tagasaste es capaz de crecer y alcanzar una productividad mayor en condiciones ambientales más áridas. A partir del análisis de los factores ambientales estudiados, son las bajas temperaturas el principal factor limitante en la producción de esta especie, lo que la hace un buen candidato, bajo un aporte de riego mínimo, para un uso extensivo en las zonas semiáridas de la isla.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo ha sido financiado con los fondos del proyecto IFD97-1049-C08-04.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSEFA, G., 1998. Biomass yield, botanical fractions and quality of tagasaste, (*Chamaecytisus palmensis*) as affected by harvesting interval in the highlands of Ethiopia. *Agrofor. Syst.*, **42(1)**, 13-23.
- FRANCISCO-ORTEGA, F.J.; JACKSON, M.T., 1991. Historical aspects of the origin and distribution of tagasaste (*Chamaecytisus proliferus* (L.fil) Link ssp. *palmensis* (Christ) Kunkel), a fodder tree from the Canary islands. *Journal of the Adelaide Botanical Garden*, **14(1)**, 67-76.
- GONZÁLEZ DUQUE, J. A., 2000. *Estudio del tagasaste en el Suroeste de España (Huelva)*. Diputación Provincial de Huelva, Huelva (España).
- GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ, A. M.; MARTÍN-OLIVERA, M.; MORALES, D.; JIMÉNEZ, M. S., 2002. Gas exchange characteristics of *Chamaecytisus proliferus* subsp. *proliferus* var. *palmensis* (Tagasaste) measured in spring-summer under field conditions. *Phyton*, **42(2)**, 225-236.
- GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ, A.M.; MARTÍN-OLIVERA, M.; MORALES, D.; JIMÉNEZ, M. S., 2004. Physiological responses of tagasaste to a progressive drought in its native environment on the Canary Islands. *Environmental and Experimental Botany*, (en prensa)
- KLEE, G.; OVALLE, C.; CANNONI, V., 2003. Recría de terneros a base de pastoreo en tagasate (*Chamaecytisus proliferus* ssp *palmensis*) suplementados con avena grano en la provincia de Arauco, Chile. *Agricultura Técnica*, **63**, 23-29.
- LEFROY, E. C.; COOK, J.; PEAKE, R., 1997. Tagasaste in Australia. En *Tagasaste (Chamaecytisus proliferus)*, 1-15. Eds. E.C. LEFROY, C.M. OLDHAM, N.J. COSTA. Occasional Publication No. 19, Co-operative Research Centre for Legumes in Mediterranean Agriculture. University of Western Australia (Australia).
- LEFROY, E. C.; DANN, P. R.; WILDIN, J. H.; WESLEY-SMITH, R. N.; MCGOWAN, A. A., 1992. Trees and shrubs as sources of fodder in Australia. *Agrof. Systems*, **20**, 117-139.
- MÉNDEZ, P., 1992. La producción forrajera en las islas Canarias. *El Campo. Boletín de Información Agraria*, **124**, 66-70.
- MÉNDEZ, P., 1993. Forage potential of Canary Islands legumes. Management of Mediterranean Shrublands and Related Forage Resources. *Reur. Technical Series*, **28**, 141-144.
- OVALLE, C.; ARONSON, J.; ÁLVAREZ, H.; AVEDAÑO, J. 1993. Alfalfa arbórea o tagasaste (*Chamaecytisus proliferus* ssp *palmensis*), un árbol forrajero leguminoso con potencial para sistemas agrosilvopastorales en Chile mediterráneo. *Agricultura Técnica (Chile)*, **53**, 264-271.
- PÉREZ DE PAZ, P. L.; DEL ARCO AGUILAR, M.; ACEBES-GINOVÉS, J. R.; WILDPRET DE LA TORRE, W., 1986. *Leguminosas Forrajeras de Canarias*. Aula de Cultura de Tenerife. Serie Publicaciones Científicas. Subservicio Musco Insular de Ciencias Naturales. Vol. 2, 157 pp. Excmo. Cabildo Insular de Tenerife (España).

Efectos de las heladas y los carpófagos (*Curculio* sp.) sobre la calidad de bellotas en una dehesa de Castilla-La Mancha

C. LÓPEZ-CARRASCO FERNÁNDEZ¹, A. DAZA², A. REY³ y C. LÓPEZ BOTE³

¹C.I.A. "Dehesón del Encinar" 45560 Oropesa. Toledo (España). ²Dpto de Producción Animal. ETSI Agrónomos. Universidad Politécnica de Madrid. ³Facultad de Veterinaria. Universidad Complutense de Madrid (España).

RESUMEN: Durante la montanera del año 2001/02 y en una dehesa de la Campana de Oropesa, Toledo, se comparan bellotas de encina: sanas, afectadas por heladas o atacadas por coleópteros del género *Curculio* para conocer los efectos sobre la calidad de la bellota. Las variables analizadas son el peso y los contenidos en cenizas, grasa, proteína y fibra de la pulpa de bellota, así como sus variaciones a lo largo de la montanera. Las heladas influyeron negativamente sobre el peso, pero no sobre la calidad de las bellotas. Los gorgojos provocaron una reducción considerable del peso seco de los cotiledones (38,1%) y de su contenido graso (20,9%), respecto de las bellotas sanas.

Palabras clave: montanera, encina, porcino ibérico, grasa.

Effects of freeze and Curculio genus on acorn quality in a dehesa system of Castilla-La Mancha

SUMMARY: The effect of freeze and coleopteron infestation with *Curculio* genus on nutritive quality characteristics was studied in evergreen oak acorns collected during 2001/02 in a Mediterranean forest located in Oropesa, Toledo. The study includes variations along time in acorn weight, and in the concentration of ash, crude fat, crude protein and crude fiber in the kernel. Weight kernel was affected by freeze but not quality. Weight kernel (38,1%) and crude fat (20,9%) were reduced by *Curculio* genus.

Key words: free range, corn oak, Iberian pig, lipids.

INTRODUCCIÓN

Las dehesas de Castilla-La Mancha se encuentran ubicadas en la porción occidental de las provincias de Toledo y Ciudad Real, ocupan una posición intermedia o de transición entre las dehesas cálidas de Andalucía y Extremadura y las más frías de Castilla y León. Suponen la base alimenticia de la ganadería extensiva de vacuno y ovino de carne, que se localiza mayoritariamente en estas zonas, estando el porcino ibérico mucho menos representado, sin embargo, en estos últimos años se viene observando un interés creciente por este tipo de ganado unido a un aprovechamiento de los recursos de la dehesa (en la montanera), de forma que existe demanda de información sobre aspectos relacionados con la capacidad productiva de los encinares y alcornoques de la región, la calidad de bellota, la forma de aprovechamiento, etc.

En general ese tipo de información es escasa, incluso en las regiones donde el cerdo ibérico tiene mucha importancia, no digamos ya en Castilla-La Mancha, en la que dicho sector está menos representado, por lo que a la hora de planificar las montaneras o de decidir si en una comarca es interesante o no cebar cerdos no se dispone de información básica y objetiva, teniendo que apoyarse en la generada en otras regiones con sus características y peculiaridades concretas que no tienen porqué coincidir.

Una de esas peculiaridades es que son dehesas frías, especialmente las de Toledo y si bien en las dehesas cálidas las cosechas son abundantes y la vecería no es un obstáculo insalvable, en las dehesas más frías las cosechas son inferiores y más veceras (San Miguel, 1994), por tanto, las producciones de porcino ibérico estarían más limitadas en este sentido. Al efecto de las heladas habría que añadir el de otros factores de los que se sabe tienen incidencia negativa sobre la producción de bellotas, como los daños frecuentes causados por invertebrados, vertebrados, hongos, etc. (Vázquez, 1998), pero de los que poco se sabe en cuanto a cómo afectan a la calidad de las bellotas. Dentro del grupo de los invertebrados habría que destacar los daños causados por Coleópteros del género *Curculio*, una de las plagas reproductivas que más incidencia tienen sobre los encinares y alcornoques del Sur peninsular (Vázquez, 1998).

El trabajo se enmarca dentro del proyecto INIA RTA 01-018: "Efecto de la alimentación en premontanera sobre la incorporación tisular de lípidos en el cerdo ibérico" (2001-2003).

MATERIAL Y MÉTODOS

El lugar del experimento está ubicado en el Centro de Investigaciones Agropecuarias "Dehesón del Encinar", Oropesa, Toledo, incluido dentro del área destinado al aprovechamiento de la montanera con porcino ibérico. Las características de la zona se describen en López-Carrasco *et al.* (1998). Se trata de una parcela con encinas (17 pies/ha), 5 has de superficie, y excluida al pastoreo por ganado doméstico de octubre a marzo. En septiembre de 2001, se realizó una caracterización previa del encinar (sobre un total de 25 has) cada encina fue contabilizada, identificada en el campo y en una ortofoto; se midió el diámetro medio de la proyección de la copa, y se evaluó la abundancia relativa de las bellotas de forma subjetiva, estableciendo 6 categorías: I0: 0 bellotas, I+: presencia de bellotas, I1: 10-15% de la copa con bellotas, I2: 25% de la copa con bellotas, I3: 50%, I4: 75% y I5: 100% de la copa con bellotas. El total de encinas evaluadas fue de 500. En función de los resultados obtenidos en esta evaluación, teniendo en cuenta la distribución de tamaños de las encinas y de las categorías según la abundancia de bellotas, ya dentro de la parcela experimental de 5 has se escogieron 30 árboles (productores, 5/categoría), bajo los cuales se dispusieron mallas para la recogida de bellotas a lo largo de toda la montanera de 2001 a 2002.

La periodicidad de los muestreos fue de tres semanas aproximadamente, siendo las fechas de los controles: 31 de octubre 2001 (1c), 24 de noviembre (2c), 16 de diciembre (3c), 10 de enero 2002 (4c), 7 de febrero (5c), 22 de febrero (6c) y 22 marzo 2002 (7c).

Por cada fecha de muestreo, se recogían todas las bellotas caídas desde el muestreo anterior, las bellotas se llevaban al laboratorio, limpiándolas de cascabillos, hojarasca, etc. y pesando en fresco la cosecha de cada árbol. Se obtuvieron 4 muestras de 30 bellotas por árbol y fecha de muestreo que se pesaron y congelaron para analizarlas posteriormente. En una de las muestras de cada árbol y fecha de control, se midió el grosor (mm) y la longitud (mm) de cada una de las 30 bellotas, además en cada una de las cuatro muestras, se contabilizó el número de bellotas aparentemente sanas y las que presentaban apertura de salida de la larva de *Curculio sp.* Se abrió cada bellota, componiendo tres grupos, las sanas, las atacadas por los gorgojos y las afectadas por las heladas, (con coloración marrón), contabilizando el número de bellotas de cada grupo, pesando en fresco las cáscaras y las semillas de cada grupo de forma independiente y desecándolas a 70°C y 48 h en estufa de aire forzado, para determinar el % de materia seca y el peso seco de cada componente. A continuación, las semillas de sanas (S), heladas (H) y atacadas por *Curculio sp.* (C), fueron molidas y tamizadas (1mm luz), reservándose suficiente cantidad de muestra de S, H y C, en las que se determinó la humedad (AOAC, 1996), el porcentaje de cenizas (AOAC, 1996), grasa (método modificado de Bligh y Dyer, 1959), proteína bruta (Kjeldahl siguiendo la norma ISO R-937), fibra bruta (AOAC, 1996).

Análisis estadísticos

Los valores medios de las variables: peso de las semillas, % cenizas, % grasa, % proteína y % de fibra se analizaron mediante ANOVA I vía, considerando como factor principal el estado de la semilla: sana, helada o atacada por *Curculio sp.* La evolución de dichas variables a lo largo de la montanera se analizó mediante ANOVAS de II vías considerando como factores principales: el estado de la semilla y la época de la montanera: 1c, 2c, 3c, 4c, 5c, 6c, así como las interacciones dobles correspondientes a los factores indicados. Para la comparación de medias se utilizó el test MDS. El nivel de confianza fue del 95 %.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Datos climáticos

En la Tabla 1, se exponen los datos relacionados con las condiciones meteorológicas del año considerado.

Tabla 1. Características meteorológicas de la montanera 01/02. (Frío invernal).

	NV01	DC01	EN02	FB02	MZ02
Nº días de heladas	14	16	10	12	1
t mínima (°C)	-7,5	-8,5	-3,5	-3,5	-1,5
t media de las mínimas (°C)	2,3	-0,9	2,4	1,2	5,3
T media de las máximas (°C)	14,2	9,8	12,2	15,4	17,5
T media (°C)	8,3	4,5	7,3	8,3	11,4

Efectos de las heladas y *Curculio* sp. sobre la composición de la pulpa de bellota.

Composición media de la pulpa de bellota.

En la Tabla 2, se presentan los valores medios obtenidos correspondientes a las variables % de cenizas, % grasa bruta, %proteína bruta, % de fibra bruta y % de humedad de la pulpa de bellota. De las variables analizadas, sólo se obtuvieron diferencias significativas en el contenido de cenizas y del % de grasa entre las bellotas sanas, heladas y atacadas por *Curculio*. El % cenizas, si bien desde el punto de vista estadístico fue significativamente distinto, las diferencias son pequeñas y apenas tienen importancia, ya que todos los valores están entre 1,5 - 2, dentro del intervalo de valores referido en la bibliografía (Cañellas *et al.*, 2003).

Tabla 2. Composición media de la pulpa de bellota en la montanera 2001/02.

	%cenizas	%grasa bruta	%prof. bruta	%fibra bruta	% humedad
Sanas	1,83±0,20 (b)	11,26±2,75 (b)	5,55±0,67	0,87±0,67	36,55±6,88
Heladas	1,53±0,23 (a)	10,62±2,62(b)	5,50±0,74	1,02±0,76	32,09±5,73
<i>Curculio</i>	1,94±0,20 (c)	8,91±2,61 (a)	5,40±0,70	1,04±0,57	39,44±10,24

Valores con diferente letra difieren significativamente ($p < 0,05$), test MSD.

Las semillas atacadas por los gorgojos presentaron un contenido graso significativamente inferior ($F: 5,957$; $P < 0,003$) respecto a las sanas y heladas cuyos valores fueron similares, en éstas, los valores obtenidos están dentro del intervalo referido por Vázquez, (1998) y son superiores a los citados por Cañellas *et al.* (2003).

En el caso de la proteína y fibra, no se detectaron diferencias significativas entre las bellotas sanas, las heladas y las atacadas por *Curculio*. El valor medio de proteína fue de $5,49 \pm 0,71$, inferior al señalado por Cañellas *et al.* (2003) (8,17%) y coincide con los valores de Sánchez *et al.* (1993); San Miguel (1994); Almeida *et al.* (1992), citados por Vázquez, (1998). Cabe destacar los valores tan bajos de fibra obtenidos respecto de los referidos en la bibliografía y su variabilidad. Exceptuando tres encinas con valores superiores 1,2%, el resto presentaron valores inferiores al 1%.

Evolución de la calidad de la pulpa de bellota a lo largo de la montanera.

1. Variaciones del contenido en grasa: sólo se detectaron diferencias significativas entre las atacadas por *Curculio* respecto de las sanas o heladas ($F: 5,95$; $P < 0,003$), sin embargo, no se detectaron diferencias entre las distintas etapas de la montanera (Figura 1).
2. Evolución del % de proteína: se detectaron diferencias significativas ($F: 2,46$; $P < 0,035$) entre el inicio de la montanera y el resto de los controles, (menos en el último control), (Figura 2). Las bellotas caídas hasta el 31 de octubre, presentaron un contenido en proteína inferior en un 11% respecto al máximo valor (5,78%), obtenido a principios de febrero. No se detectaron diferencias entre el contenido en proteína de las sanas, heladas o con *Curculio*, ni hubo interacción significativa entre los factores principales.

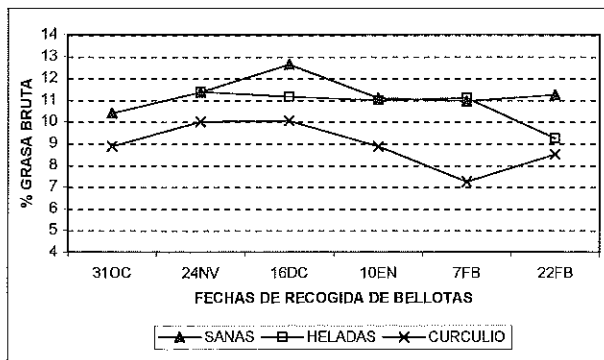


Figura 1. Evolución del % de grasa según el estado de la semilla; sanas, heladas o atacadas por *Curculio sp.* y de la época de la montanera.

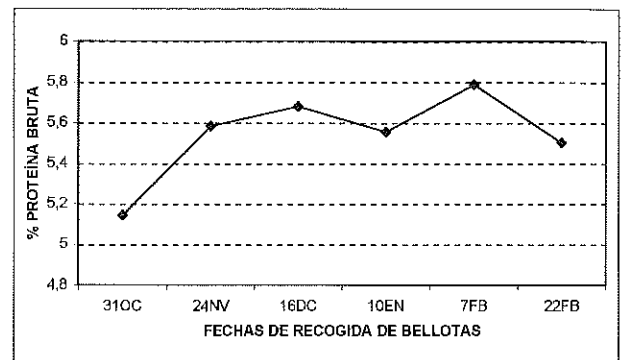


Figura 2. Evolución del % de proteína de la pulpa de bellota a lo largo de la montanera.

3. Evolución del contenido en fibra bruta: en este caso, el análisis previo para comprobar la homogeneidad de la varianza detectó diferencias significativas, a pesar de eliminar los valores extremos no se conseguía resolver este problema, por lo que se utilizó la transformación raíz cuadrada de los datos, no obstante para una mejor interpretación de los resultados, se presentan los valores sin transformar. El ANOVA de II vías no detectó diferencias significativas en ningún caso, el contenido en fibra fue similar en las bellotas sanas, heladas y atacadas por la plaga y los valores fueron similares a lo largo de toda la montanera, (Figura 3).

Efectos de las heladas y Curculio sp. sobre el peso de la pulpa de bellota a lo largo de la montanera

El análisis estadístico de los resultados, no detectó diferencias significativas para la variable peso seco de la pulpa de las bellotas sanas a lo largo de la montanera, obteniéndose como valor medio 2,55 g, y el valor máximo fue 2,88 g, correspondiente al control de noviembre. En los controles correspondientes al inicio de la montanera (31 de octubre), las bellotas no estaban maduras, a juzgar por la coloración verde de la cáscara y por presentar un contenido en agua significativamente más alto que en el resto de los controles, lo que supuso una diferencia de peso de 23,26% respecto de las bellotas maduras, aunque no se detectaron diferencias significativas, posiblemente por la mayor variabilidad del tamaño que presentaban las bellotas del primer control. Un análisis posterior del tamaño de las bellotas, en el que se comparaban el grosor y la longitud a lo largo de la montanera detectó diferencias entre el 1c y el 2c en la longitud, siendo las bellotas del primer control más pequeñas (35,4 mm vs 38,3 mm) que las de noviembre. Posiblemente, para detectar diferencias

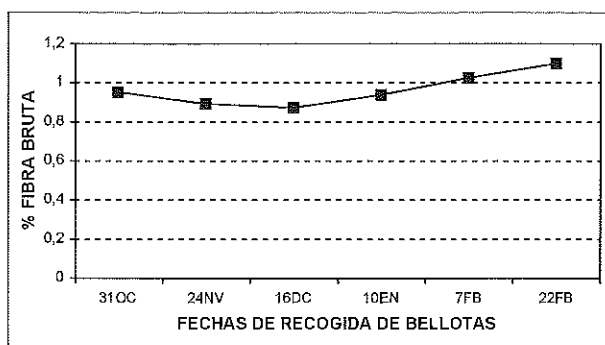


Figura 3. Evolución del % de fibra bruta de la pulpa de bellota a lo largo de la montanera.

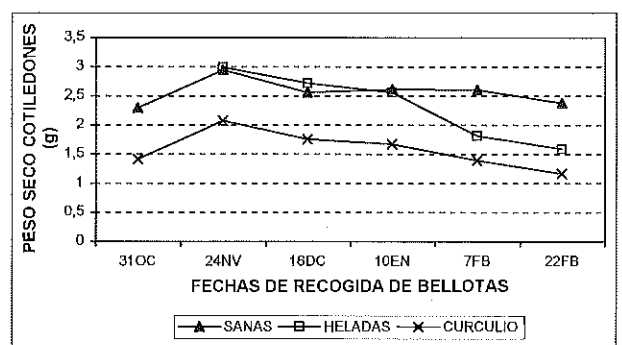


Figura 4. Evolución del peso seco de la pulpa según estado de la semilla; sanas, heladas o atacadas por *Curculio sp.* y de la época de la montanera.

significativas entre el primer y segundo control en cuanto al peso seco, habría que haber considerado más encinas, ya que la variabilidad entre formas y tamaños que presentan las bellotas, pueden haber enmascarado el efecto de la inmadurez sobre el peso. Por ello, a la hora de comparar el efecto de las heladas y los gorgojos a lo largo de la montanera y teniendo en cuenta además, que en el primer control no había bellotas afectadas por las heladas, se sacó del análisis el primer control. El ANOVA de II vías teniendo en cuenta los factores: estado de las bellotas (sanas, heladas y atacadas por gorgojos), la época de la montanera (2c, 3c, 4c, 5c y 6c) y las interacciones entre los dos factores, detectó diferencias significativas para el peso de las bellotas, sanas, heladas y con plaga, así como entre los diferentes controles, no siendo las interacciones significativas. El peso de las sanas (2,61 g) fue superior a de las heladas (2,25 g) y el de éstas fue superior al de las atacadas por *Curculio* (1,59 g). Esto supone una disminución del peso respecto de las sanas en un 13,79 % en el caso de las heladas y del 39,08% en el caso de las atacadas por *Curculio*.

En relación a la evolución del peso en los diferentes controles, los resultados se reflejan en la Figura 4. Se detectaron diferencias ($F: 7,22; P < 0,000$) entre los controles, de manera que las bellotas pertenecientes a noviembre y diciembre, fueron las que presentaron mayor peso, produciéndose una disminución progresiva a lo largo de la montanera, que en el caso de las heladas fue máxima de enero al principio de febrero. El peso de las sanas fue más constante con una disminución de un 19,17% entre mitad y final de la montanera y la reducción de peso que experimentaron las atacadas por *Curculio* fue de 43,95 % y las heladas del 46,1% en el mismo periodo.

Efecto de las heladas

Poca información existe en la bibliografía sobre el efecto de las heladas sobre las bellotas. En Vázquez (1998) se comenta el rechazo que se produce por parte del ganado para consumir estas bellotas y el daño que causan las heladas sobre la capacidad de germinación de las semillas. El análisis de la composición química, en nuestro caso, no ha diferenciado las bellotas heladas respecto de las sanas en cuanto al contenido en grasa, proteína o fibra, pero sí hemos detectado una disminución importante en el peso de los cotiledones a partir de enero, mientras que en noviembre y diciembre el peso es similar al de las bellotas sanas no afectadas por las heladas.

La maduración de las bellotas no está sincronizada, ni dentro del árbol ni de unos árboles a otros, pensamos que el efecto de las heladas sucesivas podría haber afectado a aquellas bellotas más tardías en su maduración cayendo sin alcanzar su peso máximo.

Efecto de los carpófagos (*Curculio* sp.)

De las variables analizadas, la concentración de grasa fue la más afectada por el ataque de los gorgojos, produciendo una reducción del 20,87% respecto al contenido graso de las bellotas sanas. Este es un dato de interés en el cebo del cerdo Ibérico, debido a que la alta concentración de grasa en las bellotas produce una marcada inhibición de la síntesis de ácidos grasos endógenos (mayoritariamente saturados, como el palmítico y el esteárico) durante la etapa final del cebo (López Bote *et al.*, 2000). Teniendo en cuenta que la totalidad de las Denominaciones de Origen de productos del cerdo Ibérico y las instituciones encargadas del control de la calidad penalizan gravemente la concentración tisular de ácidos grasos saturados en el cerdo, se considera a la concentración de grasa (y dentro de ésta a la cantidad de ácido oleico) como uno de los principales parámetros de calidad de las bellotas. Por este motivo se puede concluir que el ataque de gorgojos produce un marcado efecto negativo no solo sobre la calidad nutritiva de las bellotas (menor concentración energética), sino sobre la composición lipídica de los cerdos cebados con ellas, lo que resulta de incuestionable interés comercial.

Además el contenido graso de las semillas tiene importantes implicaciones fisiológicas relacionadas con la germinación y con la capacidad de conservación de las semillas en estado óptimo, por tanto en este sentido el daño de la plaga tiene implicaciones sobre la dispersión de la especie.

En relación con las pérdidas de peso ocasionadas por el consumo de los gorgojos, en nuestro caso fueron del 39,08%, como media a lo largo de la montanera, que coincide con Bonilla *et al.* (2000), algunos autores como Vázquez (1998) han referido pérdidas de hasta el 60% del peso seco, en los encinares de Extremadura.

La mayor o menor incidencia sobre la producción y calidad de la cosecha de bellota vendrá determinados por el nº de árboles afectado por el ataque, así como la incidencia dentro de cada árbol y por la etapa de la montanera en la que nos encontremos.

CONCLUSIONES

Las heladas afectaron negativamente al peso de las semillas, especialmente en el último tercio de la montanera. La calidad: % de grasa, proteína y fibra, no se vio afectada.

Las bellotas atacadas por carpófagos (*Curculio sp.*) presentaron una reducción del peso seco de sus cotiledones del 38,09% y del %graso del 20,9%, respecto de las sanas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- ASSOCIATION OF ANALYTICAL CHEMIST, 1996. Official methods of analysis 15 th ed., Washington, D.C., USA.
- BLIGH, E.G.; DYER, W. J., 1959. A rapid method of total lipid extraction and purification. *Canadian Journal of Biochemistry and Physiology*, **37**, 911-917.
- BONILLA GALÁN, A. A.; ARIAS GIRALDA, A., 2000. Estudio para el seguimiento de la biología y control de la plaga *Curculio sp.*, en encinares extremeños. *Solo Cerdo Ibérico*, **4**, 61-66.
- CAÑELLAS, I.; ROIG, S.; SAN MIGUEL, A., 2003 Caracterización y evolución anual del valor bromatológico de las Quercíneas mediterráneas. En *Pastos, Desarrollo y Conservación*, 455-461. Ed. A.B. ROBLES, M.E. RAMOS, M.C. MORALES, E. DE SIMÓN, J.L. GONZÁLEZ REBOLLAR, J. BOZA. Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía. (España).
- LÓPEZ BOTE, C.; REY, A.I.; ISABEL, B., 2000. Alimentación del cerdo Ibérico en la dehesa. En *El Cerdo Ibérico: Aspectos claves*, 215-245. Ed. C. BUXADÉ CARBÓ, A. DAZA. Mundi Prensa. Madrid (España).
- LÓPEZ-CARRASCO, C.; RODRÍGUEZ, R.; ROBLEDO, J.C., 1999. Efecto de la fertilización fosfórica en la transformación a pastizal de un cultivo forrajero en la Campana de Oropesa, Toledo. *Actas de la XXXIX Reunión Científica de la S.E.E.P.*, 407-412.
- SAN MIGUEL, A., 1994. *La dehesa española. Origen, tipología, características y gestión*. Fundación Conde del Valle de Salazar, 96 pp. Madrid (España).
- VÁZQUEZ, J. M., 1998. Producción de bellotas en Quercus. II .Aportación al conocimiento de sus plagas en el Sur de la Península Ibérica. *Sólo Cerdo Ibérico*, **1**, 67-75.
- VÁZQUEZ, J. M., 1998. *Semillas de Quercus: Biología, Ecología y Manejo*. Junta de Extremadura, 235 pp Mérida (España).

Efecto de la distancia entre líneas sobre la producción de semillas de alfalfa

C. CHOCARRO, J. LLOBET, R. FANLO y J. LLOVERAS

ETSEA. Universitat de Lleida. C/Rovira Roure 177. 25198 Lleida

RESUMEN: El objetivo del trabajo ha sido evaluar la producción de semilla de dos variedades de alfalfa ('Aragón' y 'Ampurdán') en los regadíos de Lleida, así como analizar la influencia de la distancia entre líneas (20, 40 y 60 cm) sobre algunos componentes del rendimiento. Se realizó un diseño de bloques al azar con 4 repeticiones y seis tratamientos (3 distancias x 2 variedades). Se evaluó el número de racimos por tallo, número de frutos por racimo y el número de semillas por fruto, la producción de semilla y el peso de 1000 semillas en función del distancia, variedad y de la interacción variedad * distancia. La distancia entre líneas no influyó en la producción de semilla, sin embargo, se detectaron valores superiores en la variedad 'Ampurdán' (744 kg/ha) respecto a la variedad 'Aragón' (574 kg/ha). En relación al peso de 1000 semillas es la distancia entre líneas de 20 cm la que produce una semilla más pesada que el resto, mientras que no se detecta diferencias entre las dos variedades. La relación racimos/tallo y frutos/racimo marcan las diferencias entre variedades siendo superiores en 'Ampurdán', mientras que el número de semillas/fruto permanece constante tanto en función de la variedad como del tratamiento.

Palabras clave: *Medicago sativa* L., rendimiento, grano.

Effect of row spacing on seed production of lucerne (Medicago Sativa L.)

SUMMARY: The objective of this research was to evaluate the seed yield and yield components of two varieties of alfalfa ('Aragón' and 'Ampurdán') (*Medicago sativa* L.) under three row spacing of 20, 40 and 60 cm. The study was conducted in irrigation conditions in the Ebro Valley (Spain) and the statistical design was a complete randomized block with four replications.

The average seed yield was higher for 'Ampurdán' (744 kg/ha) than for 'Aragón' (574 kg/ha). This yield is a little higher than those reported in the area.

No significant differences in seed yields were observed among row spacing, although the 60cm row space treatment produced higher yields than the other two, and the plots with 40 cm of distance between rows produced more seed than the 20 cm rows.

The average one-thousand seed weight was of 1.519 g, with a tendency for a heavier seeds with wider row distances.

Key words: *Medicago sativa* L., seed yield.

INTRODUCCIÓN

La alfalfa es el cultivo forrajero más extendido en España, con una superficie ocupada de unas 240 000 ha, lo que representa el 22,3% del total de la superficie destinada a forrajes en 1998 y el 79,0% de la destinada a forrajes en regadío (MAPA, 2001).

La importancia del cultivo es todavía mayor en el Valle Medio del Ebro, ya que supone el 50,4% de la superficie total destinada a forrajes en las comunidades que lo integran y el 80% de la superficie regada. En el Valle del Ebro, la alfalfa es un cultivo tradicional que forma parte de las rotaciones de cultivos de la zona y sólo de forma secundaria se utiliza para la producción de semillas. Muchos agricultores aprovechan las parcelas más viejas (de 4-5 años) para producir semilla de uso propio, aprovechando como forraje el primero o los dos primeros cortes antes de dejarlas para la producción de semilla (Palomero, 1984).

La semilla constituye uno de los costes del cultivo de la alfalfa y generalmente, en nuestra zona de estudio, se suele utilizar unas dosis de siembra de entre 25 a 30 kg/ha (Alvaro y Lloveras, 2003). El rendimiento de la producción de semilla es relativamente bajo si se compara con la producción de su biomasa. Según Lorenzetti (1993), la producción potencial de semilla calculada a partir del número de flores y el número de óvulos

es de alrededor de 12 000 kg/ha y sin embargo, la producción real en las mejores condiciones es sólo del orden del 4%. Además, el peso de la semilla por inflorescencia está en función de su posición en el tallo por lo que hay un perfecto control o regulación fisiológica dentro del dosel vegetal (Huyghe *et al.*, 2001).

De acuerdo con Rincker *et al.* (1988), la producción de semilla se ve favorecida en regiones donde hay baja humedad relativa y elevadas o moderadas temperaturas ya que bajo esas condiciones se incrementa el periodo de la actividad polinizadora, desciende la incidencia de enfermedades y se favorecen las condiciones de la recolección.

A pesar de ser la alfalfa el cultivo forrajero por excelencia hay muy pocos estudios de producción de semilla realizados en España y con variedades adaptadas a nuestro clima, entre ellos destacan los estudios llevados a cabo por AIMA (Martinez, 1989-1993) con el fin de mejorar las técnicas utilizadas (época de floración, densidad de siembra, polinización, tratamientos fitosanitarios, etc.). El control sobre la producción de semilla es bastante complejo ya que se trata del producto de una serie de componentes del rendimiento que hay que conocer con exactitud. Para el cultivo de la alfalfa se tiene que conocer el número de frutos por planta, número de semillas por fruto y peso de la semilla. Además, las condiciones ambientales durante el desarrollo de la semilla, su interacción con los insectos polinizadores, las características genéticas y las técnicas agronómicas tienen un efecto considerable sobre la producción de semillas y sobre los componentes del rendimiento ya que pueden modificar la fisiología reproductiva de la planta (Martiniello, 1998; Bolaños *et al.*, 2000).

El objetivo de este trabajo es analizar la influencia de la distancia entre líneas sobre la producción de semilla en dos variedades de alfalfa muy utilizadas por los agricultores de Cataluña.

MATERIAL Y MÉTODOS

Las parcelas de ensayo se encuentran situadas en la localidad de Gimenezells (Lleida) a 254 m de altitud con un clima mediterráneo continental caracterizado por inviernos rigurosos y veranos muy calurosos. La precipitación media anual ronda los 350-400 mm distribuida sobre todo en primavera y otoño.

El experimento se estableció en febrero de 2002 en una parcela de regadío, empleando un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones y parcelas elementales de 7 m x 1,2 m. Se sembraron dos variedades de alfalfa ('Aragón' y 'Ampurdán') con una densidad de 30 kg/ha y una distancia entre líneas de 20, 40 y 60 cm. Tras dos aprovechamientos para forraje (16 de Abril y 20 de Mayo) el cultivo se dejó para la producción de semilla. El 18 Agosto de 2003 se recolectaron 10 tallos al azar de cada una de las distancias y para cada variedad un día antes de la aplicación de Paraquat (empleado como desecante para facilitar la recolección). Estas muestras se utilizaron para obtener algunos de los componentes del rendimiento como: número de racimos/tallo (n=10 tallos), número de frutos/racimo (n=50 racimos) y número de semillas/fruto (n=25 frutos).

Después de una semana de la aplicación del herbicida, cuando el campo estaba totalmente seco, se cosecharon todas las parcelas con una cosechadora de cereal adaptada para la separación de las semillas de alfalfa. Se obtuvieron unas muestras con elevados contenidos de paja, residuos y tierra por lo que se hizo necesario tamizarlas con un tamaño de malla de 1 y 2 mm. Las variables controladas en el momento de la cosecha fueron la producción de semilla y el peso de 1000 semillas para cada variedad y distancia.

La comparación de las diferentes variables estudiadas se llevó a cabo mediante el análisis de la varianza por el procedimiento GLM, posteriormente se realizaron pruebas LSD para aquellos parámetros que resultaron estadísticamente significativos utilizando el paquete estadístico SAS (SAS, 1989).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El número de inflorescencias por unidad de superficie es el factor más importante en la producción potencial de semillas tanto en gramíneas como en leguminosas (Bolaños *et al.*, 2002). Un buen manejo del cultivo supone una optimización de la inducción a la floración, a través de una buena intercepción de la luz a través

del dosel vegetal, por ese motivo es necesario conocer la influencia de la separación entre líneas sobre los distintos componentes del rendimiento (Palomero, 1984).

En la Tabla 1 se representan las medias obtenidas del número de racimos por tallo, número de frutos por racimo y el número de semillas por fruto para cada distancia entre líneas y cada variedad.

Tabla 1. Número medio de racimos/tallo, frutos/racimo, semillas/fruto, en función de la distancia entre líneas (20, 40 y 60 cm) y la variedad ('Aragón' y 'Ampurdán').

Tratamiento		Racimos/Tallo	Frutos/Racimo	Semillas/Fruto
Distancia entre líneas	20 cm	19.5a	4.9a	6.8a
	40 cm	24.3b	5.3a	5.7a
	60 cm	27.7b	5.6a	6.7a
Variedad	Aragón	21.6a	4.8a	6.5a
	Ampurdán	26.0b	5.7b	6.4a

Letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas ($p < 0,05$). Test LSD

La variedad 'Ampurdán' proporciona un mayor número medio de racimos/tallo, y una mejor relación frutos/racimo que Aragón, mientras que no se detectaron diferencias significativas en el número de semillas/fruto. Potencialmente, la variedad 'Ampurdán' puede producir un mayor número de semillas por tallo por lo que habrá que tenerlo en cuenta a la hora de la elección final entre las dos variedades. Hidalgo (1966) en su clasificación de las alfalfas españolas ya pone en evidencia la mejor relación hoja/tallo de la variedad 'Ampurdán' frente 'Aragón'.

Desde el punto de vista de los tratamientos, el número de racimos/tallo se ve influenciado por la distancia entre líneas ya que la de 20 cm muestra una relación menor que los demás. Según Fick *et al.* (1988) el número de racimos/tallo puede verse disminuido bajo condiciones de estrés y en nuestro caso por la competencia por los recursos, entre ellos el espacio.

En la Tabla 2 se presentan los resultados obtenidos en la recolección final, tanto para la producción de semillas en función de la distancia entre líneas y variedad como el peso de 1000 semillas.

Puede observarse que la producción media de semilla varía entre 600 y 750 kg/ha en función de la distancia entre líneas de la siembra, siendo la de 60 cm la que tiende a producir una mayor cantidad (un 22% superior a la distancia de 20 cm y 18% con respecto a la de 40 'cm). Sin embargo, no se detectaron diferencias significativas debido a la variabilidad entre repeticiones. Dichos resultados son algo más elevados que los obtenidos en los ensayos del AIMA para la variedad 'Aragón'.

La mayor separación entre líneas de siembra hace que las plantas estén más abiertas, erectas y con un mejor acceso a las flores aumentando su éxito en la polinización, mayor penetración de la luz dentro del cultivo, etc., favoreciendo la producción de semillas (Marhle, 1997).

Tabla 2. Valores medios de la producción de semilla y el peso de 1000 semillas en función de la variedad ('Aragón' y 'Ampurdán') y tratamiento (20, 40 y 60 cm)

Tratamiento		Producción de semillas (kg/ha)	Peso de 1000 semillas (g)
Distancia entre líneas	20 cm	607 a	1.678 a
	40 cm	627 a	1.406 b
	60 cm	743 a	1.474 ab
Variedad	Aragón	574 a	1.526 a
	Ampurdán	744 b	1.512 a

Letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas ($p < 0,05$). Test LSD

Al comparar las dos variedades estudiadas se han detectado diferencias significativas, siendo 'Ampurdán' con 744 kg/ha más productiva que 'Aragón' (573 kg/ha). Los valores obtenidos en nuestro caso son algo superiores a las producciones medias de los agricultores del Valle del Ebro que están entre 450-600 kg/ha (Alvaro y Lloveras, 2003). Este hecho puede ser debido a que las parcelas de ensayo suelen ser pequeñas, de fácil manejo y fueron regadas hasta fechas más tardías, por lo que el periodo de crecimiento puede ser algo superior al habitual.

Respecto al peso de 1000 semillas (Tabla 2) se puede observar que oscila entre 1,68 g (con una distancia entre líneas de 20 cm) y 1,41g (distancia de 40cm). En todos los casos estudiados podemos considerar que es un peso inferior al peso normal de las semillas de alfalfa que suele ser alrededor de 2 g/1000 semillas (Iannucci *et al.*, 2002). Este efecto puede ser originado por la gran dificultad a la hora de limpiar completamente la semilla, de manera que en el momento de contar 1000 semillas con el contador electrónico y posteriormente pesarlas, es posible que se estuviera contando también semillas pequeñas, no comerciales, lo que reducirá el peso medio. De todas maneras, el error que se ha podido cometer sería similar en todos los casos por lo que las diferencias observadas entre tratamientos y variedades seguirían existiendo.

El peso de 1000 semillas está indicando unas diferencias significativas entre el tratamiento de 20 y 40 cm y es la separación entre líneas de 20 cm la que produce unas semillas más pesadas (1,68 g/1000 semillas). Sin embargo, no se detectan diferencias entre variedades, por lo que las variaciones observadas en la producción de semillas (kg/ha) son debidas a la mayor cantidad de racimos/frutos, frutos/racimo de la variedad 'Ampurdán' en comparación con 'Aragón'.

CONCLUSIONES

La variedad 'Ampurdán' produce en la zona de estudio un 30% más de semilla que la variedad 'Aragón', mientras que el peso de 1000 semillas es semejante en ambas variedades.

La separación entre líneas no ha demostrado ser decisiva en la producción de semillas ya que no existen diferencias significativas, sin embargo hay tendencia a una mayor producción en aquellas parcelas que presentan una separación entre líneas de 60 cm (un 22% más que la de 20 cm)

Se produce un claro descenso de la relación racimos/tallo cuando se siembra a 20 cm que parece indicar una clara competencia por los recursos. A su vez la variedad 'Ampurdán' presenta un potencial productivo más elevado ya que se muestra superior tanto en la relación racimos/tallo como en frutos/racimo.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo forma parte del proyecto RTA02-087-C2-2 "Optimización de la producción y calidad de la alfalfa" (INIA).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVARO, J.; LLOVERAS, J., 2003. *Estudio sobre la Metodología de la producción de alfalfa en España. Informe final*. Ed. Asociación Interprofesional de Forrajes Españoles (AIFE). 110 pp. Lleida (España)
- BOLAÑOS-AGUILAR, E. D.; HUYGHE, C.; ECALLE, C.; HACQUET, J.; JULIER, B., 2000. Genetic variation for seed yield and its components in alfalfa (*Medicago sativa* L.) populations. *Agronomie* **20**, 333-345.
- BOLAÑOS-AGUILAR, E. D.; HUYGHE, C.; ECALLE, C.; HACQUET, J.; JULIER, B., 2002. Effect of Cultivar and Environment on Seed Yield in Alfalfa. *Crop Sci.*, **42**, 45-50.
- FICK, G. W.; HOLT, D. A.; LUGG, D. G., 1988. Environmental physiology and Crop Growth. En *Alfalfa and Alfalfa Improvement*. 163-194. Ed. A.A. HANSON, D.K. BARNES, R.R. HILL. Americal Society of Agronomy Inc. Madison Wisconsin. (USA)
- HIDALGO, F., 1966. *Clasificación de las alfalfas españolas*. Ed. Asociación interprofesional para la mejora de la Alfalfa. (AIMA). Zaragoza (España)

- HUYGHE, C.; JULIER, B.; BOLAÑOS-AGUILAR, E.D.; ECALLE, C., 2001. 3D distribution of seed yield in alfalfa seed canopy. En *Quality in lucerne and medics for animal production = Qualité de la luzerne et des medics pour la production animal*. 37-40. Ed I. DELGADO, J. LLOVERAS. Ed.CIHEAM-IAMZ. Zaragoza (Spain)
- IANNUCCI, A.; DI FONZO, N.; MARTINIELLO, P., 2002. Alfalfa (*Medicago sativa* L.) seed yield and quality under different forage management systems and irrigation treatments in a Mediterranean environment. *Field Crops Research* **78**:65-74
- LORENZETTI, F., 1993. Achieving potential herbage seed yields in species of temperate regions. *Proceedings of the XVII International Grassland Congress*, 1621-1628. Palmerston North, (New Zealand).
- M.A.P.A., 2001. *Anuario de estadística Agroalimentaria*. Ed. Ministerio Agricultura, pesca y Alimentación. Madrid. (España).
- MARBLE, V.L., 1997. Lucerne seed production and research in the United States of America. En *Seed production of lucerne*. 153-163. Mendel University of Agriculture and Forestry in Brno (Czech Republic).
- MARTINIELLO, P., 1998. Influence of agronomic factors on the relationship between forage production and seed yield in perennial forage grasses and legumes in a Mediterranean environment. *Agronomie* **18**, 591-601.
- MARTINEZ, A., 1989-1993. Informe de trabajos realizados por el AIMA en proyectos de investigación y desarrollo tecnológico. Asociación de Investigación para la mejora de la Alfalfa (AIMA). Zaragoza. (trabajos no publicados).
- PALOMERO, J.L., 1984. Producción de semilla. En *Cultivo de la alfalfa en los regadíos del Duero y Ebro*. 113-123. Ed. Ministerio Agricultura, Pesca y Alimentación. Pub. Extensión Agraria. Madrid.
- RINCKER, C.M.; MARBLE, V.L.; BROWN, D.E.; JOHANSEN, C.A., 1988. Seed production practices. En *Alfalfa Science and Technology*. 985-1012. Eds Hanson, C.H. Agronomy 29. ASA, CSSA, SSSA Publishers, Madison, WI, USA.
- SAS (Statistical Analysis System), 1988. *SAS/STAT user's guide. Version. 6.03*. SAS Ins. Cary Editions, NC. (USA).

Determinación de la curva de crecimiento de la alfalfa

I. DELGADO, F. MUÑOZ y M. JOY

Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón. Apartado 727, 50080 Zaragoza

RESUMEN: Se determinó la curva de crecimiento diario de la alfalfa en regadío y secano, en el valle medio del Ebro, durante 2003. El periodo productivo de la alfalfa tuvo lugar entre primeros de marzo y finales de octubre. En regadío, el máximo crecimiento fue de 90,2 kg de materia seca ha⁻¹ día⁻¹ en la segunda semana de junio. En secano, hubo dos máximos de crecimiento, 42,3 kg ha⁻¹ día⁻¹ en la segunda semana de abril y 15,3 kg ha⁻¹ día⁻¹ en la segunda semana de octubre, con una parada vegetativa entre julio y septiembre.

Palabras clave: *Medicago sativa* L., materia seca, proteína bruta, regadío, secano.

Description of seasonal distribution of lucerne growth

SUMMARY: Seasonal distribution of the lucerne growth was carried out in irrigated and dry land conditions in the Ebro valley (Spain) during 2003. The growing period initiated by the beginning of March and concluded by the end October. In irrigated conditions, the highest yield, 90.2 kg of dry matter ha⁻¹ day⁻¹ was obtained at the second week of June, whereas in dry land conditions, there were two weeks of maximum growth, 42.3 kg ha⁻¹ day⁻¹ at the second week of April and 15.3 kg ha⁻¹ day⁻¹ at the second week of October, with no growth between July and September.

Key words: *Medicago sativa* L., dry matter, crude protein, irrigated land, dry land.

INTRODUCCIÓN

La alfalfa (*Medicago sativa* L.) es uno de los principales cultivos forrajeros en España, con 186 146 ha cultivadas en regadío y 70 705 ha en secano (M.A.P.A., 2001). Su principal aprovechamiento es como forraje, conservado en forma de heno o deshidratado. Es, además, una de las especies más adecuadas para constituir praderas para la alimentación del ganado por su elevada producción de materia seca, alto valor nutritivo, economía del cultivo y, en el caso de los secanos, tolerancia a la sequía (Delgado, 1984a; Delgado *et al.*, 1992). Su aprovechamiento en pastoreo directo puede, no obstante, presentar problemas sanitarios para el ganado y de persistencia para el cultivo si no se mantienen algunas precauciones, entre las que destaca el llevar a cabo un aprovechamiento rotacional cuando al menos el 10% de los tallos están floridos, estado en el cual, si se aprovecha la parte aérea, las reservas nutritivas de la planta en la raíz y corona son suficientes para iniciar un nuevo rebrote del cultivo sin pérdida de su persistencia y el binomio producción de materia seca-calidad es óptimo (Demarly, 1957; Sheaffer *et al.*, 1988).

Cuando se pastan praderas, en las que la alfalfa es la principal o única especie, es preciso conocer la distribución de la producción a lo largo del año con el fin de establecer la carga de ganado que puede soportar la pradera y la superficie a dar en pastoreo en cada periodo de aprovechamiento de la rotación, para lo cual, el presente trabajo pretende determinar la curva de crecimiento diario del alfalfar, en condiciones de regadío y de secano.

MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se realizó en Zaragoza y Zuera (Zaragoza), en condiciones de regadío y secano respectivamente, durante 2003. Se establecieron tres ensayos, dos en regadío en alfalfares cv 'Aragón' de primero y quinto año, sembrados a la dosis de 25 kg de semilla ha⁻¹ el 16/11/98 y el 18/9/02, y uno en secano, en un alfalfar cv 'Aragón' de undécimo año, sembrado a la dosis de 15 kg ha⁻¹ el 6/11/92.

La temperatura media anual en los ensayos de regadío fue de 15,4 °C, las temperaturas extremas absolutas de mínima y máxima, -6 °C y 39 °C, y la precipitación anual de 459,9 mm. En secano, las temperaturas fueron 14,5 °C, -8 °C y 38 °C, respectivamente, y la precipitación 470,3 mm. Los suelos eran de textura franca

en regadío primer año, franco-arcillo-limosa en regadío quinto año y franco-limosa en seco, pHs próximos a 8,2 y fertilidad media.

El experimento consistió en evaluar el crecimiento diario del alfalfar, según el método de Corral y Fenlon (1978). Dicho método, desarrollado en gramíneas, establece la curva de crecimiento diario practicando cuatro evaluaciones de materia seca (MS) con una periodicidad semanal, por lo que se precisan cuatro parcelas del mismo cultivo que se siegan rotacionalmente cada 28 días. Corral y Fenlon (1978) asumen que el crecimiento diario correspondiente a la semana t es el que expresa la fórmula $(A_1Y_t + A_2Y_{t+1} + A_3Y_{t+2} + A_4Y_{t+3})/28$, donde Y_t , Y_{t+1} , Y_{t+2} e Y_{t+3} son la producción de forraje al final de las semanas t , $t+1$, $t+2$ y $t+3$, y $A_1 = A_2 = A_3 = A_4 = 1/4$ si se asume que el ritmo de crecimiento del cultivo es lineal o $A_1 = 7/16$, $A_2 = 5/16$, $A_3 = 3/16$ y $A_4 = 1/16$ si es una aproximación cuadrática simple.

La alfalfa requiere, para mantener su persistencia, que las siegas se realicen cuando las plantas presenten al menos el 10% de los tallos floridos. Este ritmo de cortes tiene una periodicidad mensual en el valle del Ebro, por lo que se ajusta al método desarrollado por Corral y Fenlon, salvo en el primer y último ciclo de crecimiento, en los que su duración es mayor de cuatro semanas y la alfalfa, además, no florece. Para determinar el crecimiento del primer y último ciclo se partió, inicialmente, de siete parcelas por ciclo en regadío y de cinco en seco, con el fin disponer de un número suficiente de evaluaciones semanales para abarcar dichos ciclos. En los ciclos intermedios, las parcelas excedentes se agruparon en función de la similitud de sus estados vegetativos para disponer únicamente las cuatro evaluaciones semanales por ciclo requeridas para realizar una curva de crecimiento.

Se marcaron 21 parcelas de 10 m² (2x5 m) en cada uno de los ensayos de regadío, distribuidas en tres bloques de siete parcelas, y 20 parcelas de 4 m² (2x2 m) en seco, distribuidas en cuatro bloques de cinco parcelas. Cada bloque se consideró una repetición. La siega de la primera parcela se inició el 9 de abril en regadío y el 1 de abril en seco, concluyéndose los cortes el 19 de noviembre en regadío y el 12 de diciembre en seco.

La estimación de la producción de MS se realizó mediante la siega de dos cuadros de 0,5 m² parcela⁻¹ que se secaron a 60 °C en estufa de ventilación forzada hasta peso seco constante. Seguidamente las muestras se molieron y se determinó su contenido en proteína bruta (PB) por el método de Kjeldahl (A.O.A.C., 1990).

El análisis estadístico para comparar la producción semanal de MS se realizó mediante el paquete estadístico ANOVA (SAS, 1999), considerando la fecha de corte como tratamiento. La comparación de medias se efectuó mediante el test LSD de la mínima diferencia significativa.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La producción de forraje y el estado vegetativo de los alfalfares, en los diferentes cortes que se realizaron, se presentan en la Tabla 1. El contenido en PB se evaluó en el alfalfar de primer año (Tabla 1).

Se realizaron a lo largo del año siete cortes por parcela en regadío y cinco en seco, correspondiendo cada corte a un ciclo de crecimiento. Las siete parcelas utilizadas para evaluar el primer ciclo de crecimiento en regadío y las cinco de seco se agruparon, en los siguientes ciclos, en cuatro por la similitud en el estado vegetativo quedando en regadío como sigue: 1-2, 3-4, 5-6 y 7, en los cinco primeros ciclos, y 1-2, 3, 4-5-6 y 7, en los ciclos sexto y séptimo; en seco, la agrupación fue 1, 2, 3 y 4-5. El análisis estadístico de las producciones de forraje no mostró diferencias significativas ($P > 0,05$) entre las parcelas agrupadas, por lo que los valores correspondientes se promediaron. Con los resultados obtenidos se realizaron las curvas de crecimiento diario que se presentan en la Figura 1, según las fórmulas descritas por Corral y Fenlon (1978). Debido a que la duración del intervalo de cuatro cortes superó los 28 días en los ciclos primero, sexto y séptimo, la cifra del denominador se ajustó a la duración del intervalo.

El periodo productivo de la alfalfa tuvo lugar entre primeros de marzo y finales de octubre. En regadío, el máximo crecimiento de 90,2 kg de MS ha⁻¹ día⁻¹ se alcanzó en la segunda semana de junio. En seco, hubo dos máximos de crecimiento, 42,3 kg ha⁻¹ día⁻¹ en la segunda semana de abril y 15,3 kg ha⁻¹ día⁻¹ en la segunda semana de octubre, con una parada vegetativa entre los meses de julio y septiembre (Figura 1).

Tabla 1. Producción de materia seca (MS), contenido de proteína bruta (PB) y estado fenológico de los cortes realizados para establecer la curva de crecimiento diario de la alfalfa en regadío y secano, en Zaragoza y Zuera (Zaragoza), respectivamente.

Corte	Fecha	Regadío 1 ^{er} año			Regadío 5 ^o año			Secano 11 ^o año		
		E. vegetativo	Kg MS/ha	% PB	Kg MS/ha	Corte	Fecha	E. vegetativo	Kg MS/ha	
1	9/4	NR 0 cm	1347	22,4	1152	1	1/4	NR 0 cm	1675	
1	16/4	NR 1,5 cm	1322	22,2	1352	1	9/4	NR 1 cm	1859	
1	24/4	NR 3,5 cm	1255	20,5	1278	1	16/4	NR 2 cm	1608	
1	30/4	NR 5 cm	1248	20,2	1635	1	24/4	NR 3,5 cm	1390	
1	9/5	IBA	1437	18,4	1677	1	2/5	NR 5 cm	1420	
1	14/5	BA	1461	17,7	1915	2	7/5	Veg.	1130	
1	21/5	1% fl.	1423	16,0	2035	2	15/5	IBA	1265	
2	28/5	10%	1835	17,1	2545	2	22/5	2% fl.	1083	
2	4/6	10%	2035	19,2	2397	2	28/5	5%	1071	
2	11/6	25%	2276	18,3	2077	2	4/6	5%	990	
2	18/6	10%	2710	19,9	2264	3	12/6	10%	633	
3	25/6	10%	2397	18,5	2381	3	20/6	10%	457	
3	3/7	10%	2298	18,8	2829	3	27/6	50%	137	
3	8/7	10%	2255	17,1	2057	3	2/7	Veg.	0	
3	16/7	10%	1923	20,5	1810	3	9/7	Veg.	0	
4	22/7	10%	2023	21,4	1615	4	9/10	Veg.	493	
4	30/7	20%	2154	18,8	1113	4	17/10	Veg.	635	
4	6/8	10%	1980	19,2	1228	4	23/10	Veg.	483	
4	14/8	10%	2053	20,2	1996	4	29/10	Veg.	588	
5	20/8	10%	1849	20,5	1368	4	5/11	Veg.	610	
5	26/8	5%	1735	23,1	1337	5	12/11	Veg.	160	
5	4/9	2%	1545	23,6	1462	5	19/11	Veg.	138	
5	10/9	BA	1448	23,6	1244	5	26/11	Veg.	118	
6	17/9	Veg.	1584	24,2	1697	5	2/12	Veg.	143	
6	25/9	Veg.	1370	24,5	1810	5	12/12	Veg.	109	
6	1/10	Veg.	1259	23,4	1334					
6	9/10	Veg.	1601	22,0	1707					
6	17/10	Veg.	914	21,7	1118					
7	22/10	Veg.	799	23,4	1042					
7	29/10	Veg.	531	26,6	867					
7	5/11	Veg.	568	26,1	904					
7	12/11	Veg.	233	30,4	328					
7	19/11	Veg.	43	29,5	53					
Signif.			***		***				***	
LSD			338,4		211,9				234,6	

MDS = Mínima diferencia significativa ($P < 0,05$); *** = $P < 0,001$; NR = Nuevo rebrote; IBA = Aparición de botón azul; BA = Botón azul; Veg = Vegetativo.

Las máximas producciones anuales ($P < 0,05$) se alcanzaron cuando los cortes se efectuaron al inicio de cada ciclo, siendo la producción total en dichas parcelas de 11 325 kg de MS ha⁻¹ en el alfalfar de regadío de 1^{er} año, 11 671 kg de MS ha⁻¹ en el de 5^o año y 4637 kg de MS ha⁻¹ en el de secano. En el regadío hubo una pequeña caída de la producción entre el 15 de julio y el 15 de agosto que podría ser atribuida a un déficit de agua causado por problemas en el riego o a temperaturas demasiado altas para el cultivo con máximas de hasta 39 °C. En secano, el crecimiento del alfalfar estuvo muy condicionado por el régimen de precipitaciones, por lo que dicha curva puede cambiar según la pluviosidad de cada año.

Ambos ajustes, lineal y cuadrático, mostraron una evolución parecida. Resultados similares fueron obtenidos por Corral y Fenlon (1978) con gramíneas, por lo que los citados autores sugirieron utilizar en lo sucesivo el modelo lineal de representación del crecimiento por ser el más sencillo. La curva representada en la Figura 1 sigue el mismo trazado que la obtenida en otros trabajos realizados con producciones de cortes realizados al final de cada ciclo (Delgado, 1984b; Talamucci y Chaulet, 1989).

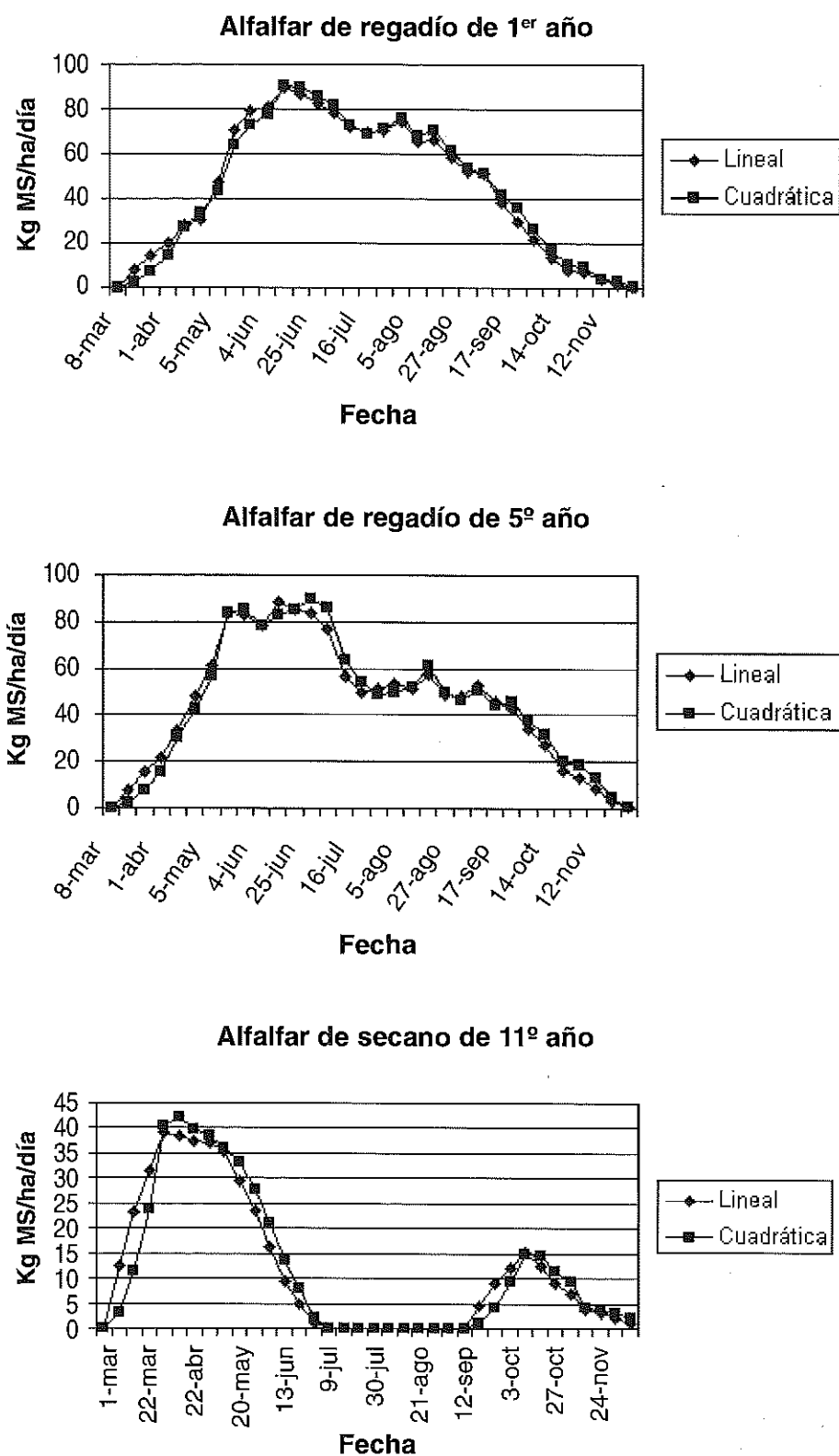


Figura 1. Curvas de crecimiento de la alfalfa cv 'Aragón' en regadío, Zaragoza, y en secano, Zuera (Zaragoza), en diferentes años.

Los resultados alcanzados en este estudio muestran que el método de Corral y Fenlon (1978) puede ser adecuado para determinar la curva de crecimiento diario de la alfalfa, mediante el establecimiento de cuatro parcelas por ciclo de crecimiento, aunque los intervalos entre cortes de parcelas deberían ampliarse a 10 días en el primer ciclo y a nueve días en los ciclos sexto y séptimo.

El contenido en PB de los diferentes cortes realizados en el alfalfar de primer año se muestran en la Tabla 1. Dado que se detectaron diferencias significativas ($P > 0,05$) entre los efectuados en el primer ciclo a las parcelas 1 y 2, 3 y 4, y 5 y 6, ni entre los cortes efectuados en los ciclos sexto y séptimo a las parcelas 1 y 2, 4, 5 y 6, se promediaron dichos contenidos (Figura 2).

Como se puede apreciar en la Figura 2, el contenido en PB tuvo un descenso significativo ($P < 0,05$) a lo largo del primer ciclo, desde 22,37 % a 15,97 %, aunque el alfalfar permaneció sin florecer durante dicho ciclo, lo que se atribuyó al envejecimiento de las plantas.

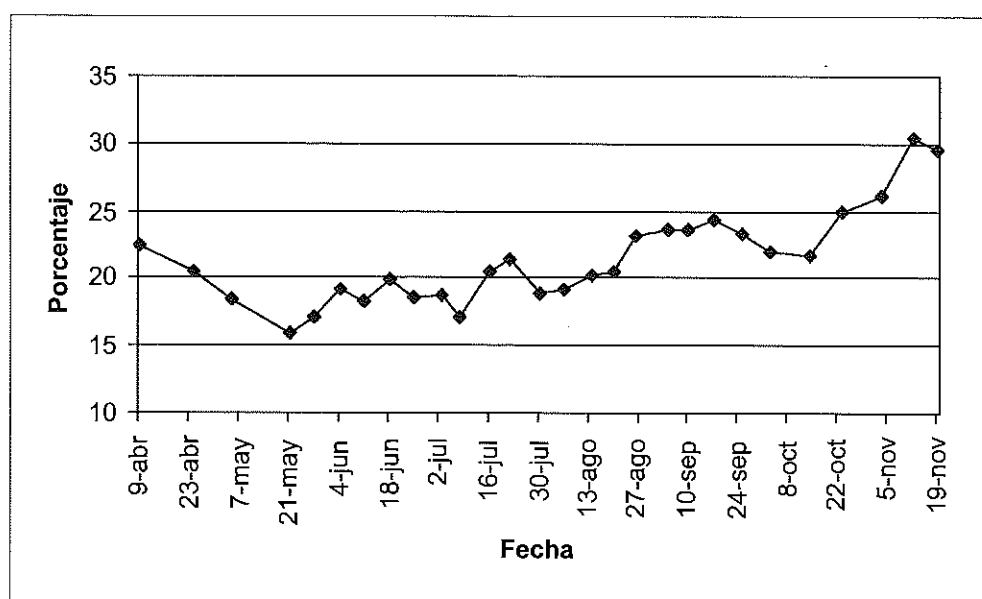


Figura 2. Evolución del contenido en proteína bruta de las diferentes evaluaciones efectuadas en un alfalfar cv 'Aragón' de primer año en regadío, Zaragoza.

En los ciclos segundo, tercero y cuarto, el contenido en PB se mantuvo estable con valores medios de 19,09 % \pm 1,285 %. Aquel comenzó a incrementarse a finales de agosto hasta la detención del crecimiento del alfalfar a primeros de noviembre, desde el 23,17 % hasta alcanzar el 30,43 %. La evolución del contenido en PB tuvo un comportamiento similar al apreciado en otros estudios (Andueza *et al.*, 2001).

Los resultados obtenidos permiten establecer la rotación del pastoreo de un alfalfar. La pradera debería distribuirse en cinco parcelas, una en pastoreo y cuatro en reposo, asumiendo que el cultivo debe permanecer sin pastorear al menos cuatro semanas para permitir la recuperación del alfalfar y que el ganado permanece pastando una semana en cada parcela. En regadío, el pastoreo se iniciaría hacia el 20 de abril y concluiría en los primeros días de septiembre, completando cinco rotaciones para el aprovechamiento del pasto. El rebrote presente a partir de la segunda semana de septiembre debería aprovecharse fuera de la rotación, como complementación de otros recursos. En seco, la irregularidad de las lluvias aconseja realizar únicamente dos rotaciones de aprovechamiento en primavera, con la frecuencia ya establecida para el regadío. En octubre, se podría realizar otro ciclo de aprovechamiento, pero reduciendo la carga ganadera a la mitad.

CONCLUSIONES

El periodo productivo de la alfalfa tuvo lugar entre primeros de marzo y finales de octubre. En regadío, el máximo crecimiento fue de 90,2 kg de MS seca ha⁻¹ día⁻¹ en la segunda semana de junio. En seco, hubo dos máximos de crecimiento, 42,3 kg ha⁻¹ día⁻¹ en la segunda semana de abril y 15,3 kg ha⁻¹ día⁻¹ en la segunda semana de octubre, con una parada vegetativa en los meses de julio a septiembre.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio ha sido financiado por el proyecto INIA RTA03-031.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDUEZA, D.; MUÑOZ, F.; MAISTERRA, A.; DELGADO, I., 2001. Forage yield and crude protein content of lucerne cultivars established in the Ebro Middle Valley. Preliminar results. *Options Méditerranéennes*. Serie A: Séminaires Méditerranéens, **45**, 73-76.
- A.O.A.C., 1990. *Official Methods of Analysis of the Association of Official Agricultural Chemists*. Arlington, USA.
- CORRALL, A.J.; FENLON, J.S., 1978. A comparative method for describing the seasonal distribution of production from grasses. *J. Agric. Sci. Camb.*, **91**, 61-67.
- DELGADO, I., 1984a. Productividad de las principales especies forrajeras plurianuales en los secanos semiáridos (450-600 mm de pluviometría anual) de Aragón. *Pastos*, **XIV(1)**, 47-65.
- DELGADO, I., 1984b. La alfalfa en pastoreo. En *Cultivo de la alfalfa en los regadíos del Duero y Ebro*, 157-172. Ed. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid. 223pp.
- DELGADO, I.; RAMÓN, J.; VALDERRÁBANO, J., 1992. Efecto del pastoreo directo sobre un cultivo de alfalfa. *Investigación Agraria: Producción y Sanidad Animales*, **7(1)**, 71-80.
- DEMARLY, Y., 1957. Biologie et exploitation de la luzerne. *An. Amél. Plantes*, **3**, 247-272.
- M.A.P.A., 2001. *Anuario de estadística agroalimentaria*. Ed. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid.
- SAS, 1999. *SAS user's guide : Statistics version 6.12*. SAS Institute Inc., Cary, N.C. USA.
- SHEAFFER, C.C.; LACEFIELD, G.D.; MARBLE, V.L., 1988. Cutting schedules and stands. En *Alfalfa and alfalfa improvement*, 411-437, HANSON, A.A. (Ed). Agronomy, 29 (series), American Society of Agronomy, Inc. Madison, Wisconsin, USA.
- TALAMUCCI P; CHAULET, C., 1989. Contraintes et évolution des ressources fourragères dans le Bassin Méditerranéen. *XVI International Grassland Congress*. Nice, France, 1731-1739.

Efectos del pastoreo invernal sobre las malas hierbas de alfalfares de regadío en el Valle del Ebro

R. FANLO, M. FRANCÉS, C. CHOCARRO y J. LLOVERAS

Centro UdL – IRTA. Rovira Roure 191. E – 25198 Lleida

RESUMEN: Durante tres años consecutivos (1999 a 2001), se ha evaluado el contenido de malas hierbas en campos de alfalfa como respuesta a un pastoreo en invierno en el municipio de Gimenezells (Lleida, Valle del Ebro). De las 19 especies de adventicias encontradas, sólo se ha estudiado el efecto del pastoreo en aquellas que presentaban una abundancia superior al 0,5 % (10 especies). Los resultados obtenidos sugieren que el pastoreo invernal puede controlar, al menos, las poblaciones de algunas malas hierbas (*Fumaria officinalis*, *Lamium amplexicaule*, *Poa annua*, *Stellaria media*, *Taraxacum officinale* y *Veronica arvensis*), y puede resultar una alternativa hacia un cultivo con menos consumo de fitosanitarios.

Palabras clave: Control malas hierbas, *Medicago sativa*, pastoreo.

Winter grazing effects in alfalfa irrigated crops weeds from the Ebro Valley

SUMMARY: A 3-year experiment compared the effects of sheep winter grazing for weed control in irrigated alfalfa in the Ebro Valley (Spain). Only 10 species of weeds over 19 were studied, the ones whose abundance was higher than 0.5 %. The results suggest that alfalfa could be grazed in winter and the winter grazing could control some weeds such as: *Fumaria officinalis*, *Lamium amplexicaule*, *Poa annua*, *Stellaria media*, *Taraxacum officinale* and *Veronica arvensis*. This type of management can be an alternative for weed control method in alfalfa.

Key words: weed Control, *Medicago sativa*, grazing.

INTRODUCCIÓN

Los cultivos de alfalfa en el Valle del Ebro son utilizados, principalmente, para la producción de heno y por la industria de deshidratación. El aprovechamiento mediante pastoreo, sobre todo durante el final de otoño y comienzos del invierno, no es una práctica muy frecuente en la actualidad (Álvarez y Lloveras, 2003). Este tipo de manejo ha sufrido continuas controversias sobre sus beneficios y sus posibles efectos negativos: meteorismo en los animales en pastoreo, entrada de patógenos por las heridas de las coronas, reducción en la producción de la primavera siguiente, compactación del suelo y aumento de las malas hierbas (Pelton *et al.*, 1988).

En la actualidad, y en Lleida, hay 14 industrias dedicadas a la deshidratación de alfalfa (Ollé, 2002) que procesan más de 1 600 000 toneladas. Estas industrias suelen pagar a los agricultores en función de la calidad del forraje, por lo que éste debe contener el mínimo posible de malas hierbas; que sólo aportan biomasa pero no calidad. Por otro lado, el crecimiento de la alfalfa, que se produce entre octubre y las primeras heladas de diciembre es bajo debido a su entrada en latencia, y puede no ser económicamente rentable su siega. Aquí es donde radica el posible interés del pastoreo invernal, ya que permite la alimentación del ganado durante un cierto tiempo (fundamentalmente ovejas), limpia de malas hierbas y restos secos los campos y contribuye a una mejora de la calidad del primer aprovechamiento de la primavera siguiente (Chocarro *et al.*, 2001). Tampoco se ha de olvidar el beneficio económico que reporta al propietario del campo el alquiler del mismo para el pastoreo.

Desde el punto de vista mecánico, el animal defolia la alfalfa, al mismo tiempo que ingiere las malas hierbas, siempre y cuando estas sean palatables, y huevos y larvas de algunos insectos. El objetivo de este trabajo fue comprobar qué especies de malas hierbas resultaban más afectadas por el pastoreo invernal, y cuáles podrían ser las estrategias de aquellas que escapan a esta acción.

MATERIAL Y MÉTODOS

El ensayo se llevó a cabo en tres campos de experimentación que el Centro UdL-IRTA posee en la localidad de Gimenezells (41°39' N; 0°51' E) a 254 m de altitud. El clima corresponde, según la clasificación agroclimática de Papadakis, a un invierno "cebada fresco" y un verano "algodón menos cálido", que permite el cultivo de la alfalfa bajo condiciones de regadío. El primer corte se suele dar a mediados de abril y el resto, de cuatro a cinco, durante el verano. A finales de septiembre el crecimiento se ralentiza, por la disminución de temperatura y horas de luz, pudiéndose producir heladas desde mediados de diciembre. Es en estas fechas cuando se suelen pastar los alfalfares.

Los campos utilizados en el ensayo se dividieron, mediante jaulas de exclusión de 5 x 5 m, en dos zonas: pastada y no pastada. Durante tres años consecutivos (1999, 2000 y 2001), se realizó un primer muestreo en el mes de enero, mediante la metodología del point quadrat (Brodie, 1985), para el cálculo de la abundancia de las especies presentes antes de la entrada de los animales. Posteriormente, en febrero y marzo, se volvió a muestrear en las zonas pastas y no pastadas de los tres campos.

En todos los muestreos se realizaron cuatro transectos de cinco metros en cada una de las zonas pastadas y no pastadas de cada campo. Esto hace un total de 12 transectos de cada tipo en cada muestreo. La secuencia de contactos utilizada fue de 20 cm, dando un total de 25 puntos/transecto.

Los datos obtenidos se analizaron mediante un análisis de varianza con el programa estadístico SAS (SAS, 1988), utilizando el test de Duncan para la comparación de las diferencias entre medias. El modelo estadístico fue un diseño al azar con cuatro repeticiones por campo. Las variables dependientes sobre las que se analiza el efecto de los diferentes factores (año, muestreo, campo y tratamiento) son la abundancia de las siguientes malas hierbas: *Capsella bursa-pastoris*, *Cerastium glomeratum*, *Festuca pratensis*, *Fumaria officinalis*, *Lamium amplexicaule*, *Poa annua*, *Rumex obtusifolius*, *Stellaria media*, *Taraxacum officinale* y *Veronica hederifolia*. Antes de realizar el análisis de varianza, se comprobó la normalidad de los datos mediante el contraste de normalidad de Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilk. Debido a la ausencia de esta normalidad, previamente, se hizo una transformación logarítmica de los datos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El número de especies de malas hierbas encontradas a lo largo de los tres años de muestreo fue reducido. Esto puede deberse a que estos campos han estado sometidos a un sistema de rotación de cultivos, y en algunos de ellos se habían aplicado herbicidas con antelación. De un total de 19 especies diferentes encontradas (*Amaranthus sp.*, *Bromus diandrus*, *Capsella bursa-pastoris*, *Cerastium glomeratum*, *Conyza bonariensis*, *Festuca pratensis*, *Fumaria officinalis*, *Lactuca sp.*, *Lamium amplexicaule*, *Lolium rigidum*, *Picris echinoides*, *Poa annua*, *Rumex obtusifolius*, *Setaria viridis*, *Sonchus oleraceus*, *Stellaria media*, *Taraxacum officinale*, *Trifolium pratense* y *Veronica hederifolia*), sólo se ha estudiado la evolución de aquellas que presentaban una abundancia superior al 0,5 % (10 especies, ver Tabla 1). La Tabla 1 muestra el efecto del pastoreo y del no pastoreo sobre los valores medios de abundancia (número de individuos por transecto) de la totalidad del ensayo. Como puede verse, todas las poblaciones presentan menor número de plantas en las zonas pastoreadas, aunque sólo seis tienen valores significativamente diferentes a los de la zona no pastada.

Las razones de esta disminución pueden ser dos. La primera es que si la especie presenta baja o nula palatabilidad, no será comida por los animales, como es el caso de *Rumex obtusifolius*, y no se verá afectada por el pastoreo. La segunda, es la presencia de la especie en el momento del pastoreo. Como podemos ver en la Tabla 1, algunas especies, que germinan sólo durante el otoño, no alcanzan un tamaño suficientemente grande como para ser accesibles a la boca del animal como *Capsella bursa-pastoris* y *Cerastium glomeratum*. El resto de especies pueden germinar durante todo el año (*Stellaria media*), o permanecer en el cultivo desde la primavera (*Fumaria officinalis*, *Lamium amplexicaule*, *Poa annua*, *Taraxacum officinale* y *Veronica hederifolia*) por lo que son comidas y sus poblaciones se ven afectadas. La ausencia de efecto sobre *Festuca pratensis*; muy palatable y perenne, podemos achacarlo al escaso número de veces que apareció en los muestreos.

Tabla 1. Número medio de individuos de las especies estudiadas en la totalidad del ensayo y características de sus épocas de germinación y floración.

Malas hierbas	No pastado	Pastado	Significación	Época de germinación	Época de floración
<i>Capsella bursa-pastoris</i>	18.43	15.18	NS	Otoño	Primavera
<i>Cerastium glomeratum</i>	1.61	1.00	NS	Otoño	Primavera y otoño
<i>Festuca pratensis</i>	0.403	0.32	NS	Primavera (perenne)	Primavera y verano
<i>Fumaria officinalis</i>	0.22	0.05	*	Otoño e invierno	Primavera
<i>Lamium amplexicaule</i>	1.10	0.55	*	Otoño y primavera	Primavera
<i>Poa annua</i>	4.76	3.32	*	Otoño y primavera	Primavera y otoño
<i>Rumex obtusifolius</i>	0.27	0.04	NS	Primavera (perenne)	Verano y primavera
<i>Stellaria media</i>	2.69	1.11	*	Todo el año	Primavera y verano
<i>Taraxacum officinale</i>	1.83	1.20	*	Primavera y verano (perenne)	Primavera y otoño
<i>Veronica hederifolia</i>	6.51	4.40	*	Otoño y primavera	Primavera y verano

* P<0,05; NS: no significativo

Si se estudia el desarrollo de las poblaciones, a lo largo del periodo de crecimiento del año siguiente (Tabla 2), se puede observar que el pastoreo disminuye el número de individuos de todas las especies estudiadas, aunque sólo presentan diferencias significativas dos especies al comienzo del periodo (muestreo de febrero): *Poa annua* y *Rumex obtusifolius*, y seis en el intermedio (muestreo de marzo): *Cerastium glomeratum*, *Fumaria officinalis*, *Poa annua*, *Stellaria media*, *Taraxacum officinale* y *Veronica hederifolia*.

Tabla 2. Valores medios del número de individuos, en dos momentos del crecimiento primaveral, y en función del tratamiento.

Malas hierbas	Febrero no pastoreo	Febrero pastoreo	Significación	Marzo no pastoreo	Marzo pastoreo	Significación
<i>Capsella bursa-pastoris</i>	10.027	7.277	NS	26.833	23.083	NS
<i>Cerastium glomeratum</i>	0	0.111	NS	3.22	1.88	*
<i>Festuca pratensis</i>	0.333	0.027	NS	0.472	0.611	NS
<i>Fumaria officinalis</i>	0.055	0.055	NS	0.388	0.055	**
<i>Lamium amplexicaule</i>	0.805	0.333	NS	1.388	0.777	NS
<i>Poa annua</i>	2.944	1.527	*	6.583	5.111	*
<i>Rumex obtusifolius</i>	0.444	0.027	*	0.111	0.055	NS
<i>Stellaria media</i>	1.75	0.472	NS	3.63	1.75	*
<i>Taraxacum officinale</i>	0.638	0.361	NS	3.027	2.055	*
<i>Veronica hederifolia</i>	4.166	2.916	NS	8.861	5.888	*

** P<0,01; * P<0,05; NS: no significativo

Los valores de *Poa annua* (en febrero y marzo) y *Taraxacum officinale* (marzo) reflejan su gran utilización por parte de las ovejas. Las diferencias significativas encontradas en las otras especies, se pueden explicar por la ingestión de plantas fructificadas durante el verano y otoño (*Stellaria media* y *Veronica hederifolia*), o por su tamaño en el momento del pastoreo (*Cerastium glomeratum*). El pastoreo en el momento de la fructificación sería una buena solución, debido al enorme número de semillas que producen algunas especies (*Stellaria media* llega a producir hasta 15 000 semillas/m²; Haigh, 2000) pero la época del pastoreo debería adelantarse a comienzos de octubre, lo que entra en competencia con el aprovechamiento industrial de otoño. No obstante, el pastoreo invernal con ovejas afecta, negativamente, al desarrollo de las poblaciones de algunas malas hierbas en nuestra zona; esto concuerda con los datos obtenidos por Bell y Guerrero (1997), para el Imperial Valley de California.

Algunos autores han encontrado que las malas hierbas, acompañantes de la alfalfa, pueden resultar un recurso forrajero aceptable (Marten *et al.*, 1987); este no es nuestro caso, en donde las malas hierbas, generalmente, son de mala calidad y poco abundantes (Fanlo *et al.*, 1999).

CONCLUSIONES

El pastoreo invernal, de los cultivos de alfalfa en el Valle del Ebro, puede utilizarse como herramienta para el control de algunas malas hierbas, aquellas que están desarrolladas en ese momento y que son palatables. El descenso, en el número de individuos de la flora adventicia en las zonas pastadas, se ve reflejado en la primavera siguiente, con lo que la repetición, varios años seguidos, de este pastoreo, podría hacer desaparecer a determinadas malas hierbas.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo forma parte del proyecto RTA02-087-C2-2 "Optimización de la producción y calidad de la alfalfa" financiado por el INIA.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ÁLVARO, J.; LLOVERAS, J., 2003. *Metodología de la producción de alfalfa en España*. Ed. Asociación Interprofesional de Forrajes Españoles, 76 pp. Lleida (ES).
- BELL, C. E.; GUERRERO, J. N., 1997. Sheep grazing effectively controls weeds in seedling alfalfa. *California Agriculture*, march-abril, 19-23.
- BRODIE, J., 1985. *Grassland studies*. George Allen & Unwin Publishers, 100 pp. London (UK).
- CHOCARRO, C.; LLEDÓ, M.; FANLO, R.; LLOVERAS, J., 2001. Effect of winter grazing on the protein contents of alfalfa spring regrowth. *Options méditerranéennes*, serie A, (45), 253-255.
- FANLO, R.; CHOCARRO, C.; INTINI, M.; LLOVERAS, J., 1999. Efecto del pastoreo invernal sobre la producción y calidad de alfalfas de regadío (Gimenells, Lleida). *XXXIX Reunión Científica de la SEEP*. Almería (ES), 203-207.
- HAIGH, T., 2000. Weed competition and control. <http://sites.uws.edu.au/vip/haight/weeds.htm>
- MARTEN, G. C.; SHEAFFER, C. C.; WYSE, D.L., 1987. Forage nutritive value and palatability of perennial weeds. *Agron. J.*, 79, 980-986.
- SAS, 1989. *SAS/STAT user's guide. Version. 6.03*. SAS Ins. Cary Editions, NC. (USA).
- OLLÉ, F., 2002. La evolución de la deshidratación de forrajes en España: perspectivas de futuro. En *Producción de pastos, forrajes y céspedes*, 227-234. Ed. Chocarro, C., Santiveri, F., Fanlo, R., Bovet, I. y Lloveras, J. Edicions de la Universitat de Lleida. Lleida (ES).
- PELTON, R. E.; MARBLE, V. L.; WILDMAN, W. E.; PETERSON, G., 1988. Fall grazing by sheep on alfalfa. *California Agriculture*, september-october, 4-6.

Efecto del CO₂, temperatura y disponibilidad hídrica sobre la productividad de plantas noduladas de alfalfa cultivadas en túneles de gradiente térmico

I. ARANJUELO¹, J.J. IRIGOYEN¹, P. PÉREZ², R. MARTÍNEZ-CARRASCO² y M. SÁNCHEZ-DÍAZ^{1*}

¹Departamento de Fisiología Vegetal, Facultades de Ciencias y Farmacia, Universidad de Navarra, C/ Irunlarrea s/n, Pamplona (España). ²Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología, CSIC, C/ Cordel de Merinas 40-52, Salamanca, (España).

RESUMEN: Se ha estudiado el efecto del aumento en la concentración de CO₂ y temperatura sobre plantas de alfalfa con diferente disponibilidad hídrica, mediante el empleo de túneles de gradiente térmico adaptados a partir del modelo descrito por Rawson *et al.* (1985). La monitorización diaria de la concentración de CO₂, temperatura y déficit de presión de vapor en el interior de los túneles, confirmó su idoneidad para estudios de este tipo en condiciones similares a las de campo. Independientemente del régimen hídrico aplicado, el efecto del CO₂ sobre la producción estuvo mediado por la temperatura de crecimiento. El mayor desarrollo de las plantas crecidas en condiciones de alto CO₂ y temperatura se explicó por el aumento en la tasa fotosintética y en la superficie foliar, así como por la mejora en la eficiencia en el uso del agua. Las plantas de los tratamientos con CO₂ elevado además de mantener niveles similares de nitrógeno a los observados en las crecidas con CO₂ ambiente, demostraron tener una mayor eficiencia fotosintética del N.

Palabras clave: Cambio climático, crecimiento, eficiencia en el uso del agua, eficiencia fotosintética en el uso del N, nitrógeno.

The study of combined effect of CO₂, temperature and water availability on productivity of nodulated alfalfa by using temperature gradient tunnels

SUMMARY: Temperature gradient tunnels (TGT) adapted from Rawson *et al.* (1995) were used to simulate the predicted increases in CO₂ (to 700 $\mu\text{mol mol}^{-1}$) and temperature (4 °C) with relatively inexpensive construction and running costs. Irrespective of the water regime, the effect of elevated CO₂ on plant growth was temperature dependent. DM was enhanced when elevated CO₂ and temperature were combined. Plant yield improvement partly resulted from increased leaf surface, photosynthetic rate and water use efficiency. Plant N concentration only decreased in droughted plants grown at ambient temperature and elevated CO₂. Plants grown under elevated CO₂ maintained N levels similar to those observed in control plants. Elevated CO₂ enhanced photosynthetic N use efficiency.

Key words: Climate change, growth, photosynthetic N use efficiency, water use efficiency, nitrogen.

INTRODUCCIÓN

Se espera que para finales de este siglo la concentración de CO₂ pase de 350 $\mu\text{mol mol}^{-1}$ a 700 $\mu\text{mol mol}^{-1}$. Este incremento conllevará un aumento de la temperatura de entre 3-6°C.

Puesto que la fijación de carbono y, por tanto, el crecimiento de las plantas con metabolismo fotosintético C₃ están limitados por la concentración de CO₂, se espera que el futuro cambio climático estimule la producción vegetal de estas especies. No obstante, el crecimiento de las plantas depende, no sólo de la concentración CO₂, sino de su interacción con otras variables ambientales tales como la temperatura, humedad relativa, disponibilidad hídrica y de nutrientes etc. (De Luis *et al.*, 1999). Lawlor y Keys (1993) observaron que el efecto estimulador del CO₂ sobre la fotosíntesis era mayor conforme aumentaba la temperatura. Este tipo de respuesta se debe al aumento en el óptimo térmico de la fijación de CO₂. El CO₂ elevado, además de estimular el crecimiento vegetal, favorece el balance hídrico como consecuencia del descenso en la conductancia estomática, y del mayor desarrollo del sistema radical (De Luis *et al.*, 1999).

La alfalfa, planta forrajera de ambiente templado, está frecuentemente expuesta a condiciones de temperatura elevada, baja disponibilidad hídrica, suelos pobres en nitrógeno etc., características del ambiente Mediterráneo. Las leguminosas podrían desempeñar un papel muy importante en el futuro escenario del cambio climático, dada su capacidad fijadora de N_2 que les permitirá una mayor capacidad de respuesta al aumento de CO_2 y de temperatura, a la vez que favorecerá el enriquecimiento del suelo en N. Sin embargo, hay autores que han constatado un empobrecimiento en N de las plantas crecidas en alto CO_2 . Eamus y Jarvis (1989) sugieren que la deficiencia se debe a que la fijación de nutrientes no es tan rápida como la fijación de C, lo cual causa desajustes en la relación C/N.

Gran parte de los estudios sobre el efecto del cambio climático en el crecimiento de las plantas se han realizado en ambientes controlados. Si bien las cámaras de crecimiento son necesarias en aquellos trabajos en los que se quieren mantener con precisión condiciones de crecimiento estables, repetibles y de diferentes rangos, la bibliografía indica que existe cierta discrepancia entre los estudios en condiciones controladas y naturales, en relación a la respuesta al aumento de CO_2 . En los últimos 20 años se han utilizado diferentes aproximaciones a las condiciones de campo. Entre ellas, hay que destacar los sistemas libres de enriquecimiento con CO_2 (Free Air CO_2 Enrichment, FACE, Allen *et al.*, 1985), las cámaras de cielo abierto (Open Top Chamber, OTC, Rogers *et al.*, 1983) y los túneles de gradiente de térmico (TGT, Rawson *et al.*, 1995). Si bien el sistema FACE permite realizar estudios en ecosistemas intactos, está limitado por la imposibilidad de controlar las otras variables ambientales, lo cual reduce la posibilidad de analizar el efecto de la interacción entre ellas. Los OTC, también situados en ambientes naturales, permiten el control de parámetros ambientales cuyos valores y fluctuaciones son semejantes a los naturales; no obstante, alteran las condiciones naturales, debido al efecto barrera que supone su estructura y paredes. Además, hay que tener en cuenta el hecho de que el empleo de tecnología FACE u OTC implica un alto coste de instalación y consumo debido, principalmente, a la libre emisión de CO_2 a la atmósfera. Los TGT permiten simular ambientes con diferentes condiciones de CO_2 y temperatura en el medio natural pero, en este caso, con un bajo coste de instalación y consumo.

MATERIAL Y MÉTODOS

Material vegetal y diseño del experimento

Plantas de alfalfa (*Medicago sativa* L. cultivar Aragón), inoculadas con *Sinorhizobium meliloti* cepa 102F78, crecieron en macetas de 13 l en invernadero, durante un mes, en las siguientes condiciones: 25/15°C (día/noche), fotoperiodo de 14 h de luz natural suplementada con luz artificial y humedad relativa del 50%. El gran tamaño de las macetas permitió evitar, en cierto grado, posibles problemas de limitación asociados a su volumen.

Al mes de edad, las plantas se trasladaron a túneles de gradiente térmico, situados sobre un cultivo de alfalfa, donde se mantuvieron durante otro mes. Las plantas se dividieron aleatoriamente en 8 tratamientos, en función de la concentración de CO_2 (ambiente y 700 $\mu\text{mol mol}^{-1}$), temperatura (ambiente y ambiente + 4°C) y disponibilidad hídrica (control y sequía). El nivel de sequía deseado correspondió al 50% del contenido volumétrico de agua del suelo, θ_v (alrededor de 0,3 $\text{cm}^{-3} \text{cm}^{-3}$). La sequía se aplicó mediante supresión de riego, hasta que a los 15 días (45 días de edad) se alcanzó el nivel deseado, manteniéndose dicho nivel hasta el final del experimento. El estudio se repitió durante dos años para confirmar los resultados obtenidos el primer año. Ambos se realizaron en el mes de julio.

Determinaciones en planta

El crecimiento se determinó a partir de muestras tomadas en 3 cosechas, llevadas a cabo a lo largo del mes de tratamiento en los túneles de gradiente térmico. La primera cosecha se realizó el día en que las plantas entraron en los túneles (30 días de edad); la segunda, cuando se alcanzó el nivel de sequía deseado (45 días de edad), y la tercera, el último día de tratamiento (60 días de edad). De cada cosecha se escogieron aleatoriamente 2 macetas y se seleccionaron 10 plantas por maceta. Cada una de las plantas se dividió en hojas,

tallos, raíces y nódulos, que se secaron en estufa a 60°C durante 48 h. La superficie foliar se cuantificó mediante un planímetro electrónico (Li-3000 con un accesorio conversor Li-3050, LICOR, NE, USA).

Para el análisis del estado hídrico se escogieron 4 hojas apicales de 54 días de edad, totalmente expandidas. El estado hídrico de las plantas se evaluó mediante el análisis del contenido hídrico relativo (CHR) (Weatherley, 1950). La eficiencia en el uso del agua de la producción (EUA_p), se calculó como el cociente entre la cantidad de materia seca (MS) formada y el agua consumida (De Luis *et al.*, 1999) de 20 plantas. La EUA_p se analizó para el periodo comprendido entre la segunda cosecha y la cosecha final.

Las determinaciones del intercambio gaseoso se hicieron en 6 hojas apicales totalmente expandidas de plantas de 56 días de edad, con un sistema portátil de medida de fotosíntesis (HCM-1000, Waltz, Alemania). Se realizaron curvas de CO₂ para el rango de 0 a 1000 μmol mol⁻¹ CO₂, con una irradiancia de 600 μmol m⁻²s⁻¹ y 45% de HR. La fotosíntesis neta (A) se determinó según Long y Hallgreen (1985).

El contenido en N se cuantificó, vía digestión sulfúrica, en 6 plantas, mediante un digestor Büchi K-424 (Büchi, Suiza), con un electrodo sensible al amonio (Orion 95-12 BN, USA). La actividad nodular específica (ANE) se calculó como la relación entre el N total de la planta y la MS nodular (Brioua y Wheeler, 1994). La eficiencia fotosintética del uso del N (EFUN) se analizó como la relación entre fotosíntesis y N foliar (N_{foliar}).

El efecto del CO₂, temperatura y disponibilidad hídrica sobre las plantas de alfalfa se analizó mediante un análisis múltiple de la varianza (ANOVA) aplicado a un diseño split-split-plot. El tratamiento CO₂ se consideró como factor principal, la temperatura como el factor split-plot y la disponibilidad hídrica como factor split-split-plot. En aquellos casos en que el test de F detectó diferencias significativas, se analizaron las diferencias entre medias mediante test a posteriori LSD, aceptándose como significativas para P<0.05.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 1 se recogen los registros de temperatura, DPV y PAR que tal y como puede verse, son muy próximos a los fijados, lo cual confirma la idoneidad de los TGT como medio para simular condiciones de crecimiento específicas en condiciones naturales.

Tabla 1. Valores medios de temperatura (°C), déficit de presión de vapor (DPV, mbar) y radiación fotosintéticamente activa (PAR, μM cm⁻²s⁻¹) en el exterior e interior de los módulos de los túneles. Los datos corresponden al mes de experimentación (Julio) y fueron registrados con frecuencia de 1 minuto.

		Exterior		Interior del Túnel			
		CO ₂ amb T _{amb}	CO ₂ , Amb T _{amb+4°C}	700 μmol mol ⁻¹ CO ₂ T _{amb}	700 μmol mol ⁻¹ CO ₂ T _{amb+4°C}		
Media	Temperatura	18,5	18,80	22,01	18,09	21,82	
	DPV	10,27	9,15	12,45	10,01	13,32	
	PAR	620,94	407,11	407,11	407,11	407,11	
Mediodía	Temperatura	23,16	22,91	27,26	22,04	25,58	
	DPV	16,93	14,60	18,49	16,12	21,45	

Independientemente del régimen hídrico, el efecto del CO₂ en la producción dependió de la temperatura (F= 3,53; P= 0,007) (Tabla 2), de acuerdo con lo descrito por Idso y Kimball (1989). El incremento de las tasas fotosintéticas (Tabla 2) y de la superficie foliar explicarían el mayor crecimiento de las plantas desarrolladas en alto CO₂ y temperatura elevada. Si bien estas plantas tuvieron tasas fotosintéticas mayores, el hecho de que no hubiese diferencias significativas (F=0,278; P=0,617) en la asimilación por materia seca (A/MS_{foliar}) asociadas al CO₂ (Tabla 3) mostró que la estimulación de las tasas de fijación de CO₂ se debieron a la mayor inversión en MS foliar.

Tabla 2. Efecto de la interacción entre aumento de CO₂, temperatura y disponibilidad hídrica sobre el área foliar total (n=20), contenido hídrico relativo foliar (CHR, n=4), eficiencia en el uso del agua de la productividad (EUA_p, n=20), producción de materia seca y fotosíntesis neta (A, n=6). Cada valor representado es la media ± error estándar.

Tratamientos H ₂ O- CO ₂ - T ^a	Área foliar (cm ²)	CHR (%)	EUA _p (mg MS g ⁻¹ H ₂ O)	Producción MS (g MS planta ⁻¹)	A (μmol CO ₂ m ⁻² s ⁻¹)
Control -350-Amb	79,7 ± 1,0 bc	91,30 ± 0,17 a	4,0 ± 0,24 d	2,8 ± 0,11 b	13,8 ± 1,0 b
" -700-Amb	77,9 ± 3,1 c	91,25 ± 0,61 a	3,9 ± 0,43 d	2,7 ± 0,25 b	15,9 ± 2,3 b
" -350-Amb+4°C	88,2 ± 3,8 b	88,95 ± 1,89 a	3,8 ± 0,64 d	2,7 ± 0,46 b	15,5 ± 1,4 b
" -700-Amb+4°C	109,2 ± 4,4 a	90,91 ± 1,68 a	6,7 ± 1,12 b	3,8 ± 0,53 a	20,9 ± 1,5 a
Sequía -350- Amb	31,7 ± 0,9 d	91,77 ± 1,29 a	3,4 ± 0,30 d	1,1 ± 0,09 d	15,2 ± 1,4 b
" -700-Amb	36,0 ± 0,5 d	89,53 ± 1,56 a	4,5 ± 0,31 bc	1,4 ± 0,09 d	15,9 ± 0,3 b
" -350-Amb+4°C	33,1 ± 0,6 d	91,77 ± 0,58 a	4,5 ± 0,24 c	1,4 ± 0,08 d	14,1 ± 1,3 b
" -700-Amb+4°C	38,2 ± 1,2 d	92,52 ± 0,57 a	7,4 ± 0,0,43 a	1,9 ± 0,12 c	18,4 ± 2,5 b

Las medias seguidas de distintas letras indican diferencias significativas al 0,05%.

Tabla 3. Efecto de la interacción entre aumento de CO₂, temperatura y sequía sobre la fotosíntesis por MS foliar (A/MS_{foliar}, n=6), eficiencia fotosintética en el uso del N foliar (EFUN, n=6) la concentración de N total (N_t, n= 6) y actividad nodular específica (ANE, n=6). Cada valor representado es la media ± error estándar.

Tratamientos H ₂ O- CO ₂ - T ^a	A/MS _{foliar} (μmol CO ₂ mg ⁻¹ MS s ⁻¹)	EFUN (mmol CO ₂ mgN ⁻¹ s ⁻¹)	N _t (mg N g ⁻¹ DM)	ANE (mg N g ⁻¹ MS nodular)
Control -350-Amb	2,30 ± 0,16 a	64,38 ± 7,82 b	42,3 ± 2,6 bcd	1,40 ± 0,05 b
" 700-Amb	1,59 ± 2,3 a	102,4 ± 15,24 a	39,6 ± 1,7 cde	1,44 ± 0,08 ab
" 350-Amb+4°C	2,55 ± 0,59 a	44,68 ± 14,42 bc	46,1 ± 2,9 ab	1,61 ± 0,05 a
" 700-Amb+4°C	3,42 ± 0,25 a	133,3 ± 14,92 a	43,1 ± 3,3 abc	1,31 ± 0,08 b
Sequía -350- Amb	2,27 ± 0,42 a	22,85 ± 0,57 c	47,2 ± 2,3 a	1,30 ± 0,03 b
" 700-Amb	2,05 ± 0,38 a	32,76 ± 6,71 c	38,2 ± 2,5 de	0,96 ± 0,03 c
" 350-Amb+4°C	2,47 ± 0,24 a	25,67 ± 2,08 c	40,9 ± 2,3 cdc	1,34 ± 0,09 b
" 700-Amb+4°C	2,93 ± 0,41 a	44,08 ± 10,24 b	37,2 ± 0,98 e	1,31 ± 0,06 b

Las medias seguidas de distintas letras indican diferencias significativas al 0,05%.

La falta de diferencias en las tasas fotosintéticas y en el CHR revelaron que las plantas sometidas a sequía aclimataron su crecimiento al agua disponible en el suelo. El menor crecimiento de los tratamientos de sequía se debió a su menor superficie foliar. La interacción CO₂ y temperatura (F= 17,24; P= 0,006) elevada estimuló la eficiencia en el uso del agua de la productividad (EUA_p) (Tabla 2), lo cual a su vez contribuyó al crecimiento.

La concentración de N total no se vio modificada por el CO₂ (F= 1,41; P= 0,285), salvo en el caso de las plantas de sequía crecidas a temperatura ambiente, donde el CO₂ elevado tuvo un efecto negativo. El hecho de que las plantas desarrolladas en alto CO₂ presenten concentraciones de N iguales o inferiores a los controles, disponiendo de mayor materia seca nodular (dato no mostrado), indica que la fijación de N₂ de las plantas crecidas con 700 μmol mol⁻¹ de CO₂ fue menos eficiente (Zanetti *et al.*, 1998), aspecto confirmado por el análisis de la actividad nodular específica (ANE) (Tabla 3). Las plantas desarrolladas con alto CO₂ mantuvieron la concentración de N total (N_{total}) en niveles similares a los controles, gracias a la mayor producción de MS nodular. Si bien el aumento de CO₂ no estimuló la concentración de N_{total}, el análisis de la eficiencia fotosintética en el uso del nitrógeno (EFUN, Tabla 3) mostró que las plantas crecidas en alto CO₂ utilizaron el N de manera más eficiente (F=11,07; P=0,021).

CONCLUSIÓN

De acuerdo con los resultados obtenidos, el diseño empleado ha permitido analizar el efecto simultáneo del CO₂, temperatura y disponibilidad hídrica, sobre plantas noduladas de alfalfa, crecidas en túneles de

gradiente térmico en condiciones cercanas a las naturales. Independientemente de la disponibilidad hídrica, el CO₂ estimuló la producción al interactuar con la temperatura. El aumento en el crecimiento se debió al incremento en la tasa fotosintética, superficie foliar y eficiencia en el uso del agua. Las plantas crecidas a 700 μmol mol⁻¹ de CO₂ mantuvieron la relación C/N gracias a la mayor producción de MS nodular.

AGRADECIMIENTOS

Trabajo financiado por el Ministerio de Ciencia y Tecnología (BFI2000-0154; FP200-52313), Comisión de Ciencia y Tecnología (AMB96-0396) y Fundación Universitaria de Navarra.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN Jr. L.H.; BELDI SE.; SHINN, J.H., 1985. Modelling the feasibility of free-air carbon dioxide release for vegetation response research. En *17th Conference on Agricultural and Forest Meteorology and Seventh Conference on Biometeorology and Aerobiology*, May 21-24 1985, pp. 161-164. Scottsdale, Arizona. American Meteorology Society. Boston (USA).
- BRIOUA, A.H.; WHEELER, C.T., 1994. Growth and nitrogen fixation in *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn. under carbon dioxide enrichment of root atmosphere. *Plant and Soil*, **162**, 183-191.
- DE LUIS, I.; IRIGOYEN, J.J.; SÁNCHEZ-DÍAZ, M., 1999. Elevated CO₂ enhances plant growth in droughted N₂-fixing alfalfa without improving water status. *Physiologia Plantarum*, **107**, 84-89.
- EAMUS, D.; JARVIS, P.G., 1989. The direct effects of increase in the global atmospheric CO₂ concentration on natural and commercial temperate trees and forests. *Advances in Ecological Research*, **19**, 1-55.
- IDSO, S.B.; KIMBALL, B.A., 1989. Growth response of carrot and radish to atmospheric CO₂ enrichment. *Environmental and Experimental Botany*, **29**, 135-139.
- LAWLOR, D.W.; KEYS, A.J., 1993. Understanding photosynthetic adaptation to changing climate. En *Plant Adaptation to Environmental Stress*, 85-106. Eds. L. FOWDEN, T.A. MANSFIELD, J. STODDART. Chapman and Hall. Londres (UK).
- LONG, S.P.; HALLGREEN JE., 1985. Measurement of CO₂ assimilation by plants in the field and in the laboratory. En *Techniques in bioproductivity and photosynthesis*. Eds: J. COOMBS, D.O. HALL, S.P. LONG, J.M.O. SCURLOCK. Pergamon Press. Oxford (USA).
- RAWSON, H.M.; GIFFORD, R.M.; CONDON, B.N., 1995. Portable temperature gradient chambers for global environment change I. Portable chambers for research on short-stature vegetation. *Plant, Cell and Environment*, **18**, 1048-1054.
- ROGERS, H.H.; HECK, W.W.; HEAGLE AS., 1983. A field technique for the study of plant response to elevated carbon dioxide concentration. *Journal of Air Pollution Control Association*, **33**, 42-44.
- WEATHERLEY, P.E., 1950. Studies in the water relations of the cotton plant. I. The field measurement of water deficits in leaves. *New Phytologist*, **49**, 81-87.
- ZANETTI, S.; HARTWIG, U.A.; LÜSCHER, A.; HEBEISEN, T.; FREHNER, M.; FISCHER, B.U.; HENDREY, G.R.; BLUM, H.; NÖSBERGER, J., 1998. Stimulation of symbiotic N₂ fixation in *Trifolium repens* L. under elevated atmospheric CO₂ in a grassland ecosystem. *Plant Physiology*, **112**, 575-583.

Biomasa aérea y digestibilidad de pastos herbáceos en el Parque Natural de Cabo de Gata-Níjar (Almería)

A.B. ROBLES, A. GONZÁLEZ y J.L. GONZÁLEZ-REBOLLAR

Estación Experimental del Zaidín (CSIC), Profesor Albareda 1, 18008, Granada, España. abrobles@eez.csic.es

RESUMEN: El objetivo de este estudio ha sido aportar información acerca de la biomasa aérea y calidad (digestibilidad de la materia orgánica) de los pastos herbáceos anuales del parque natural de Cabo de Gata-Níjar (Almería). Estos dos parámetros son necesarios para determinar capacidad sustentadora de los pastos y proponer pautas de manejo de los mismos. Los muestreos se llevaron a cabo en otoño y primavera, utilizando un método destructivo para evaluar el pasto. La producción media anual fue de $835,13 \pm 61,21$ kg MS ha⁻¹año⁻¹. La biomasa aérea de otoño ($386 \pm 40,88$ kg MS ha⁻¹) fue algo menor que la de primavera ($449 \pm 55,72$ kg MS ha⁻¹), sin embargo no existen diferencias significativas entre ambas estaciones. La digestibilidad de la materia orgánica fue mayor en primavera (30,49 % $\pm 2,45$) que en otoño (26,16 % $\pm 2,32$), aunque ambas estaciones no mostraron diferencias significativas.

Palabras clave: Clima árido, pastos, biomasa, calidad, España.

Aerial phytomass and digestibility of grassland in Cabo de Gata-Níjar Natural Park (Almería, Spain)

SUMMARY: The aim of this paper is provide some data on aerial phytomass and quality (digestibility organic matter) of grassland in Cabo de Gata-Níjar Natural Park (Almería, Spain). These parameters are necessary to determine carrying capacity and to improve grazing management. Sampling was carried out during autumn and spring. A destructive harvesting method was used. Production biomass changed considerably among the different sites (525 to 1307 kg DM ha⁻¹ year⁻¹). The production mean was of 835.3 ± 61.21 kg DM ha⁻¹ year⁻¹. Mean aerial biomass was lower in autumn (386 ± 40.88 kg DM ha⁻¹) than in spring (449 ± 55.72 kg DM ha⁻¹), no significant differences were shown. Mean digestibility organic matter was greater in spring (30.49 % ± 2.45) than in autumn (26.16 % ± 2.32) no significant differences were shown.

Key words: Arid climate, grassland, biomass, quality, Spain.

INTRODUCCIÓN

El paisaje que caracteriza el Parque Natural de Cabo de Gata-Níjar es reflejo de la intensa actividad humana, común a muchos otros espacios agrarios de España, lo que ha conducido al dominio de comunidades arvenses, oportunistas y nitrófilas. Las comunidades climácicas de la zona tienen hoy una distribución relictica, situándose en zonas poco accesibles al ganado. En la actualidad, el pastoreo se concentra en las zonas de cultivo, principalmente en terrazas abandonadas situadas en el pie de monte, dominadas por pastos herbáceos (Robles *et al.*, 2002b).

Uno de los rasgos que caracterizan a los pastos herbáceos de estas zonas es la gran diferencia en su oferta forrajera, tanto en producción como en calidad (Passera, 1999), condicionada ésta por la gran variabilidad en el régimen de precipitaciones intra e interanual, propia de los climas áridos y semiáridos. El aprovechamiento de estos pastos es estacional, ligado a los periodos de mayor precipitación (otoño-primavera).

Evaluar la producción y calidad de los pastos es determinante para establecer la capacidad sustentadora y el adecuado manejo de los mismos. El objetivo de este estudio ha sido aportar datos sobre la biomasa aérea (kg MS ha⁻¹) y la calidad (digestibilidad de MO) de los pastos herbáceos anuales del Parque Natural de Cabo de Gata-Níjar, centrando nuestro estudio en los periodos de mayor precipitación (otoño y primavera).

Este trabajo se integra dentro del proyecto de "Planificación ganadera del Parque Natural de Cabo de Gata-Níjar: análisis de sus pastos y capacidad sustentadora", financiado por la Junta de Andalucía.

MATERIAL Y MÉTODO

Área de estudio

Parque Natural Cabo de Gata-Níjar se sitúa en la provincia de Almería (36° 51' N y los 2° 6' de longitud W), con una extensión de 37 570 ha, y altitudes que van desde el nivel del mar a 493 m. La precipitación anual es de 193,4 mm con fuerte variación intra e interanual, y la temperatura media anual de 19,4° C (Robles *et al.*, 2002b). Dominan los sustratos volcánicos, son frecuentes los calcáreos y puntuales los esquistos.

La vegetación potencial está representado, principalmente por tres series: la del lentisco (*Chamaerops Rhamneto lyciodis* S.), la del azufaifo (*Zizipheto loti* S.), la del cornical (*Mayteno europaei-Periploceto angustifoliae* S.). El paisaje actual está dominado por tierras de cultivo en distintos grados de abandono y complejos de esparto, con o sin palmito (Robles *et al.*, 2002a).

La ganadería está formada, por ovejas de raza segureña (84%) y cabras de raza malagueña, murciano-granadina y mezclas diversas (16 %) (Boza *et al.*, 1998).

Método

La evaluación de herbáceas se realizó en dos períodos de crecimiento, otoño (fin de noviembre 1997) y primavera (mediados de mayo 1998). En cada estación el muestreo se realizó en 15 localidades representativas del parque, tratando de recoger todos los tipos de sustratos litológicos.

Para calcular la biomasa aérea en cada localidad y por estación, se cortaron 12 parcelas de 50 cm por 50 cm. En ellas, se cortaron todos los individuos, previa determinación de las especies, excluyendo las partes y especies no forrajeras. Una vez cosechado el material se guardó en bolsas independientes y se almacenaron en neveras portátiles hasta su traslado a laboratorio. Para determinar el peso seco, las muestras se secaron en estufa de ventilación forzada a 60 °C hasta peso constante. Estas mismas muestras se utilizaron posteriormente para los análisis de valoración nutritiva, que se trituraron utilizando un molino refrigerado con tamíz de 1 mm de diámetro.

En relación a la calidad del pasto, se determinó la digestibilidad "in vitro" de la materia orgánica (DMO) utilizando el método de Tilley & Terri (1963). Las muestras se incubaron en un "Daisy Incubator" (Ankom Technology Corporation) que contenía líquido ruminal de oveja segureña. Para cada uno de 15 localidades de muestreo y por estación, se analizaron dos réplicas de una muestra compuesta proveniente de los doce cuadrados muestreados para evaluar la biomasa aérea.

Respecto a la biomasa aérea, el corte otoño corresponde a la producción en esta estación (kg MS ha⁻¹), y el realizado en primavera equivale a la producción anual (kg MS ha⁻¹año⁻¹), ya que los cortes no se realizaron sobre los mismos cuadrados de otoño. En teoría la diferencia entre ambos cortes (primavera y otoño) sería lo producido en primavera. Al no existir parcelas de exclusión se trató de muestrear zonas aparentemente sin pastoreo.

Al objeto de discutir nuestros resultados se ha estimado la producción de los pastos de la zona de estudio a partir de la ecuación propuesta por Le Houérou y Hoste (1977) para el: Modelo Mediterráneo: $Y = 3,89(P^{1,09})$ y Modelo Sahel-Sudan: $Y = 2,643,89(P^{1,001})$, en donde Y = Producción (kg MS ha⁻¹año⁻¹) y P = Precipitación (mm).

En el análisis estadístico se comparan los valores medios por estación (otoño y primavera) de la biomasa aérea y de la digestibilidad de la materia orgánica, utilizando para ello la prueba "t-student" para el caso de muestras apareadas ("paired t-test") y un $\alpha = 0,05$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Tabla 1 muestra los resultados de biomasa aérea para 15 localidades del Parque Natural del Cabo de Gata Níjar, agrupados según sustrato litológico.

Tabla 1. Biomasa aérea (kg MS ha⁻¹) de los pastos herbáceos del Parque Natural Cabo de Gata-Níjar, evaluación anual, de otoño y primavera.

Localidad	Sustrato litológico	Anual kg MS ha ⁻¹	Otoño kg MS ha ⁻¹	Primavera kg MS ha ⁻¹
1	Arenas	793±66,41	619±54,8	174±60,60
2	Arenas	771±58,24	192±28,1	579±48,16
3	Volcánico	961±36,96	622±37,7	339±37,34
4	Volcánico	985±56,86	408±62,3	577±59,58
5	Volcánico	680±92,25	408±48,0	272±70,11
6	Volcánico	525±7,09	278±28,7	247±49,40
7	Calizo-Volcánico	387±40,22	124±15,3	263±27,77
8	Calizo-Volcánico	726±78,74	189±22,7	538±50,72
9	Calizo	830±65,00	620±62,1	210±63,53
10	Calizo	620±69,33	276±23,4	344±46,35
11	Calizo	820±65,19	388±38,7	432±51,96
12	Calizo	949±82,82	479±55,2	470±69,01
13	Esquitos-Calizo	1 110±66,32	343±57,5	767±61,93
14	Esquitos	1 063±163,45	463±79,8	600±121,62
15	Esquitos	1 307±121,47	385±56,6	922±89,04
Media		835±61,21	386±40,88	449±55,72
DS		237,06	158,34	215,83

DS = desviación estándar.

La producción media anual de los pastos herbáceos fue de $835,13 \pm 61,21$ kg MS ha⁻¹ año⁻¹ y varió considerablemente entre las distintas localidades. Así, la evaluación anual presentó un rango de variación de 525 a 1307 kg MS ha⁻¹ (DS = 237,07), y esta variación fue mayor para primavera, 174 a 922 kg MS ha⁻¹ (DS = 215,84), que para otoño, 124 a 620 kg MS ha⁻¹ (DS = 158,39). Se observa como la biomasa aérea de otoño ($386 \pm 40,88$ kg MS ha⁻¹) es algo menor que la de primavera ($449 \pm 55,72$ kg MS ha⁻¹), sin embargo no existen diferencias significativas entre ambas estaciones ($t=0,822$; $n=14$; $p=0,425$). Esta diferencia de producción parece estar relacionada con la lluvia caída en cada periodo vegetativo, algo menor en otoño (59,8 mm) que en primavera (118,9 mm) (Aguilar *et al.*, 1990).

Aunque, no se pudo realizar el análisis estadístico entre sustratos (el número de replicas por sustrato era bajo), se observa, cómo los pastos desarrollados sobre esquitos (Tabla 1: Localidad 13,14, 15) presentan valores mayores de biomasa aérea. Pensamos, que esto podría estar ligado con el tipo de manejo. Dichos pastos se localizan en la zona norte del parque, donde la carga ganadera de la zona es baja, la ganadería está compuesta principalmente por ganado caprino y los rebaños no exceden a 90 animales/rebaño. Por otra parte, estudios realizados en esta zona (Robles *et al.*, 2002b), muestran cómo el impacto del ganado sobre la vegetación es bajo. En general, los pastos con cargas bajas o nula presentan mayor producción que la zonas con sobrecarga, en este sentido es el estudio realizado por Rodríguez (2004) en un ambiente de clima semiárido (1673 kg MS ha⁻¹ vs 673 kg MS ha⁻¹).

A partir de las ecuaciones desarrolladas por Le Houérou y Hoste (1977) podemos calcular la producción de nuestros pastos considerando la precipitación anual y la estacional para otoño y primavera (datos climáticos tomados de Aguilar *et al.*, 1990). La Tabla 2 recoge los datos reales obtenidos por nosotros en este trabajo y los calculados a partir de dichas ecuaciones.

Comparativamente, los valores obtenidos por nosotros se ajusta mejor al modelo propio de un ambiente árido (Modelo Sahel-Sudan) que a uno típicamente mediterráneo (Modelo Mediterráneo). Este último sobrevalúa, sobre todo la producción anual y la de primavera. Hecho, también observado, por Passera (1999) al estudiar pastos del sudeste peninsular.

Tabla 2. Biomasa aérea anual y estacional para el Parque de Cabo de Gata-Níjar: datos propios (presentados en este trabajo), datos obtenidos mediante las ecuaciones predictivas de Le Houérou y Hoste (1977).

	Precipitación (mm)	Modelo Mediterráneo (kg MS ha ⁻¹)	Modelo Sahel-Sudan (kg MS ha ⁻¹)	Datos Propios (kg MS ha ⁻¹)
Anual	194,0	1212	759	835
Otoño	69,0	393	270	386
Primavera	118,9	711	465	449

Respecto a la digestibilidad "*in vitro*" de la materia orgánica (DMO), los pastos herbáceos muestran valores muy bajos (Tabla 3). Los pastos de primavera presentan un valor medio mayor (30,49 % \pm 2,45) que los de otoño (26,16 % \pm 2,32), aunque no existe diferencias significativas entre ambas estaciones ($t = 1,816$; $n = 14$; $p = 0,091$). Por lo general, los pastos más jóvenes son los que mayor calidad (Pérez *et al.*, 1998; Cancio y Piñeiro, 2000). Sin embargo, en nuestro caso presentan similares valores, hecho que puede ser debido a que en ambientes áridos, como este del sudeste peninsular, la intensidad lumínica y temperatura varían poco en ambas estaciones (17,15° C en otoño y 17,05° C en primavera, ver Aguilar *et al.*, 1990). Según Denium *et al.* (1968), los cambios estacionales en la digestibilidad de las gramíneas se deben principalmente a variaciones en estas dos variables.

En otras zonas con mayor precipitación del sudeste peninsular (Robles, 1990; Fernández, 1995), se han obtenido valores medios de DMO mayores a los encontrados en este estudio (59,4 % y 47,6 respectivamente).

Tabla 3. Digestibilidad "*in vitro*" de la materia orgánica (g kg⁻¹ MS) de los pastos herbáceos del Parque Natural de Cabo de Gata-Níjar en las estaciones de Otoño y Primavera.

Localidad	Sustrato litológico	Otoño (%)	Primavera (%)
1	Arenas	28,11 \pm 0,50	26,35 \pm 0,03
2	Arenas	50,60 \pm 0,03	37,48 \pm 0,04
3	Volcánico	32,30 \pm 0,05	30,75 \pm 0,01
4	Volcánico	31,33 \pm 0,02	28,41 \pm 0,00
5	Volcánico	26,62 \pm 0,00	26,70 \pm 0,01
6	Volcánico	40,10 \pm 0,14	31,86 \pm 0,23
7	Calizo-Volcánico	21,04 \pm 0,11	31,79 \pm 0,06
8	Calizo-Volcánico	48,12 \pm 0,34	27,59 \pm 0,02
9	Calizo	28,00 \pm 0,06	34,02 \pm 0,004
10	Calizo	36,81 \pm 0,33	33,48 \pm 0,50
11	Calizo	27,68 \pm 0,09	11,81 \pm 0,27
12	Calizo	30,36 \pm 0,09	29,14 \pm 0,03
13	Esquitos-Calizo	17,59 \pm 0,40	15,28 \pm 0,05
14	Esquistos	17,14 \pm 0,10	20,13 \pm 0,08
15	Esquistos	34,85 \pm 0,00	33,52 \pm 0,10
Media		26,16 \pm 2,32	30,49 \pm 2,45
DS		8,99	9,49

DS = desviación estándar

CONCLUSIONES

A la vista de los resultados, aparentemente no existen diferencias entre los pastos de otoño y de primavera, tanto en biomasa aérea como en digestibilidad. Sin embargo, dada la irregularidad climática de estos ambientes áridos, creemos que los datos tomados de forma puntual en un año no son suficientes para establecer criterios permanentes de manejo, y aconsejamos realizar seguimientos en el tiempo que nos permita establecer la dinámica productiva de estos pastos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUILAR, J.; FERNÁNDEZ, J.; RODRÍGUEZ, T.; SÁNCHEZ, J.A.; FERNÁNDEZ, E., 1990. *Mapa de suelos. Cabo de Gata-1059, El Pozo de los Frailes-1060*. MAPA-ICONA, 112 pp. Madrid (España).
- BOZA, J.; ROBLES, A.B.; GONZÁLEZ-HERNÁNDEZ, A.; BARROSO, F.; FERNÁNDEZ-REBOLLO, P.; TERRADILLOS, A., 1998. *Análisis de los Pastos y Evaluación de la Capacidad Sustentadora del Parque Natural de Cabo de Gata-Níjar*. SINAMBA. Junta de Andalucía, 237pp. Sevilla (España).
- CANCIO, C.; PIÑEIRO, J., 2000. Efecto del estado de madurez en la producción y calidad del forraje de una pradera. En *III Reunión Ibérica de pastos y forrajes*, 363-368. Xunta de Galicia. Bragança-A Coruña- Vigo. Portugal-España.
- DENIUM, B.; VAN ES A. J.H.; VAN SOEST, P. L., 1968. Climate, nitrogen and grass.II. The influence of light intensity, temperature and nitrogen on in vivo digestibility of grass and the prediction of these effects from some chemical procedures. *Netherlands Journal of Agricultural Science*, **16**, 217-223.
- FERNÁNDEZ, P., 1995. *Aprovechamiento silvopastoral de un agrosistema mediterráneo de montaña en el sudeste ibérico: Evaluación del potencial forrajero y la capacidad sustentadora (Laujar de Andarax. Sª Nevada)*. Tesis Doctoral. Universidad de Granada (España).
- PASSERA, C.B., 1999. *Propuestas metodológicas para la gestión de ambientes forrajeros naturales de zonas áridas y semiáridas*. Tesis Doctoral. Universidad de Granada (España).
- PERÉZ, M.E; R.VÁZQUEZ DE ALDANA, B.; GARCÍA, B.; GARCÍA, A., 1998. Variations in nutritional quality and biomass production of semiarid grasslands. *Journal of Range Management*, **51**, 570-576
- ROBLES, A.B., 1990. *Evaluación de la oferta forrajera y capacidad sustentadora de un agrosistema semiárido en el sudeste ibérico*. Tesis Doctoral. Universidad de Granada (España).
- ROBLES, A.B.; ALLEGRETTI, L.I.; PASSERA, C.B., 2002a. *Coronilla juncea* is both a nutritive fodder shrub and useful in the rehabilitation of abandoned Mediterranean marginal farmland. *J. Arid Environment*, **50**, 381-392.
- ROBLES, A.B.; BARROSO, F.G.; GONZÁLEZ, A.; BOZA, J.; GONZÁLEZ REBOLLAR, 2002b. Propuesta metodológica para el diagnóstico del estado de los pastos en el Parque natural de cabo de Gata Níjar. En *Producción de Pasto, Forrajes y Céspedes*, 573-578. Ed. Chocarro, C.; Santiveri, F.; Fanlo, R.; Bovet, T. y Lloveras, J. Universitat de Lleida. Lleida. (España).
- RODRÍGUEZ, R., 11004. *Planificación y Gestión del pastoreo en dos fincas piloto del Parque Rural del Nublo*. Tesis Doctoral. Universidad de Las Palmas de Gran Canarias. Esp
- TILLEY, J.M.A.; TERRY, R.A., 1963. A two stage technique for the "in vitro" digestion of forages crops. *Journal of the British Grassland Society*, **18**,104-111.

Predicción de la composición química de hojas y tallos de carrasca (*Quercus ilex* subsp. *ballota*) mediante espectroscopia de reflectancia en el infrarrojo cercano

D. ANDUEZA^{1,3}, M. MAESTRO², G. MONTSERRAT², R. MILLA² y F. MUÑOZ¹

¹Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria. Gobierno de Aragón. Apartado 727. E-50080 Zaragoza (España). ²Instituto Pirenaico de Ecología (CSIC). Avenida de Montañana 1005. E-50059 Zaragoza. (España). ³Dirección actual: INRA-Theix. URH-DVA. 63122 Saint Genès Champanelle. France

RESUMEN: El objetivo de este estudio ha sido la obtención de ecuaciones de calibración mediante la técnica NIRS para predecir la composición química y sus cambios estacionales en hojas y tallos de carrasca así como la edad de las muestras. Para el desarrollo de las ecuaciones de calibración se utilizaron 114 muestras de hojas y 78 muestras de tallos de un diámetro inferior a 5 mm, que se supone es la parte ramoneable. Las muestras se tomaron al azar y se analizaron en laboratorio para las determinaciones de cenizas, proteína bruta, grasa bruta fibra neutro detergente, fibra ácido detergente, lignina ácido detergente, calcio, magnesio y potasio. Además se conocía la edad (meses) de las muestras. Se tomo el espectro en la región NIR en modo de reflectancia y se desarrollaron ecuaciones de predicción mediante el método de regresión MPLS (Modified Partial Least Squares). Los resultados muestran que la técnica NIRS puede considerarse aceptable para predecir la mayor parte de los parámetros de composición química minerales y edad de muestras de hojas de carrasca; sería necesario aumentar la variabilidad de la población para predecir con mas precisión las determinaciones de FND, FAD, LAD, Ca y Mg de tallos.

Palabras clave: NIRS, *Quercus*, minerales, cambios estacionales.

The prediction of chemical composition of leaves and twigs of Quercus ilex subsp. ballota by NIR spectroscopy

SUMMARY: The objective of this study was to evaluate the potential of NIRS technique for the prediction of the age and chemical composition and its changes on leaves and stems of *Quercus ilex spp ballota*. 114 samples of leaves and 78 samples of stems obtained around Aguero (Huesca) were used to develop NIRS calibration equations. Samples were taken randomly and analysed for ash, crude protein, crude fat neutral detergent fibre, acid detergent fibre, acid detergent lignin, calcium, magnesium and potassium. Also de age of the samples was known. Samples were scanned in the NIR region in reflectance mode. Predictive equations were developed using modified partial least squares (MPLS) regression. The results show that NIRS technique can be considered reliable to predict most parameters of chemical composition, minerals and the age of the quercus leaves. In order to improve the accuracy of the NDF, ADF, ADL, Ca and Mg of stems, the increment of variability of population is suggested.

Key words: NIRS, *Quercus*, minerals, seasonal change.

INTRODUCCIÓN

En los ecosistemas mediterráneos existentes en Aragón, se caracterizan por un claro periodo de sequía estival, las masas arbóreas o arbustivas dominadas por especies de *Quercus* (Sabio, 1997). Los árboles y arbustos de este género producen ramón generalmente poco palatable y de bajo valor nutritivo. Aun así, este ramón supone una fuente de alimentación animal de gran importancia estratégica debido a la estacionalidad en la disponibilidad de herbáceas de mejor calidad. Esto ha sido mostrado en matorrales mediterráneos por Perevolotsky *et al.* (1991) y Cañellas *et al.* (2003).

La carrasca, junto con otros *Quercus* (encina, quejigo...) proporciona durante el invierno o en épocas de sequía un alimento apreciado especialmente por las cabras, con el que satisfacen en esas épocas de escasez parte de las necesidades de los rebaños en las zonas de monte bajo y garrigas (Guerrero y Boza, 1983).

La composición química de la mayoría de las raciones que tienen como base el ramoneo de árboles y arbustos se caracteriza por la abundancia de fibra poco digestible y la presencia de compuestos antinutritivos. Las hojas del género *Quercus*, por ejemplo, contienen gran cantidad de taninos (Perevolotsky, 1994). Este hecho provoca que su palatabilidad, en general, sea baja.

Con objeto de mejorar la eficiencia de su utilización por parte de los animales, en una primera aproximación, sería necesario conocer la composición química y su variación a lo largo del tiempo y del espacio de la parte ramoneable de las carrascas, definida ésta como las ramillas con sus hojas y con un tallo de diámetro inferior a cinco milímetros. Del mismo modo, el conocimiento de la cantidad de elementos minerales que se encuentran a disposición del animal es una condición necesaria para conocer las cantidades ingeridas de los mismos y, en su caso, poder detectar pequeñas deficiencias en los mismos, las cuales pueden no presentar signos clínicos de deficiencia, pero pueden influir en los parámetros productivos y en la salud de los rumiantes (Spears, 1994).

La Espectroscopía en el Infrarrojo Cercano (NIRS) es una técnica rápida y precisa que se ha utilizado con éxito para predecir las características nutricionales de pastos y forrajes comunes (García Ciudad *et al.*, 1993), y en algunos forrajes leñosos (Waelput *et al.*, 1990), no es evidente su utilización para poder predecir la composición química en carrascas.

Aunque el contenido en cenizas y de minerales de forrajes y de alimentos para el ganado se han predicho con éxito varias veces por NIRS (Shenk y Westerhaus, 1985; Ruano-Ramos *et al.*, 1999), otros autores (Clark *et al.*, 1989; Reeves, 2001; Valdes *et al.*, 1985) no han conseguido buenas calibraciones entre el contenido de diversos minerales y los espectros NIRS, probablemente debido a la no asociación de los mismos con moléculas orgánicas o moléculas inorgánicas hidratadas (Clark *et al.*, 1987).

El objetivo de este trabajo fue estimar el potencial de la técnica NIRS para predecir la composición química, y la edad en hojas y tallos de carrasca (*Quercus ilex* subsp. *ballota*).

MATERIAL Y MÉTODOS

La zona de muestreo (UTM, XM 8186) se encuentra en Agüero (Huesca), a una altitud de 740 m. El clima del área presenta una precipitación anual de 686 mm y una temperatura media anual de 14,2°C.

Los muestreos se realizaron mensualmente desde diciembre de 1995 hasta enero de 1999 (38 meses consecutivos), durante cada uno de los muestreos, se recolectaron 25 ramas, procedentes de 25 carrascas, con orientación sur. Cada rama se dividió en 3 cohortes de acuerdo con la edad del material vegetal. Posteriormente, se separaron hojas y tallos de las diferentes cohortes, y se elaboró una muestra compuesta para cada una de las fracciones separadas. Se utilizaron muestras de tallos correspondientes a 26 meses de muestreo.

Las muestras fueron secadas a 60°C en estufa con ventilación forzada y posteriormente molidas con tamiz de 1 mm. Los análisis químicos realizados fueron: cenizas, proteína bruta (CP) y grasa bruta (R.D.2257/1994); fibra neutro detergente (NDF), fibra ácido detergente (ADF), y lignina ácido detergente (ADL) (Van Soest *et al.*, 1991); calcio y magnesio por complexometría y potasio por fotometría de llama.

La obtención de espectros NIRS se llevó a cabo en un monocromador Foss-NirSystems 6500 (Foss-NirSystem, Silver Spring, MD, USA) que tenía acoplado el módulo de transporte, en el rango comprendido entre 400 y 2500 nm. Los espectros de las muestras, 114 de hojas y 78 de tallos, se tomaron en una cápsula circular de 5 cm de diámetro. Se tomaron dos espectros por muestra de carrasca y se utilizó el espectro medio en el proceso de calibración. La recogida de los datos espectrales y el análisis quimiométrico de los mismos se llevó a cabo mediante el programa ISI-NIRS2 versión 4.0 (Infrasoft International, Port Matilda, PA, USA).

Para el desarrollo de las ecuaciones de calibración se utilizó el método de regresión MPLS (Modified Partial Least Squares). Previamente los espectros se sometieron a un procedimiento de corrección de la dispersión; *standard normal variate and detrend* (Shenk y Westerhaus, 1996) y después se transformaron mediante el tratamiento de la derivada primera.

Los estadísticos utilizados para la evaluación de la precisión de las ecuaciones de calibración obtenidas fueron, el error estándar obtenido para las muestras de calibración (SEC), el error estándar obtenido para las muestras de validación cruzada (SECV), los coeficientes de determinación para los procesos de calibración (R^2) y validación (r^2), el índice RER (relación entre el rango de los datos de referencia y el SECV) y el índice RPD (relación entre la desviación típica de los datos de referencia y el SECV) (Williams y Sobering, 1996).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los índices estadísticos de las mejores ecuaciones de calibración obtenidas para las fracciones de hojas y tallos se presentan en las Tablas 1 y 2 respectivamente. En el caso de las hojas, observamos que, en cuanto al rango, las muestras utilizadas para la obtención de las ecuaciones de calibración se caracterizan por representar un rango amplio de valores en la concentración de los distintos componentes de composición química para la mayor parte de las determinaciones.

Tabla 1. Estadísticos de la ecuación NIRS obtenidos para la predicción de: proteína bruta (PB), fibra neutro detergente (FND), fibra ácido detergente (FAD), lignina ácido detergente (LAD), grasa bruta (GB), calcio (Ca), magnesio (Mg), potasio (K) y edad (meses) en hojas de carrasca.

	n	Rango	SEC	R ²	SECV	1-VR	RPD	RER
PB	110	7,95-19,09	0,28	0,98	0,34	0,98	6,97	33,15
FND	79	43,78-58,42	0,87	0,93	1,04	0,91	3,24	14,10
FAD	78	27,68-45,94	0,78	0,97	1,15	0,93	3,71	15,93
LAD	74	9,73-19,84	0,89	0,83	0,97	0,80	2,23	10,41
GB	70	0,85-4,76	0,21	0,95	0,25	0,93	3,84	15,39
Ca	112	0,42-1,27	0,03	0,98	0,04	0,96	4,95	21,79
Mg	68	0,12-0,20	0,02	0,07	0,02	-0,11	1,00	4,00
K	63	2,62-7,05	0,31	0,87	0,46	0,72	1,89	9,59
Edad	111	2,00-36,00	0,78	0,99	1,55	0,97	5,65	21,88

SEC: Error estándar de calibración; R²: Coeficiente de determinación para la calibración; SECV: Error estándar de calibración cruzada; 1-VR: Coeficiente de determinación para la validación cruzada; n: número de muestras. RPD: relación entre la desviación típica de los datos de referencia y el SECV. RER: relación entre el rango de los datos de referencia y el SECV.

Tabla 2. Estadísticos de la ecuación NIRS obtenidos para la predicción de: proteína bruta (PB), fibra neutro detergente (FND), fibra ácido detergente (FAD), lignina ácido detergente (LAD), grasa bruta (GB), calcio (Ca), magnesio (Mg), potasio (K) y edad (meses) en tallos de carrasca.

	n	Rango	SEC	R ²	SECV	1-VR	RPD	RER
PB	77	5,31-9,14	0,120	0,983	0,198	0,953	4,60	19,34
FND	29	55,85-70,51	1,467	0,838	1,960	0,710	1,86	7,48
FAD	29	38,52-49,03	1,420	0,742	1,818	0,578	1,54	5,78
LAD	27	12,29-18,69	0,483	0,923	1,341	0,423	1,30	4,77
GB	77	0,47-1,30	0,102	0,762	0,106	0,749	1,97	7,83
Ca	78	0,70-1,75	0,082	0,890	0,095	0,854	2,60	11,05
Mg	76	0,10-0,25	0,015	0,861	0,019	0,775	2,05	7,89
K	75	2,38-8,25	0,087	0,994	0,264	0,948	4,37	22,23
Edad	78	2,00-38,00	0,942	0,992	2,490	0,945	4,24	14,46

SEC: Error estándar de calibración; R²: Coeficiente de determinación para la calibración; SECV: Error estándar de calibración cruzada; 1-VR: Coeficiente de determinación para la validación cruzada; n: número de muestras. RPD: relación entre la desviación típica de los datos de referencia y el SECV. RER: relación entre el rango de los datos de referencia y el SECV.

Los errores estándar obtenidos están en el orden de los obtenidos por otros autores que trabajaron con forraje de árboles Mediterráneos (Waelput *et al.*, 1990). Por otra parte, los coeficientes de determinación de validación cruzada obtenidos se pueden considerar aceptables, a excepción del correspondiente al Mg, variando éstos entre (0,83) y (0,98). En lo referente a los índices RPD y RER, éstos son superiores a los valores recomendados en la bibliografía (Williams y Sobering, 1996) exceptuando los valores de RPD obtenidos para las determinaciones de LAD y K. En ambos casos, si se desea un buen modelo de predicción, sería conveniente añadir nuevas muestras a la población de calibración de forma que se incremente la desviación típica de la población; menor que si se compara con la obtenida en otros trabajos (Ruano-Ramos *et al.*, 1999; Meuret *et al.*, 1993). Otra posibilidad sería intentar disminuir el error de validación, aunque estos parecen ser del mismo orden que los obtenidos por los autores previamente citados, Ruano-Ramos *et al.* (1999), para la determinación de K en muestras de prados de regiones semiáridas y en las distintas fracciones botánicas que componen estas muestras y por Meuret *et al.* (1993) para la determinación de LAD de muestras procedentes de árboles y arbustos mediterráneos). Por otra parte, llama la atención el escaso ajuste del modelo de calibración a los datos de referencia para la determinación de Mg. Esto podría ser debido al estrecho rango de valores obtenidos para el Mg (0,12-0,20%). Estos valores coinciden por los encontrados por Cañellas *et al.* (2003) en ramón de quercíneas mediterráneas.

Ruano-Ramos *et al.* (1993); Smith *et al.* (1991), trabajando con prados naturales de zonas semiáridas y con *Lolium perenne* obtienen para la determinación de Mg unos estadísticos mejores que los obtenidos en este trabajo. Del mismo modo, su rango es más amplio que el obtenido por nosotros.

CONCLUSIONES

La técnica NIRS puede considerarse aceptable para predecir la mayor parte de los parámetros de composición química y minerales de muestras de hojas de carrasca. Para predecir con más precisión las determinaciones de FND, FAD, LAD, Ca y Mg de tallos sería necesario aumentar la variabilidad de la población sobre las que se han realizado las ecuaciones de calibración.

AGRADECIMIENTOS

El estudio ha sido realizado gracias al apoyo financiero de la D.G.A. (Proyecto: P024/2001) y al Plan Nacional de I+D+I (Proyecto: REN2002-02635/GLO).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CAÑELLAS, I.; ROIG, S.; SAN MIGUEL, A., 2003. Caracterización y evolución anual del valor bromatológico de las quercíneas mediterráneas. En *Pastos, desarrollo y conservación*, 455-461. Ed. Sociedad Española para el estudio de los pastos. Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía (España).
- CLARK, D.H.; MAYLAND, H.F.; LAMB, R.C., 1987. Mineral Analysis of forages with Infrared Reflectance Spectroscopy. *Agronomy Journal*, **79**, 485-490.
- CLARK, D.H.; CARY, E.E.; MAYLAND, H.F., 1989. Analysis of trace elements in forages by near infrared reflectance spectroscopy. *Agronomy Journal*, **81**, 91-95.
- GUERRERO, J.E.; BOZA, J., 1983. El ramón de encina en la alimentación del ganado cabrío. *AYMA*, **XXIV**, 287-289.
- MEURET, M.; DARDENNE, P.; BRISTON, R.; POTY, O., 1993. The use of NIR in predicting nutritive value of Mediterranean tree and shrub foliage. *Journal Near Infrared Spectroscopy*, **1**, 45-54.
- GARCÍA CIUDAD, A.; GARCÍA CRIADO, B.; PÉREZ CORONA, M.E.; VÁZQUEZ DE ALDANA, B. R.; RUANO RAMOS, A.M., 1993. Application of near infrared reflectance spectroscopy to chemical analysis of heterogeneous and botanically complex grassland samples. *Journal Science Food Agriculture*, **63**, 419-426.

- PEREVOLOTSKY, A.; HAIMOV, Y.; YONATAN, R., 1991. Feeding behaviour in goats on Mediterranean woodlands in Israel: an econutritional perspective. In: Thanos, A. (ed). *Proc. VI International Conference on Mediterranean Climate Ecosystems*. Athens. pp. 54-61.
- PEREVOLOTSKY, A., 1994. Tannins in Mediterranean woodland species: lack of response to browsing and thinning. *Oikos*, **71**, 333-340.
- REEVES, J. B., 2001. Near-infrared diffuse reflectance spectroscopy for the analysis of poultry manures. *Journal Agricultural Food Chemistry*, **49** (5), 2193-2197.
- RUANO-RAMOS, A.; GARCÍA-CIUDAD, A.; GARCÍA-CRIADO, B., 1999. Near infrared spectroscopy prediction of mineral content in botanical fractions from semi-arid grasslands. *Animal Feed Science and Technology*, **77** (3/4), 331-343.
- SABIO, A., 1997. *Los montes públicos en Huesca (1859-1930)*. Publicaciones del Instituto de Estudios Altoaragoneses, 313 pp.
- SHENK, J.S.; WESTERHAUS, M.O., 1996. NIRSystem, INC., 12101 Tech Road, Silver Spring, MD 20904, PN IS-0119.
- SHENK, J. S.; WESTERHAUS, M. O., 1985. Accuracy of NIRS instruments to analyze forage and grain. *Crop Science*, **25** (6), 1120-1122.
- SMITH, K.F.; WILLIS, S.E.; FLINN, P.C., 1991. Measurement of the magnesium concentration in perennial ryegrass (*Lolium perenne*) using near infrared reflectance spectroscopy. *Australian Journal Agriculture Research*, **42**, 1399-1404.
- SPEARS, J. W., 1994. Minerals in forages. En Forage quality evaluation and utilization. Ed: Fahey, G.C., Collins, M., Mertens D.R. Moser, L.E. 281-317.
- VALDES, E. V.; YOUNG, L. G.; McMILLAN, I.; WINCH, J. E., 1985. Analysis of hay, haylage and corn silage samples by near infrared reflectance spectroscopy. *Canadian Journal of Animal Science*, **65** (3), 753-760.
- VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A., 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal Dairy Science*, **74**, 3583-3597.
- WAELEPUT, J.J.; BISTON, R.; MEURET, M., 1990. Study of the potential of near-infrared reflectance spectroscopy in the analysis of the tree foliage intake of goats. *Reproduction Nutrition Development*, **S2**, 166s.
- WILLIAMS, P.C.; SOBERING, D.C., 1996. How we do it?: a brief summary of the methods we use in developing near infrared calibrations. En *Near Infrared Spectroscopy: The Future Waves*. Davies A. M. C. y Williams, P. (Eds.). NIR Publications. Chichester. UK. 185-188.

Estimación rápida de clorofila en hojas frescas de alfalfa mediante NIRS usando sonda de fibra óptica

C. PETISCO, B. GARCÍA-CRIADO, B.R. VÁZQUEZ DE ALDANA, I. ZABALGOGEAZCOA, L. GARCÍA y A. GARCÍA-CIUDAD

Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología, CSIC, Apdo. 257, 37071 Salamanca

RESUMEN: Se emplea la espectroscopía de reflectancia en el infrarrojo cercano (NIRS) para estimar el contenido de clorofila en muestras de hojas frescas de alfalfa. El muestreo se realizó tomando folíolos en tres posiciones de la planta (basal, intermedia y apical), de dos cortes sucesivos, analizando un total de 198 muestras procedentes de 33 variedades. La clorofila se determinó usando dos métodos de referencia: mediante un aparato portátil de campo y por espectrofotometría posterior a la extracción con dimetil sulfóxido (DMSO), que sirvieron de base para el desarrollo de las calibraciones NIRS. Con ambos métodos, se obtienen intervalos de variación muy amplios, con oscilaciones entre 5,20-158,50 para el índice del contenido de clorofila (ICC), medido con el equipo portátil, y 0,39-4,60 mg/g para la extraída con DMSO. Para obtener las ecuaciones de calibración a partir del material vegetal fresco, se comparan dos modelos de calibración cuantitativa: regresión lineal múltiple (MLR) y regresión por mínimos cuadrados parciales (PLSR). Los mejores resultados se obtienen con PLSR, aplicando primera derivada como transformación matemática, dando lugar en la validación externa a errores estándar de predicción (SEP) de 12,49 y 0,24 mg/g para el ICC y la clorofila extraída con DMSO, respectivamente.

Palabras clave: Clorofila, alfalfa, NIRS.

Quick estimation of chlorophyll in fresh leaves of alfalfa by NIRS using a reflectance probe

SUMMARY: Near infrared reflectance spectroscopy (NIRS) was used to estimate the chlorophyll content in fresh leaves of alfalfa. Samples consisting of apical, middle and basal leaves, were collected at two different time periods. A total of 198 samples representing 33 cultivars were analyzed. Chlorophyll content was estimated by two reference methods: with a field meter, and by spectrophotometry of dimethyl sulphoxide (DMSO) extracts. Wide intervals of variation were observed for both methods: 5.20-158.50 for the chlorophyll content index (CCI) obtained with the field meter, and 0.39-4.60 mg/g for the DMSO extracts. To develop calibration equations for fresh plant material, two quantitative calibration models were compared, multiple linear regression (MLR), and partial least squares regression (PLSR). The best results were obtained with PLSR, using a first derivative transformation of the data. The validation of this model gave standard errors of prediction of 12.49 and 0.24 mg/g for the CCI, and the DMSO-extracted chlorophyll, respectively.

Key words: Chlorophyll, alfalfa, NIRS.

INTRODUCCIÓN

La alfalfa (*Medicago sativa*, L.), además de una excelente forrajera, como fuente de biomasa y proteína vegetal (2500 kg/ha), es una planta verde con un elevado contenido en clorofila (Del Pozo, 1983). Esta propiedad la confiere un interés adicional desde un punto de vista ecofisiológico, debido a varias razones: a) la cantidad de radiación solar absorbida por las hojas está estrechamente relacionada con la concentración foliar de pigmentos fotosintéticos, de forma que bajas concentraciones de clorofila limitan directamente el potencial fotosintético y por lo tanto la producción primaria; b) gran proporción del nitrógeno de la hoja es incorporado a la propia clorofila, por lo que cuantificando el contenido de clorofila se obtiene una medida indirecta de dicho nutriente; c) la pigmentación puede estar directamente relacionada con el estrés fisiológico, ya que en general los carotenoides aumentan y las clorofilas decrecen bajo estrés y durante la senescencia; d) la concentración de pigmentos cambia con factores abióticos tales como la luz (las hojas sobre las que incide el sol presentan una mayor relación clorofila a /clorofila b), por lo que cuantificando estas proporciones se obtiene importante información sobre las relaciones de la planta con su medio ambiente (Richardson *et al.*, 2002).

Además de los aspectos antes citados, la clorofila en alfalfa puede presentar otras aplicaciones de interés en los campos alimentario, cosmético, farmacéutico e industrial.

Existen varios métodos convencionales para su análisis (cromatográficos, espectrofotométricos, etc.), previa extracción con acetona, alcohol etílico, dimetil sulfóxido (Arnon, 1949; Hiscox e Israelstam, 1979). También puede estimarse *in situ* mediante aparatos portátiles de campo (Richardson *et al.*, 2002).

La espectroscopía de reflectancia en el infrarrojo cercano (NIRS), técnica no destructiva utilizada en análisis muy diversos, se ha aplicado con éxito para la estimación de un gran número de constituyentes químicos de las plantas. Sin embargo, la bibliografía en la que aparece la aplicación de NIRS para la predicción del contenido en clorofila, es muy escasa. Jiménez Márquez (2003) desarrolla calibraciones para la estimación de clorofila en muestras de aceite de oliva virgen, con resultados satisfactorios; Tkachuk *et al.*, (1988) también determinan clorofila en barina de semilla de colza y Daughtry *et al.*, (2000) aplican NIRS para el análisis de clorofila en hojas frescas de maíz.

El objetivo principal de este trabajo reside en estudiar el potencial de la técnica NIRS usando sonda de fibra óptica, para la estimación rápida, precisa y exacta de clorofila en muestras de hojas frescas de alfalfa.

MATERIAL Y MÉTODOS

Para la realización de este estudio se parte de 33 variedades de alfalfa (*Medicago sativa*, L.), cultivadas en la finca "Muñovela" (Barbadillo, Salamanca), en parcelas experimentales de 5,0x1,3 m, distribuidas en bloques al azar con cuatro repeticiones. Siete de las variedades fueron sembradas en el año 2001 y las 26 restantes en el 2003. Dichas variedades son representativas de una amplia gama de zonas de origen y caracteres morfológicos. Tras efectuar diversos cortes previos, en la fase de inicio de floración, se seleccionaron para este estudio, dos consecutivos (agosto y septiembre de 2003). En cada uno de ellos, se toman muestras de todas las variedades cortando las plantas a cuatro cm del nivel del suelo y se introducen en bolsas de plástico dentro de una nevera portátil, para su traslado al laboratorio. Todos estos procesos y los posteriores de manipulación de las muestras, se realizan con la mayor celeridad posible. Una vez en el laboratorio, de cada muestra se toman submuestras consistentes en hojas de tres posiciones de la planta: zona basal, zona intermedia y zona apical. De cada hoja se selecciona el foliolo central, siendo éste el utilizado para el registro del espectro NIR y seguidamente para el análisis de clorofila, mediante dos métodos convencionales que servirán de referencia. Con el primero de estos métodos, se obtiene una medida por duplicado del índice del contenido de clorofila (ICC), basada en la absorbancia medida a 660 y 940 nm, utilizando un equipo portátil CCM-200 (Opti-Sciences), para la estimación rápida y no destructiva en muestras de hojas intactas. Con el segundo, se determina el contenido en clorofila por espectrofotometría (Varian Cary 50, dotado con sonda de fibra óptica), según el procedimiento descrito por Hiscox e Israelstam (1979), que utiliza dimetil sulfóxido (DMSO), en la fase previa de extracción de la clorofila, realizándose las medidas a 645 y 663 nm.

Los espectros NIR de las 198 submuestras de foliolos, se registran con un equipo FT-NIR InfraProver II ("Class I Laser Product", Bran+Luebbe, Norderstedt, Alemania) empleando sonda de fibra óptica bidireccional (nº 9666117) para medidas de reflectancia difusa desde 1100 a 2200 nm. De esta población de submuestras, se seleccionan 120 para calibración, en base a sus características espectrales (Programa PICKS, InfraAlyzer Data Analysis System, Technicon Instrument Corporation, Tarrytown, NY), constituyendo las 78 restantes el grupo de validación. Se hace un estudio comparativo de las calibraciones obtenidas mediante regresión lineal múltiple (MLR) y regresión por mínimos cuadrados parciales (PLSR), considerando en cada caso tres tratamientos matemáticos: log 1/R (R = reflectancia), primera derivada (1D) y segunda derivada (2D). Con las ecuaciones óptimas de calibración, se predicen los niveles de clorofila de las muestras de validación, estimándose la exactitud de las predicciones mediante el análisis de regresión simple, entre los valores predichos por NIRS y los obtenidos con los dos métodos de referencia considerados.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de los análisis de clorofila mediante los dos métodos (equipo portátil y método químico), se reflejan en la Tabla 1. Se aprecia un amplio rango de variación en ambos casos, siendo aún mayor para el índice del contenido en clorofila (ICC). La variación encontrada, se debe en gran parte a las distintas posiciones de las hojas, de hecho, algunas hojas de la posición basal presentaban un aspecto ligeramente amarillento en contraste con el verde intenso de la posición apical. También ejercen influencia las distintas variedades consideradas, las fechas de muestreo y las oscilaciones de humedad existentes como consecuencia de trabajar sobre material vegetal fresco.

Tabla 1. Rango, media y desviación estándar del contenido de clorofila en alfalfa.

COMPONENTE	GRUPO	n	RANGO	MEDIA	SD
Clorofila (ICC)	Calibración	120	5,20-158,50	57,82	35,98
	Validación	78	12,20-129,30	61,65	28,96
Clorofila DMSO (mg/g)	Calibración	120	0,39-4,60	2,13	0,83
	Validación	78	0,67-3,96	2,38	0,66

n: Número de muestras; SD: Desviación estándar

Tabla 2. Estadísticos de calibración y validación aplicando MLR y PLSR.

	Log 1/R	MLR 1D	2D		Log 1/R	PLSR 1D	2D	
Clorofila (ICC)								
<i>Grupo de calibración</i>					<i>Grupo de validación</i>			
Long.onda	7	7	7	Factores	10	6	9	
R ²	0,88	0,89	0,84	R ²	0,90	0,91	0,98	
SEC	12,27	11,27	14,60	SEC	11,19	10,75	4,79	
				SECV	13,96	15,10	19,27	
<i>Grupo de validación</i>				r ²	0,68	0,71	0,44	
r ²	0,58	0,66	0,68	SEP	13,68	12,49	19,99	
SEP	14,07	12,64	13,55					
Clorofila DMSO (mg/g peso fresco)								
<i>Grupo de calibración</i>					<i>Grupo de validación</i>			
Long.onda	7	7	7	Factores	11	7	6	
R ²	0,86	0,86	0,84	R ²	0,91	0,92	0,95	
SEC	0,32	0,30	0,33	SEC	0,25	0,23	0,19	
				SECV	0,37	0,35	0,44	
<i>Grupo de validación</i>				r ²	0,69	0,78	0,54	
r ²	0,73	0,72	0,66	SEP	0,29	0,24	0,35	
SEP	0,27	0,26	0,30					

R²: Coeficiente de determinación múltiple; SEC: Error estándar de calibración; SECV: Error estándar de validación cruzada; r²: Coeficiente de determinación; SEP: Error estándar de predicción.

Se obtiene una correlación altamente significativa entre el ICC y el contenido en clorofila DMSO (r = 0,83; n = 198).

Los resultados de los modelos de calibración cuantitativa empleados, regresión lineal múltiple (MLR) y regresión por mínimos cuadrados parciales (PLSR), se resumen en la Tabla 2. Los estadísticos de calibración son siempre mejores con PLSR, obteniéndose al considerar las tres transformaciones matemáticas, coeficientes de determinación (R²) de 0,90-0,98 en las estimaciones del ICC y de 0,91-0,95 en las del contenido de clorofila DMSO. Mediante MLR se alcanzan coeficientes de determinación notablemente más bajos:

0,84-0,89 para ICC y 0,84-0,86 para clorofila DMSO. Asimismo, los errores de calibración (SEC) son también más bajos cuando se aplica PLSR. Existe una alta correlación entre los valores predichos por NIRS y los obtenidos mediante los métodos de referencia, si se consideran las muestras de calibración, como se muestra en la Figura 1, en la que se ha representado los resultados correspondientes a PLSR con 1D, por ser éste el tratamiento con el que se obtienen las validaciones externas óptimas.

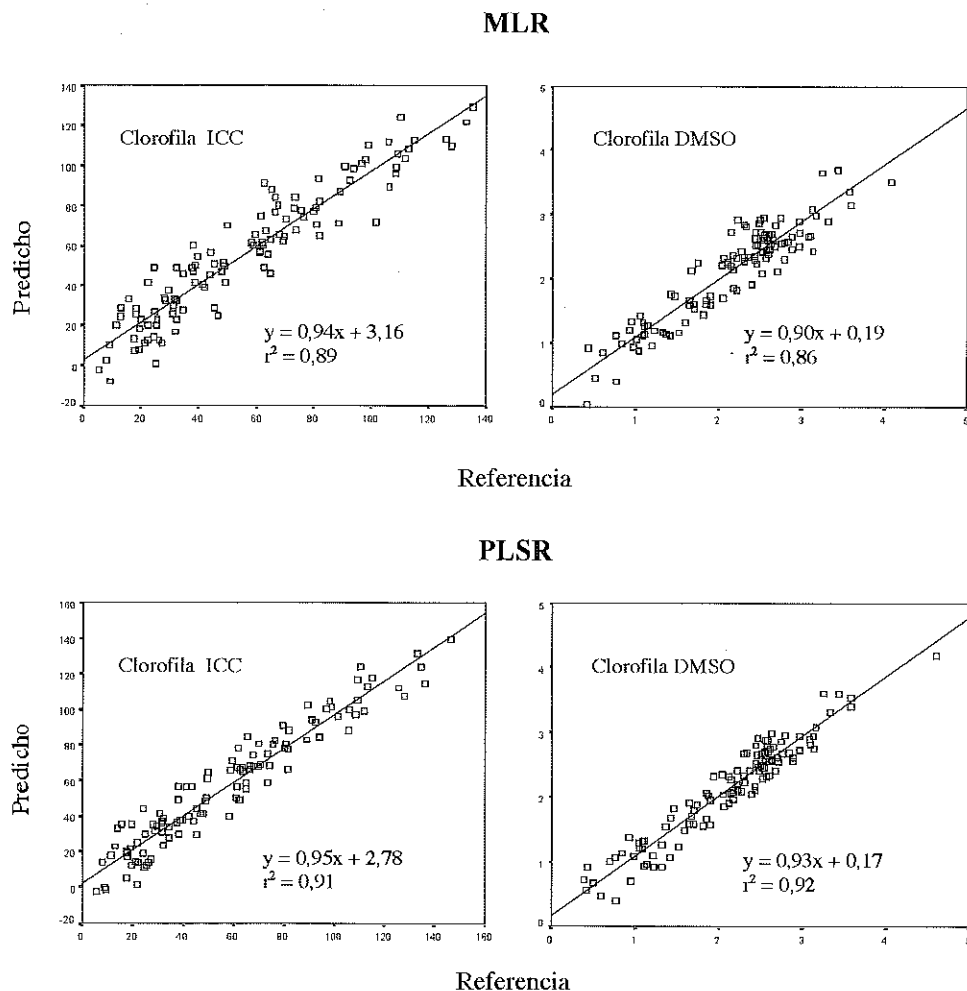


Figura 1. Relación entre valores predichos por NIRS y obtenidos por los métodos de referencia, de las muestras de calibración con primera derivada, para clorofila ICC y DMSO (mg/g), usando regresión lineal múltiple (MLR) y regresión por mínimos cuadrados parciales (PLSR).

Los estadísticos de la validación externa, con las 78 muestras no incluidas en la calibración, se resumen en la Tabla 2. En la Figura 2 se representan las regresiones óptimas (1D). Teniendo en cuenta los estadísticos de calibración, la validación externa corrobora que se obtienen mejores ajustes con PLSR que con MLR, siendo en ambos, 1D el tratamiento matemático que conduce a las estimaciones más exactas. Con este tratamiento se obtienen errores estándar de predicción (SEP) de clorofila ICC de 12,64 y 12,49 con MLR y PLSR respectivamente y en la estimación de la clorofila DMSO de 0,26 mg/g y 0,24 mg/g respectivamente. Los resultados son satisfactorios, tanto para ICC como para el contenido de clorofila DMSO, aunque mejores en el último caso.

Se alcanzan valores para la relación SD/SEP próximos a 3 (2,3 para ICC y 2,8 para clorofila DMSO, con PLSR y 1D), nivel señalado por Williams y Sobering (1993) a partir del cual se considera adecuada la técnica NIRS para criterios de diagnóstico e investigación.

Comparativamente, los resultados del contenido de clorofila DMSO obtenidos en este trabajo, son similares en cuanto a SEP a los conseguidos por Jiménez Márquez (2003) en la determinación de clorofila en muestras de aceite de oliva virgen; sin embargo, obtienen coeficientes de correlación ligeramente más altos en la validación. Ello puede ser debido en parte, a que este autor registra los espectros entre 450 y 2500 nm, esto es, considera también la región visible, que puede ser importante en la determinación de este parámetro. De hecho, afirma que la banda comprendida entre 450 y 750 nm es una de las de mayor contribución al modelo de predicción. Tkachuk *et al.* (1988) determinan clorofila en harina de semilla de colza mediante Vis-NIR (aparato de 4 filtros) y desarrollan las calibraciones incluyendo dos longitudes de onda en la banda antes citada y de la región NIR consideran 1712 y 2100 nm. Longitudes de onda de este orden son también seleccionadas en nuestros modelos de predicción al utilizar MLR.

De los resultados puede concluirse que la técnica NIRS ofrece una alternativa para la estimación rápida y con exactitud aceptable, del índice de clorofila (valor relativo) y del contenido total de clorofila en muestras frescas de alfalfa.

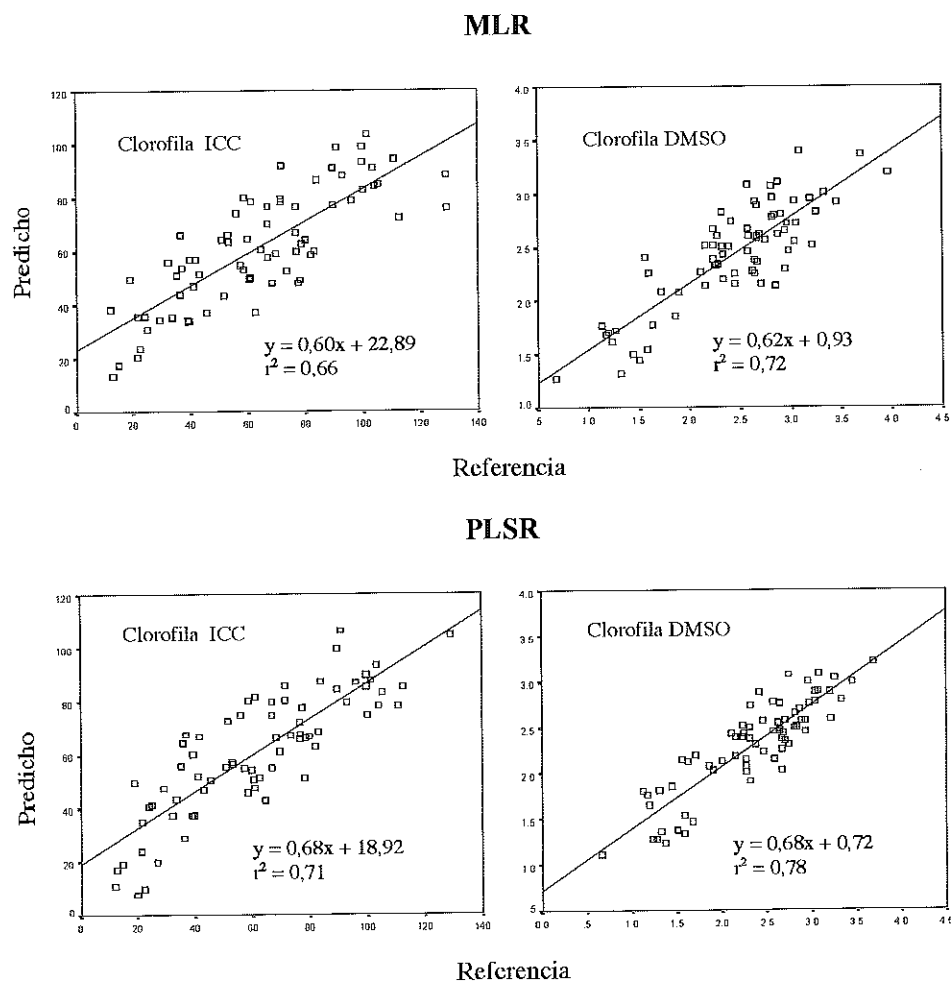


Figura 2. Relación entre valores predichos por NIRS y obtenidos por los métodos de referencia, de las muestras de validación con primera derivada, para clorofila ICC y DMSO (mg/g), usando regresión lineal múltiple (MLR) y regresión por mínimos cuadrados parciales (PLSR).

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por los proyectos de la Junta de Castilla y León (CSI 6/01) y del Ministerio de Ciencia y Tecnología (AGL2002-02766 AGR-FOR). Se agradece la colaboración prestada por J.C. Estévez, M. Miguélez y Y. Arnaiz.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARNON, D.I., 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenol-oxidase in *Beta vulgaris*. *Plant Physiol.*, **24**, 1-15.
- DAUGHTRY, C.S.T.; WALTHALL, C.L.; KIM, M.S.; BROWN DE COLSTOUNE.; McMURTREY J.E., 2000. Estimating corn leaf chlorophyll concentration from leaf and canopy reflectance. *Remote Sens. Environ.*, **74** (2), 229-239.
- DEL POZO IBAÑEZ, M., 1983. *La alfalfa, su cultivo y aprovechamiento*. Ediciones Mundi-Prensa, 380 pp. Madrid (España).
- HISCOX, J.D.; ISRAELSTAM, G.F., 1979. A method for the extraction of chlorophyll from leaf tissue without maceration. *Can. J. Bot.*, **57**, 1332-1334.
- JIMÉNEZ MÁRQUEZ, A., 2003. Monitoring carotenoid and chlorophyll pigments in virgin olive oil by visible-near infrared transmittance spectroscopy. On-line application. *J. Near Infrared Spectrosc.*, **11**, 219-226.
- RICHARDSON, A.D.; DUIGAN, S.P.; BERLÍN, G.P., 2002. An evaluation of non invasive methods to estimate foliar chlorophyll content. *New Phytol.*, **153**, 185-194.
- TKACHUK, R., MELLISH, V.J., DAUN, J.K., MACRI, I.J., 1988. Determination of chlorophyll in ground rapeseed using a modified near infrared reflectance spectrophotometer. *JAOCS*, **65** (3), 381-385.
- WILLIAMS, P.C.; SOBERING, D.C., 1993. Comparison of commercial near infrared transmittance and reflectance instruments for analysis of whole grains and seeds. *J. Near Infrared Spectrosc.*, **1**, 25-32.

Producción y calidad de la alfalfa en los regadíos de la comarca de Esla-Campos (León)

R. GARCÍA, S. ANDRÉS y A. CALLEJA

Dpto. de Producción Animal I. Universidad de León. 24071 León

RESUMEN: Se estudia la evolución de un cultivar de alfalfa (*Medicago sativa* L. cv. 'Aragón') en la comarca Esla-Campos, provincia de León, a lo largo de cuatro campañas (1999/00 al 2002/03). Se aportan datos de producción, de parámetros químicos (proteína bruta, fibra neutro detergente, fibra ácido detergente y lignina) y de digestibilidad de los heno recogidos en cinco cortes por año.

Las producciones medias anuales han sido: materia seca (MS) $14\,653 \pm 1194$ kg ha⁻¹; materia seca digestible (MSD) $11\,159 \pm 1018$ kg ha⁻¹ y de proteína (PBkg) 2634 ± 263 kg ha⁻¹.

El porcentaje de proteína fue del 17% en los tres primeros aprovechamientos y superó el 20% en los dos últimos; la digestibilidad de la materia seca se situó por encima del 73% y alcanzó el 83 % en el quinto corte.

Palabras clave: Composición química, digestibilidad, variedad Aragón.

Production and quality of alfalfa in the irrigable of the district of Esla-Campos (León)

SUMMARY: The evolution is studied on a cultivate of alfalfa (*Medicago sativa* L. cv 'Aragon') in the district Esla-Campos, county de Leon, during four years (1999/00 at the 2002/03). Production data and chemical parameters (crude protein, fibre neuter detergent, fibre acid detergent and lignin) and digestibility of the hays picked up in five cuts per year.

The mean annual productions have been: dry matter, $14\,653 \pm 1194$ kg ha⁻¹; dry matter digestible (DMD) $11\,159 \pm 1018$ kg ha⁻¹ and protein (CPkg) 2634 ± 263 kg ha⁻¹.

The protein percentage was of 17% in the first three cuts and it overcame 20% in both last; the digestibility of the dry matter is located above the 73% it reached 83% in the fifth court.

Key words: Chemical composition, digestibility, variety Aragon.

INTRODUCCIÓN

La superficie destinada al cultivo de la alfalfa, en la Comunidad Autónoma de Castilla y León, ha disminuido el 14% en los últimos doce años hasta ocupar, en el año 2002, un total de 59 508 ha (Anónimo, 2003); sin embargo el interés por este producto, en el mercado de la alimentación, permite pensar en un cambio de esta tendencia.

Durante el último trienio se ha producido la apertura de nuevas plantas de deshidratación y se ha incrementado la capacidad de secado así, a este fin, se han destinado entre 17 160 y 18 397 ha, todavía insuficientes para satisfacer la gran demanda de este producto que debe importarse de otras Comunidades, fundamentalmente de Aragón y Cataluña (Anónimo, 2003; AIFE, 2003).

El 70% de la alfalfa, es producto "en rama" que se destina para autoconsumo de las explotaciones o tiene mercados bastante fijos, mayoritariamente de ámbito local. La superficie destinada a este fin tiende a incrementarse, a medida que los ganaderos la incluyen cada vez más en las raciones de sus animales.

En la provincia de León, la comarca Esla-Campos agrupa 15 000 ha de regadío en la margen izquierda de los ríos Esla y Porma; son aptas para el cultivo de la alfalfa, al que se destinan unas 1000 ha. En la zona se asienta una ganadería de producción de leche de máxima importancia en la provincia y el forraje es clave para su mantenimiento (Mantecón y Lavín, 1995); sin embargo las características de las explotaciones agrícolas presentan una serie de problemas estructurales, tales como el reducido tamaño de las parcelas (de 2,25 ha de media) que complica la atención a los turnos de riego y el sistema del mismo, ya que la mitad de los regadíos se realizan "por pie"; estos inconvenientes pueden resolverse en un futuro inmediato si se ponen en marcha proyectos de reconcentración y cambio por sistemas de aspersión (Anónimo, 2003).

La alfalfa es un cultivo con futuro en esta comarca, tanto por sus características como por las continuas penalizaciones al maíz (cultivo con quien compite) y por las previsibles reducciones de los pagos compensatorios en próximos años.

El objetivo de este trabajo es aportar datos de producción y calidad de la alfalfa para que agricultores y ganaderos de la zona utilicen una información más cercana y eviten referencias que proceden de ámbitos geográficos y climáticos muy diferentes y alejados.

MATERIAL Y MÉTODOS

La experiencia se ha realizado en la localidad de Mansilla Mayor, de la provincia de León, a una altitud de 796 m, en una parcela de regadío de cuatro hectáreas de superficie y suficientemente representativa de los regadíos de la comarca Esla-Campos.

El suelo es de textura franco arcillosa y básico (pH=6,8), con los siguientes valores de sus parámetros, en diferentes fechas de la experiencia:

	15/4/2000	15/10/2000	1/12/2002
Materia orgánica (%)	1,57	2,10	1,35
Nitrógeno total (%)	0,13	0,15	0,11
C/N	6,80	7,90	6,90
Fósforo (ppm)	11,50	8,10	3,50
Potasio (ppm)	110,00	86,00	86,00
C.I.C	9,90	13,60	11,60

La implantación se realizó el 15 de noviembre de 1998 a razón de 25 kg ha⁻¹ conjuntamente con cebada (120 kg ha⁻¹), por lo que la campaña 1998/99 no se consideró para la producción de la alfalfa. La persistencia en las diferentes campañas ha sido la siguiente: 215 plantas m⁻² (15/5/2000), 205 (20/4/2001), 200 (27/3/2002) y 140 (14/3/2003).

La parcela fue cubierta totalmente de estiércol de vacuno durante dos campañas, la previa y la de implantación (1997/98 y 1998/99) a razón de unas 40 t ha⁻¹. En la campaña 2001/02, a la salida del invierno, se aportó abonado mineral a razón de 50 kg ha⁻¹ de P₂O₅; 75 kg ha⁻¹ de K₂O y 10 kg ha⁻¹ de MgO.

Las malas hierbas nunca llegaron a ser excesivas en el primer corte, por lo que la utilización de herbicidas no ha sido necesaria. A principio de temporada se controlaron las plagas más habituales de cuca y gusano verde.

El riego es por pie, sin que haya problemas de agua ni de turnos; siendo escasos o nulos los realizados antes del primer corte, en julio-agosto cada 8-10 días.

Se suelen dar 4-5 cortes al año, siendo el quinto opcional, muy ligado a la climatología y a las posibilidades de conservación. Se siega con sistema de barra de corte acoplada al tractor, con una anchura de 190 cm y con una altura de corte de siete centímetros. Se utiliza el rastrillo hilerador clásico, con un solo pase, recogiendo el heno, en pacas prismáticas pequeñas y sólo en algún corte esporádico en forma de rotopacas.

Las fechas de corte se reflejan en la Tabla 1, así como las condiciones del henificado. El periodo de secado ha variado desde los 2-4 días para los cortes segundo a cuarto (condiciones buenas) hasta más de ocho días en los cortes primero y quinto (condiciones malas).

La producción se obtuvo pesando todo el heno de la parcela que se transformó en materia seca con los datos de humedad.

En cada corte se tomaron muestras por duplicado de ocho pacas de heno, elegidas al azar, para la determinación de la humedad, análisis químicos y digestibilidad. Se secaron a 60° C hasta peso constante y se molieron, utilizando luz de malla de 1 mm.

Los análisis realizados fueron: el N Kjeldahl, para obtener el contenido en proteína bruta (PB); los componentes de la pared celular, fibra neutro detergente (FND), fibra ácido detergente (FAD) y lignina (LIG) que fueron analizados según la técnicas propuestas por Goering y Van Soest (1970) y Van Soest *et al.* (1991) y

adaptada por Ankom (1998). La digestibilidad *in vitro* de la materia seca de las muestras (DMS) se determinó de acuerdo con la técnica propuesta por Goering y Van Soest (1970), con las modificaciones introducidas en el procedimiento Ankom (Ankom, 1998; Bochi *et al.*, 1997), con incubación en bolsas de material sintético poroso.

Tabla 1. Características de los momentos de la siega y de las condiciones del henificado.

2000				2001			
Corte	Fecha	Fenología	Henific.	Corte	Fecha	Fenología	Henific.
1	30-V	Vegetativo	Regular	1	7-V	Vegetativo	Regular
3	8-VII	In-flor. (11%)	Regular	3	15-VI	In-flor. (10%)	Bueno
3	20-VIII	Pl-flor. (50%)	Regular	3	23-VII	In-flor. (15%)	Bueno
4	5-X	In-brotación	Bueno	4	30-VIII	In-flor. (25%)	Bueno
5	30-X	Vegetativo	Regular	5	20-X	Vegetativo	Malo
2002				2003			
Corte	Fecha	Fenología	Henific.	Corte	Fecha	Fenología	Henific.
1	20-V	Botones	Regular	1	15-V	Botones	Bueno
3	29-VI	Pl-flor. (50%)	Bueno	3	30-VII	Pl-flor. (50%)	Bueno
3	5-VIII	In-flor. (30%)	Bueno	3	4-VIII	In-flor. (25%)	Bueno
4	20-IX	In-flor. (25%)	Regular	4	13-IX	In-flor. (22%)	Bueno
5	20-X	Vegetativo	Regular	5	30-X	Vegetativo	Regular

In-flor.- Inicio de floración. Pl-flor.- Plena floración. In-brotación.- Inicio de brotación.
Henific.- Condiciones del henificado.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Si bien la bibliografía generada por la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos aporta información extensa sobre la producción y la calidad de la alfalfa en distintas regiones españolas; sin embargo se apoya en metodologías dispares, parcelas de experimentación de diversos tamaños, métodos de siembra, datos referidos a forraje, a heno, manejos diversos, etc., todo ello dificulta las comparaciones y la extrapolación a situaciones concretas.

En la Tabla 2 se muestran los valores de producción, digestibilidad y composición química de los henos de alfalfa en cada corte a lo largo del periodo de cuatro años y en la tabla 3 los datos anuales y medios de toda la experiencia.

La producción media anual ha sido de 14 653 kg ha⁻¹, con los valores más altos el primero y el segundo año y con un importante descenso el cuarto; la alfalfa se desarrolló con suficiente vigor y su implantación fue adecuada, solamente el último año la persistencia del cultivo disminuyó ostensiblemente (35%) y tuvo su reflejo en la caída de producción. El año de implantación no se ha considerado puesto que se sembró con cebada (práctica habitual) y se recogió el cereal.

Estos valores superan a los obtenidos en zonas pirenaica de mayor altitud, (Amella *et al.*, 1985) y son coincidentes con los de otras variedades en el sur de la península (Crespo *et al.*, 1983) pero menores que los descritos en el Valle del Ebro (Ramón *et al.*, 1986; Santiveri *et al.*, 1999), Lérida (Lloveras *et al.*, 1986), Valle del Guadiana (Olea *et al.*, 1985), Navarra (Mangado y Ameztoy, 1997), si bien en estos trabajos, las parcelas de experimentación son de tamaño más reducido y, a veces, los datos de forraje requieren su transformación en términos de heno.

La distribución de la producción a lo largo de los cortes ha sido: 27% en el primero, 67% entre el segundo y el cuarto y el 6% en el último. El primer corte es clave para el rendimiento final; está ligado tanto a las condiciones meteorológicas como a la presencia de malas hierbas y, sobre todo, de plagas que aconsejan adelantarlo; la consecuencia inmediata es un descenso de producción y posiblemente una mayor importancia del último aprovechamiento. Si las condiciones son favorables el aprovechamiento se retrasa hasta la formación de botones florales y el segundo tiende a alargarse hacia el estado de plena floración.

Tabla 2. Producción (kg MS ha⁻¹), digestibilidad y composición química (% MS) de los henos de alfalfa en cada corte.

Cortes	2000	2001	2002	2003	Media	EE
1Corte kg ha ⁻¹	4917	3723	4044	3394	4020	327
% Digestibilidad	75,71	82,27	76,20	78,75	78,23	1,50
% PB	14,40	18,98	16,75	17,76	16,97	0,97
% FND	48,75	54,18	39,89	39,86	45,67	3,52
% FAD	36,88	26,12	27,84	23,96	28,70	2,84
% LIG	7,33	5,18	6,20	5,09	5,95	0,52
2Corte kg ha ⁻¹	3981	3788	4410	3396	3894	211
% Digestibilidad	77,31	75,14	71,37	69,14	73,24	1,84
% PB	16,88	18,29	16,03	16,61	16,95	0,48
% FND	48,73	46,14	49,02	44,95	47,21	0,99
% FAD	38,52	32,77	35,53	31,81	34,66	1,51
% LIG	7,73	6,68	7,50	6,63	7,14	0,28
3Corte kg ha ⁻¹	3674	3520	3374	2288	3214	315
% Digestibilidad	71,79	78,00	74,47	69,75	73,50	1,78
% PB	15,32	19,21	17,60	15,94	17,02	0,88
% FND	52,64	43,62	52,34	50,46	49,77	2,10
% FAD	42,83	31,10	34,09	35,49	35,88	2,49
% LIG	9,38	6,68	7,65	7,86	7,89	0,56
4Corte kg ha ⁻¹	2987	3382	2696	1385	2613	433
% Digestibilidad	82,60	76,63	75,16	77,09	77,87	1,63
% PB	21,95	20,07	18,71	18,70	19,86	0,77
% FND	34,84	42,58	46,44	40,03	40,97	2,43
% FAD	25,26	29,75	31,19	24,97	27,79	1,57
% LIG	5,63	6,57	7,59	6,05	6,46	0,42
5C kg ha ⁻¹	597	1994	300	763	914	373
% Digestibilidad	82,27	82,18	80,00	86,66	82,78	1,40
% PB	24,95	25,18	22,00	25,14	24,32	0,77
% FND	-	42,38	-	30,85	36,62	4,08
% FAD	-	26,26	-	17,15	21,71	3,22
% LIG	-	5,56	-	4,19	4,88	0,48

EE= Error estandar.

Tabla 3. Producción (MS), materia seca digestible (MSD) y kilogramos de proteína (PBkg) del heno de alfalfa, en el periodo 2000-2003 (en kg ha⁻¹).

	2000	2001	2002	2003	Media	EE
Producción	16 156	16 407	14 824	11 226	14 653	1194
MSD	12 396	12 885	11 008	8346	11 159	1018
PBkg	2747	3257	2549	1982	2634	263

EE= Error estandar

La materia seca digestible (MSD) ha sido de 11 159 kg ha⁻¹ año⁻¹ y su evolución es similar al de la producción de materia seca, los valores de digestibilidad son relativamente homogéneos (entre 73% y 78% de media en los primeros cortes) llegando a alcanzar el 83 % en el quinto (menos productivo). Estos valores, aparentemente superiores a los dados por Amella *et al.* (1985), Olca *et al.* (1985) y Ramón *et al.* (1986) se deben al propio parámetro de digestibilidad de materia seca real utilizado por nosotros, sin embargo, la evolución del mismo es coincidente.

La producción de proteína (PBkg) es de 2634 kg ha⁻¹ año⁻¹, distribuyéndose el 20-26% en cada corte excepto en el último que representa únicamente el 8,5%, dado que es el que menos producción de materia seca tiene. Los porcentajes de proteína se sitúan en el 17% en los tres primeros aprovechamientos, alcanza el 20% en

el cuarto corte y supera el 24% en el quinto. Estos valores están en consonancia con los que se describen para la variedad Aragón (Lloveras *et al.*, 1986; Mangado y Ameztoy, 1997) y en el caso de regadíos en Navarra en parcelas agrícolas de gran superficie y con sistemas de manejo tradicionales.

Los parámetros químicos guardan relación con el estado de desarrollo de la planta en el momento del corte y el proceso de henificado altera en distinta medida sus valores; en esta comarca, el proceso de henificado siempre se ha realizado con gran precaución y cuando las condiciones climatológicas han sido malas, las pérdidas de MS y de calidad han estado por debajo del 16,9% de materia seca; 2,9% de proteína y 6,6% de digestibilidad (González *et al.*, 2002), muy alejadas de las descritas por Amella *et al.* (1984) y que minimizan las diferencias que en la bibliografía se describen cuando se dan datos de forraje y de heno.

CONCLUSIONES

La potencialidad forrajera de la alfalfa en la comarca Esla-Campos queda de manifiesto con los datos de producción, MSD y PBkg a lo largo de cuatro años de cultivo; esta información debe resultar de utilidad para estudios económicos y de viabilidad de las explotaciones agrarias en la comarca.

La calidad del heno, medida en porcentaje de proteína y de digestibilidad es alto en todos los cortes, especialmente en el último aunque su aprovechamiento sea el que presenta mayor dificultad.

Hay circunstancias desfavorables para la competitividad de este cultivo, unas son debidas a las estructuras propias de la comarca, tipo de riego, tamaño de las parcelas y otras a la inadecuada utilización de la fertilización PK, siembra con tutor y a la falta de alternativas al henificado en los cortes primero y último.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AIFE, 2003. El forraje desecado en cifras. En <http://www.aife.es/forraje.html> (15-encro-2004)
- AMELLA, A.; FERRER, C.; MAESTRO, M.; BROCA, A., 1984. Henificación en la depresión media Prepirenaica: producciones, mermas y calidad. *Pastos*, **14** (1), 77-91.
- AMELLA, A.; FERRER, C.; MAESTRO, M.; BROCA, A., 1985. Rendimientos y calidad de alfalfares en regadío y en secano, en la depresión Prepirenaica. *Pastos*, **15** (1-2), 159-173.
- ANKOM, 1998. Procedures for fiber and in vitro analysis. En <http://www.ankom.com>
- ANÓNIMO, 2003. Dossier forrajes, campaña 2003. *Tierras*, **92**, 73-82.
- BOCHI, O.; LÓPEZ, S.; GONZÁLEZ, J. S.; OVEJERO, J., 1997. Determinación de la digestibilidad in vitro de forrajes: comparación entre el procedimiento Daisy-Ankom y la técnica convencional. *Itea*, **18**, vol. extra, 37-39.
- CRESPO, A.; OLEA, L.; PAREDES, J.; BRACHO, G., 1983. Estudio de variedades de alfalfa para regadíos del valle bajo del Guadalquivir. *Pastos*, **13** (1-2), 85-94.
- GOERING, M. K.; VAN SOEST, P. J., 1970. Forage Fiber Analysis (apparatus, reagents, procedures and some applications). *Agricultural Handbook*, **379**, USDA, Washington.
- GONZÁLEZ, V.; GARCÍA, R.; MORO, A.; CALLEJA, A., 2002. Pérdidas mecánicas de valor nutritivo y digestibilidad in vitro en el henificado de alfalfa. En *Producción de pastos, forrajes y céspedes*, 425-430. Ed. C. CHOCARRO, F. SANTIVERI, R. FANLO, I. BOVET, J. LLOVERAS. Universitat de Lleida.
- LLOVERAS, J.; ARAGAY, M.; BETBESÉ, J. A., 1986. Producción y variedades de alfalfa en los regadíos de Lleida. *Actas de la XXXIII Reunión Científica de la SEEP*, 269-273.
- MANGADO, J. M.; AMEZTOY, J. M., 1997. Abonado orgánico en alfalfa, respuesta en producción y calidad a diferentes aportaciones. En *Los pastos extensivos*, 347-357. Ed. Dirección General de Investigación y Formación Agraria. Junta de Andalucía. Sevilla.
- MANTECÓN, A. R.; LAVÍN, M. P., 1995. Evolución en la utilización del territorio: la provincia de León como modelo. En *Desarrollo rural: propiedad agraria y utilización del territorio*, 65-88. Ed. A.R. MANTECÓN, I. MARTÍNEZ, CSIC.
- OLEA, L.; PAREDES, J.; VERDASCO, P., 1985. Estudio de variedades de alfalfa para los regadíos del Sur-Oeste de España. *Pastos*, **15** (1-2), 95-104.

- RAMÓN, J.; DELGADO, I.; VALDERRÁBANO, J., 1986. Primeros resultados sobre la respuesta de la alfalfa al pastoreo de ovino. En *Actas de la XXVI Reunión Científica de la SEEP*, 99-105.
- SANTIVERI, P.; GONFAUS, M.; I.LOVERAS, J., 1999. Influencia de las dosis de siembra en los componentes del rendimiento y la producción de materia seca en la alfalfa. En *Actas de la XXXIX Reunión Científica de la SEEP*, 273-277.
- VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, **71**, 3583-3597.

Evaluación de la producción y de la calidad forrajera de variedades de alfalfa (*Medicago sativa* L.), en el Nordeste de España

J. SALVIA FUENTES¹, J. SERRA GIRONELLA¹, M. ARAGAY BENERIA² y M. GRATOVIL XARBAU²

¹Àrea de Conreus Extensius. IRITA- Fundació Mas Badia. Estació Experimental Agrícola Mas Badia. 17134 La Tallada d'Empordà (Girona). ²DARP. Laboratori Agroalimentari de Cabrils. Carretera de Vilassar de Mar a Cabrils, s/n. 08348 Cabrils (Barcelona).

RESUMEN: La alfalfa es la especie forrajera con una mayor superficie cultivada en las comarcas de Girona, siendo el ecotipo 'Empordà' el más cultivado. El objetivo de este trabajo ha sido evaluar la producción y la calidad de variedades de alfalfa, conjuntamente con el ecotipo 'Empordà', en la provincia de Girona, durante los años 1999, 2000 y 2001, en condiciones de regadío. Las variedades ensayadas han sido 'Altiva', 'Aragón', 'Aurora', 'Baraka', 'Campera', 'Empordà', 'Europa', 'Miral' y 'Nogara'.

'Aurora' ha sido la variedad más productiva, con un rendimiento anual medio de 20,3 t ha⁻¹, seguida por 'Nogara' y 'Empordà'. 'Aragón' y 'Baraka' han presentado el menor rendimiento del ensayo, difiriéndose significativamente de 'Aurora'.

'Miral', 'Aurora', 'Campera' y 'Nogara' han mostrado el mayor contenido de proteína bruta, aunque no han diferido significativamente con las restantes variedades. No se han observado diferencias significativas en el contenido de lignina y en el RFV. Las variedades 'Europa' y 'Baraka' se han presentado como las más digestibles, con 62,4 y 62,3 % s.m.o., respectivamente.

Palabras clave: Ensayo de variedades, ecotipo, proteína bruta, Relative Feed Value.

Evaluation of production and forage quality in alfalfa cultivars in Northeastern Spain

SUMMARY: Alfalfa is the main forage crop in Girona and 'Empordà' the most important variety in this area. The goal of the experiment has been to evaluate yield and forage quality of different alfalfa varieties, including 'Empordà', in irrigated conditions, in Girona for years 1999, 2000 & 2001. The varieties that have been tested were 'Altiva', 'Aragón', 'Aurora', 'Baraka', 'Campera', 'Empordà', 'Europa', 'Miral' and 'Nogara'.

'Aurora' have achieved the best yield, 20.3 t ha⁻¹ year⁻¹, followed by 'Nogara' and 'Empordà'. 'Aragón' and 'Baraka' produced the lowest yield in the trial, which has been significantly different from 'Aurora' yield.

'Miral', 'Aurora', 'Campera' and 'Nogara' have shown the highest crude protein content, although it has not been significantly different from the other varieties. No significant differences have been observed on lignin content and RFV, neither. 'Europa' and 'Baraka' have been the most digestible varieties, 62.4 and 62.3 % (over organic matter), respectively.

Key words: Variety-trials, ecotype, crude protein, Relative Feed Value.

INTRODUCCIÓN

Debido a las ayudas comunitarias a la industrialización de la alfalfa se ha observado en los últimos años un aumento de la superficie de este cultivo en la zona del nordeste de España (Valle del Ebro y Girona), que ha incidido en un mayor interés por parte de los agricultores en conocer la adaptación de las nuevas variedades introducidas por las empresas comercializadoras de semillas. En el año 2000, en las comarcas de Girona, se cultivaban 12 144 ha de alfalfa (Pujol y Armadàs, 2002), la mayoría de las cuales del ecotipo 'Empordà' ('Ampurdán').

Diversos estudios realizados en los últimos años en la zona nordeste de España han evaluado la adaptación de variedades de alfalfa. Alboquers *et al.* (1986) y Sánchez *et al.* (1992) mediante un programa de introducción varietal de variedades extranjeras, realizado a las comarcas barcelonesas, concluyeron que las variedades californianas, 'Cibola', 'Cargo', 'Salton' y 'CUF 101', tuvieron un mejor rendimiento que las variedades locales, como el ecotipo 'Aragón'. Posteriormente, en los regadíos de Lleida se han observado un grupo de variedades,

tales como 'GT R13 Plus', 'Empordà' y '13R Supreme', que se han mostrado superiores productivamente a la tradicional 'Aragón', debido básicamente a su tolerancia a nemátodos del tallo (Lloveras *et al.*, 1995, 1997, 1998, 1999, 2000). En Zaragoza se han evaluado un conjunto de dieciocho variedades agrupándolas en función de la rapidez de rebrote, precocidad de floración, sensibilidad a enfermedades, producción y persistencia (Delgado, 2003). En la provincia Girona no se dispone de información sobre la adaptación de las variedades ni de aspectos culturales del cultivo de la alfalfa, por lo que el objetivo del presente estudio ha sido la evaluación de variedades comerciales conjuntamente con el ecotipo más cultivado ('Empordà'), en las que se ha estimado tanto su rendimiento productivo como su calidad forrajera.

MATERIAL Y MÉTODOS

La experiencia se ha realizado en la Estació Experimental Agrícola Mas Badia situada en La Tallada d'Empordà, en la provincia de Girona (nordeste de España), durante los años 1999, 2000 y 2001. Según Lloveras *et al.* (1998) tres años son suficientes para identificar las mejores variedades de un ensayo. Las características agroclimáticas de la zona objeto de ensayo son 634 mm anuales de precipitación y una temperatura media de 14,9 °C, con un clima mediterráneo litoral. El ensayo se realizó sobre un suelo de origen aluvial clasificado como Xerofluent oxiácuico, franca gruesa, mezclada, calcárea, térmica (Soil Survey Staff, 1992), con una textura en el horizonte superficial franca.

Se han evaluado diez variedades de alfalfa: 'Altiva', 'Empordà', 'Aragón', 'Aurora', 'Baraka', 'Campera', 'Europa', 'Miral', 'Nogara' y 'Pascal'. 'Empordà' y 'Aragón' son ecotipos de alfalfa, cultivados en la zona nordeste de España, en la comarca del Empordà (Girona), y en el Valle del Ebro, respectivamente. Todas las variedades estudiadas son erectas, siendo 'Europa' una alfalfa flamenca y las restantes variedades intermedias (Delgado, 2003).

El diseño estadístico ha sido de bloques al azar con tres repeticiones, siendo el tamaño de la parcela de 6 m², correspondientes a 1,2 m de ancho y 5 m de largo. El ensayo se sembró el día 17 de febrero de 1999, con una sembradora de microparcels, en líneas separadas 15 cm, a una dosis de 30 kg ha⁻¹ de semilla. Se han realizado tres aportaciones de abono, una antes de la siembra y dos en cobertera (en los meses de enero de 2000 y 2001), a la razón de 0-150-200 kg ha⁻¹ de N-P₂O₅-K₂O. La experiencia se hizo en condiciones de regadío. El número de cortes ha variado dependiendo del año entre cuatro y seis. El momento de aprovechamiento de la parcela se ha efectuado a inicio de floración de la mayoría de las variedades ensayadas, realizando todos los cortes el mismo día para todas las variedades, con una motosegadora.

Se ha determinado, en todas las parcelas y en cada momento de corte, la producción de materia seca. El contenido de materia seca se ha determinado mediante el secado de una muestra de 200-300 g de alfalfa fresca en una estufa de aire forzado a 60°C durante 72 horas. Las determinaciones de calidad, para cada variedad, corte y año, se han realizado en una muestra compuesta obtenida a partir de submuestras de cada repetición. El contenido en proteína bruta y lignina se ha determinado por espectrofotometría en el infrarrojo cercano (NIRS). Se ha calculado el Relative Feed Value (RFV) empíricamente mediante el contenido en fibra ácido detergente (FAD) y fibra neutro detergente (FND) (Linn *et al.*, 1994). La FAD se ha determinado por NIRS y la FND (Van Soest *et al.*, 1991) y la digestibilidad enzimática por el método FND-celulosa (DCEL) (Rivcros y Argentería, 1987).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se han presentado diferencias significativas ($p < 0,0001$) en el rendimiento medio anual de las variedades ensayadas, en el conjunto de tres años (Tabla 1). 'Aurora' se ha mostrado como la variedad más productiva, con un rendimiento medio anual de 20,3 t ha⁻¹, difiriendo significativamente de 'Aragón' y 'Baraka'. La siguen 'Nogara' y 'Empordà', aunque con diferencias inferiores a 0,1 t ha⁻¹. Ensayos realizados en los regadíos de Lleida han mostrado que la variedad 'Aurora' tenía un comportamiento productivo similar a 'Empordà', pero superior a 'Nogara' (Lloveras *et al.*, 1998). Sin embargo en condiciones de la zona media del Valle del Ebro, las variedades 'Aurora' y 'Nogara' se agrupaban en un mismo grupo de producción, superior al grupo perteneciente a 'Empordà', en datos de tercer año de ensayo (Delgado, 2003).

Tabla 1. Producción de materia seca ($t\ ha^{-1}$), de los años 1999, 2000, 2001, de las variedades de alfalfa ensayadas en condiciones de regadío en La Tallada d'Empordà (Girona).

Variedad	Primer año	Segundo año	Tercer año	Total
Aurora	15,2	20,0	25,8	20,3 a
Nogara	15,1	18,9	26,4	20,2 a b
Empordà	15,2	19,3	24,8	20,1 a b
Pascal	14,4	18,8	27,4	19,8 a b
Altiva	14,7	18,1	23,2	19,1 a b
Campera	13,1	19,1	25,1	18,7 a b
Europa	12,3	19,6	24,1	18,7 a b
Miral	12,4	17,6	24,3	18,1 a b
Aragón	11,8	19,3	23,1	18,1 b
Baraka	11,2	16,0	21,5	16,2 b
Media	13,5	18,7	24,6	18,9
p-valor de variedad				<,0001
p-valor de año				<,0001
p-valor de la interacción año*variedad				0,5241

Letras diferentes en las misma columna representan diferencias significativas a $P \leq 0,05$ por el test de Tukcy.

La producción media de todas las variedades en los tres años de ensayo ha sido de $18,9\ t\ ha^{-1}$ de materia seca. Ésta ha variado en función del año, siendo el tercero el más productivo, con un incremento del 30 % respecto a la media anual, y el primer año el menos productivo, con una disminución del 29 %. Sin embargo Lloveras *et al.* (1998) concluyeron que el segundo año presenta el mejor rendimiento, con base a nueve ensayos de evaluación de variedades realizados en los regadíos de Lleida.

El comportamiento de las variedades en los diferentes años ha sido similar ($p=0,5241$), encontrándose 'Aurora', 'Nogara' y 'Empordà' entre las más productivas en los tres años de ensayo.

No se ha analizado estadísticamente el comportamiento varietal en función del número de corte, ya que el efecto de corte está jerarquizado a año, debido a que el número de cortes varia en función del año (Voltas, 2004). No obstante, destacar un rebrote otoñal más importante en las variedades 'Empordà' y 'Altiva', también observado por Lloveras *et al.* (1998). Igualmente, 'Aurora' ha mostrado el rebrote primaveral más productivo (datos no publicados).

En la Tabla 2 se pueden observar los datos medios de la composición química, RFV y DCEL de todas las variedades de alfalfa. El análisis de la varianza del contenido en proteína bruta ha detectado diferencias signi-

Tabla 2. Composición química, relative feed value y digestibilidad de los años 1999, 2000 y 2001, de las variedades de alfalfa ensayadas en condiciones de regadío en La Tallada d'Empordà (Girona).

Variedad	Contenido en proteína bruta (% s.m.s.)	Contenido en lignina (% s.m.s.)	Relative Feed Value	Digestibilidad enzimática FND-celulosa (% s.m.o.)
Altiva	19,0 a	7,55	130,0	60,1 b
Empordà	18,7 a	7,38	133,4	60,8 a b
Aragón	19,3 a	7,20	140,4	62,0 a b
Aurora	19,8 a	7,27	131,8	61,5 a b
Baraka	18,9 a	7,21	134,4	62,3 a
Campera	19,8 a	7,23	132,7	61,7 a b
Europa	19,5 a	7,37	132,7	62,4 a
Miral	19,9 a	7,29	130,4	60,9 a b
Nogara	19,8 a	7,12	134,0	61,5 a b
Pascal	19,7 a	7,29	131,7	61,5 a b
p-valor de año	<,0001	<,0001	0,1384	<,0001
p-valor de variedad	0,0213	0,1888	0,1873	0,0120
p-valor de la interacción año*variedad	0,6589	0,0839	0,6778	0,5572

Letras diferentes en las misma columna representan diferencias significativas a $P \leq 0,05$ por el test de Tukcy.

ficativas entre variedades, aunque el test de 'Tukey no ha diferido significativamente variedades entre ellas. Cabe destacar que 'Miral', 'Aurora', 'Campera' y 'Nogara' se encuentran entre las variedades con mayor contenido en proteína bruta, y 'Empordà' y 'Baraka' se han presentado entre las de menor. No se ha mostrado diferencias significativas en el contenido en lignina ($p=0,1888$) y en el RFV entre variedades. La DCEL ha presentado diferencias significativas ($p=0,0120$) entre variedades, siendo las variedades 'Europa' y 'Baraka' las más digestibles, con 62,4 y 62,3 % s.m.o., respectivamente, difiriendo significativamente de 'Altiva' como la menos digestible del ensayo, con 60,1 % s.m.o.

CONCLUSIONES

'Aurora' ha sido la variedad más productiva, con un rendimiento anual medio de 20,3 t ha⁻¹, seguida por las variedades 'Nogara' y 'Empordà', con diferencias de producción inferiores a 0,1 t ha⁻¹. 'Aragón' y 'Baraka' han presentado el menor rendimiento del ensayo, difiriéndose significativamente de 'Aurora'.

'Miral', 'Aurora', 'Campera' y 'Nogara' han mostrado el mayor contenido de proteína bruta, aunque no han diferido significativamente entre las restantes variedades. No se han observado diferencias significativas en el contenido de lignina y en el RFV. Las variedades 'Europa' y 'Baraka' se han presentado como las más digestibles, con 62,4 y 62,3 % s.m.o., respectivamente.

AGRADECIMIENTOS

Los ensayos se han realizado dentro del convenio de colaboración entre la Asociación de Frisona de Girona (AFRIGI), el Servei de Millora i Extensió Ramadera (SEMEGA), el Departament d'Agricultura, Ramaderia i Pesca (DARP) de la Generalitat de Catalunya, el Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries (IRTA) y la Fundació Mas Badia, en el marco del Campus Agroalimentari de Girona.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBORQUERS, J.; CLAVERO, A.; CASAÑAS, F.; BOSCH, L., 1986. Valoración agronómica de 101 variedades de alfafa (*Medicago sativa* L.) en la comarca del Vallès Occidental. *Pastos*, **14**, 221-231.
- DELGADO, I., 2003. La alfalfa. Estudio comparativo de variedades comercializadas en España. *Agricultura*, **854**, 592-596.
- LINN, J.G.; HUTJENS, M.F.; SHAVER, R.; OTTERBY, D.E.; HOWARD, W.T.; KILMER, L.H., 1994. Feeding the dairy herd. *Minnesota Extension Service. University of Minnesota, USA*, 14.
- LLOVERAS, J.; LANZACO, O.; PEDRÓS, C.; GRACIA, P.; SOLDEVILA, J.; MERINO, E.; BETBESÉ, J.A.; ARENY, J.; LÓPEZ, A., 1995. Varietats d'alfals en els regadius de Lleida. *Catalunya Rural i Agraria*, **8**, 11-15.
- LLOVERAS, J.; BETBESÉ, J.A.; LÓPEZ, A.; NADAL, L.; BAGÀ, M.; BOFIAS, P., 1997. Varietats d'alfals als regadius de Lleida. *Catalunya Rural i Agraria*, **33**, 5-8.
- LLOVERAS, J.; LÓPEZ QUEROL, A.; BETBESÉ, J.A.; BAGÀ, M.; LÓPEZ FERNÁNDEZ, A., 1998. Evaluación de variedades de alfalfa en los regadios del Valle del Ebro: Análisis de las diferencias intervarietales. *Pastos*, **28**, 37-56.
- LLOVERAS, J.; BETBESÉ, J.A.; LÓPEZ QUEROL, A.; LÓPEZ FERNÁNDEZ, A.; BAGÀ, M., 1999. Varietats d'alfals en el regadiu de Lleida. *Catalunya Rural i Agraria*, **52**, 12-15.
- LLOVERAS, J.; LÓPEZ, A.; BETBESÉ, J.A.; BAGÀ, M.; LÓPEZ, A., 2000. Varietats d'alfals per al 2000. *Catalunya Rural i Agraria*, **66**, 31-34.
- PUJOL, M.; ARMADÀS, R., 2002. Producción y utilización de los forrajes en Catalunya. En *Actas de la XI.II Reunión Científica de la SEEP*, 211-226.
- RIVEROS, E.; ARGUMENTERÍA, A., 1987. Métodos enzimáticos de la predicción de la digestibilidad in vivo de la materia orgánica de forrajes. *Avances en Producción Animal*, **12**, 49.
- SÁNCHEZ, E.; VERDÚ, A.M.C.; CASAÑAS, F.; BOSCH, L., 1992. Prospecció de noves varietats d'alfals per a Catalunya. *ICEA. Quaderns Agraris*, **15**, 39-45.

SOIL SURVEY STAFF, 1992. *Keys to Soil Taxonomy*. Fifth Edition. SMSS Technical monograph USDA. Edición Pocahontas press, Inc, 556 pp. Blacksburg, Virginia (USA).

VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A., 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.*, **74**, 3583-3597.

VOLTAS, J., 2004. Comunicación personal.

Producción y calidad de los pastos estacionales de la zona Oeste de Salamanca valorando el efecto de la copa de los árboles y la topografía

R. MORALES CORTS y A. SERRANO MARTÍN

Facultad de Ciencias Agrarias y Ambientales. Universidad de Salamanca. Filiberto Villalobos 119. 37007. Salamanca. (España).

RESUMEN: En el presente trabajo se estima la producción estacional del pasto de dehesa en la zona oeste de la provincia de Salamanca valorando también su calidad a través del contenido en proteína y fibra bruta. Además se pretende estudiar las diferencias entre dos zonas de diferente topología y tipo de suelo y las diferencias entre el pasto producido debajo de las copas de los árboles y fuera de éstas. Los datos han sido recogidos durante la primavera y el otoño de 2000, el invierno de 2000-2001 y la primavera de 2001. Los resultados obtenidos muestran una baja producción, entorno a los 1000 kg MS ha⁻¹, centrada casi exclusivamente en la época primaveral, con variaciones notables en las dos primaveras analizadas. La zona más productiva de la dehesa es la parte de topografía llana y de menor altitud (1284,8 kg MS ha⁻¹) en la que aparece también una mayor proporción de gramíneas. Los valores debajo y fuera de las copas no difieren significativamente en producción de materia seca aunque la composición varía considerablemente con un porcentaje de gramíneas superior bajo las copas y mayor porcentaje de leguminosas fuera de éstas. No se han apreciado variaciones significativas en los porcentajes de proteína y fibra bruta del pasto, ni a nivel de zonas a, ni debajo o fuera de la influencia de los árboles.

Palabras clave: Materia seca, leguminosa, gramínea, proteína bruta, fibra bruta.

Seasonal quality and production of the West Salamanca grassland valuing under top and topography effects

SUMMARY: In this study seasonal production of dehesa natural grassland from west-Salamanca is analysed. The quality of the grassland is evaluated through floristic composition and protein and fibre levels. Differences between two places which present different topography are studied as well as effects produced by the trees. Information has been tested in spring and autumn 2000, winter 2000-2001 and spring 2001. Results show a very low biomass production (1000 kg DM ha⁻¹). This production appears mainly during spring. The dry matter production is higher in low altitude places which present the most higher graminea levels. Grass composition shows considerable differences racing highest legume levels out of the tree influence. No differences between places were found, neither tree influence, respect to Protein and fibre levels.

Key words: Dry matter, legume, grasses, protein, fibre.

INTRODUCCIÓN

Los pastos naturales de la dehesa se caracterizan por su baja producción, muy ligada siempre a la pluvio-rimetría, que provoca grandes diferencias productivas entre años y dentro del mismo año entre sus estaciones. De manera general, la mayor producción de pasto se genera durante la primavera (aproximadamente el 70% de la producción total anual); durante el otoño hay una producción secundaria y durante el invierno y el verano hay una producción pequeña o casi nula (Calabuig *et al.*, 1980). Valores por encima de los 1500 kg MS ha⁻¹ año⁻¹ pueden considerarse raros en las producciones de estos pastos naturales (Crespo, 2000). Según Fernández *et al.*, (1997) la producción depende de la precipitación de primavera, la fertilidad del suelo y la capacidad del suelo de retener agua. Estos factores también condicionan la composición específica de la comunidad herbácea y por tanto su calidad. Además de estos factores naturales, la acción del hombre también afecta a la producción de pasto (mediante laboreo, redileo, pastoreo, etc.). Según estudios realizados por Vázquez de Aldana *et al.*, (2002) la calidad de los pastos de dehesa en la provincia de Salamanca presenta una variación

significativa a escala espacial (gradiente topográfico) que afecta al contenido en proteína, fibra y digestibilidad. También el arbolado condiciona la producción del pastizal bajo su influencia, ya que según Montoya (1992), se alarga el ciclo de las especies herbáceas bajo la copa. La creación de un microclima bajo la copa, debido al efecto de sombra que genera, permite el desarrollo de otras especies vegetales más umbrófilas. Según Montero *et al.*, (1998) el arbolado aumenta la diversidad beta de la dehesa e influye sobre la germinación de las gramíneas, que es más rápida bajo la copa de la encina, efecto en el que es importante la influencia del suelo, del viento y la hojarasca del árbol. Este hecho hace que se amplíe la oferta de pastos de buena calidad y amortigua la fluctuación estacional de la producción. Además, la cantidad total de materia seca digestible producida anualmente por el estrato herbáceo bajo las copas de los árboles puede ser al menos similar, si no superior, a la producción en las zonas desarboladas (Gómez y Calabuig, 1992). Incluso, se puede afirmar que en los medios pobres, lo más corriente es que la producción sea claramente superior bajo la influencia de la encina.

El objetivo de este trabajo es valorar la producción y calidad del pasto en las distintas estaciones del año considerando dos zonas de dehesa de diferente topografía y estimando el efecto que producen las copas de los árboles.

MATERIAL Y MÉTODOS

Los datos han sido cuantificados en la Dehesa Boyal de Espeja (Monte U.P. 105) en el término municipal de Espeja (Salamanca) situado en la "Depresión de Ciudad Rodrigo". Los suelos de la zona son Regosoles Dúricos con textura arenosa, bajos contenidos de fósforo, ácidos y con muy baja capacidad de retención de agua. En cuanto al clima, la temperatura media de la zona es de 13°C y la precipitación de 530 mm anuales, mientras que el periodo medio de heladas se extiende desde el 3 de Noviembre al 8 de Abril y el periodo extremo de heladas desde el 15 de Septiembre al 17 de Mayo. El arbolado principal está formado por encinas (*Quercus rotundifolia*) con una media de 58 pies ha⁻¹.

El estudio se ha realizado diferenciando dos zonas de topografía diferente dentro de la Dehesa: Zona de ladera a 800 m de altitud, con una pendiente acusada (entorno al 25%) y con un pH de 4,6 y Zona baja, de topografía llana, a 715 m de altitud y con un pH de 6,1.

En cada una de las zonas, se recogieron en cada estación 24 muestras de pastos (primavera de 2000, otoño de 2000, invierno de 2000-2001 y primavera de 2001). Se tomaron, por otra parte, 24 repeticiones debajo de la copa de las encinas y 24 repeticiones fuera de las copas en cada una de estas estaciones. Las muestras se recogieron en cuadros de 50 x 50 cm.

Parámetros estimados

La producción del pasto se valoró mediante el método de Milner y Huges (1968).

La calidad del pasto se valoró mediante los siguientes análisis: composición florística del pasto, contenido en proteína bruta y contenido en fibra bruta. La composición florística del pasto se realizó a partir de la separación de las especies por familias: gramíneas, leguminosas y el resto de las especies se agruparon en conjunto como otras familias. El contenido en proteína bruta (PB) se determinó mediante el método Kjeldhal, y el contenido en fibra bruta siguiendo el método de la bolsa de filtrado.

Análisis estadístico

A través de análisis ANOVA con el programa Statgraphic-plus se ha estudiado, por un lado, si existen diferencias fuera y bajo las copas de las encinas en los parámetros analizados, y por otro, si aparecen diferencias entre las dos zonas de distinta topografía (800 m de altitud y pendiente acusada, 715 m de altitud y terreno llano). Cuando las diferencias resultaron significativas se realizó el test de Duncan, de manera que letras distintas en la misma columna de las tablas de resultados, indican la existencia de diferencias significativas. También se analizó la diferencia de producción de materia seca total en las dos primaveras incluidas en el estudio.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Producción de pasto

Las producciones que se han obtenido son bastante bajas con valores anuales en las distintas zonas topográficas, con o sin influencia de las copas, que no alcanzan los 1300 kg MS ha⁻¹ año⁻¹ (Tablas 1 y 2). Estas cifras son inferiores a los 2000 kg MS ha⁻¹ año⁻¹ que señalan como promedio para los pastizales de efímeras de las dehesas salmantinas Gómez y Calabuig (1992). Cabe señalar que en el invierno la producción se consideró como nula al no haber prácticamente producción en ninguna de las repeticiones consideradas. Estas cifras tan bajas son debidas al bajo nivel de fertilidad del suelo y a la baja pluviometría de la zona. Podemos observar que la producción se concentra en primavera, advirtiendo diferencias significativas entre las dos primaveras estudiadas (Tabla 1), de manera que en la de 2001 la producción fue muy superior a la de la primavera de 2000 llegando incluso a duplicarse en algunas zonas. Este hecho fue debido a la diferencia en la lluvia caída desde el otoño hasta la fecha de recogida de muestras primaverales en estos dos años (324 mm en 2000, con total ausencia de precipitaciones a partir del 20 de abril y 680 mm para 2001). Considerando las producciones debajo y fuera de las copas (Tabla 1) se puede observar que a pesar de obtener siempre un valor medio superior bajo las copas, sólo se detectan diferencias significativas para el otoño ($p < 0,05$).

Se han encontrado diferencias significativas entre las dos zonas de distinta topografía (Tabla 2) obteniendo producciones mayores en la zona baja, en la que los suelos son de mejor aptitud productiva y se genera una mayor acumulación de agua y nutrientes. Estos resultados concuerdan con los reflejados por Vázquez de Aldana *et al.*, (2002).

Tabla 1. Producciones de materia seca bajo (D) y fuera (F) de las copas (kg Ms ha⁻¹).

	Primavera 2000	Otoño 2000	Primavera 2001	Anual 2001
D	605,10a	89,20a	1097,20a	1186,40a
F	374,60a	58,40b	931,60a	990,00a
Producción media de primavera	489,85 **		1014,4 **	

(letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas, $p < 0,05$)

** diferencias significativas entre las dos primaveras analizadas $p < 0,05$

Tabla 2. Producciones en la zona alta (A) y en la zona baja (B) (kg Ms ha⁻¹).

	Primavera 2000	Otoño 2000	Primavera 2001	Anual 2001
A	469,60a	24,80a	866,80a	891,60a
B	516,60a	122,80b	1162,00b	1284,80b

(letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas, $p < 0,05$)

Calidad del pasto

Composición florística

Los resultados obtenidos indican muy alta representación de la familia de las gramíneas en la composición del pasto. Las especies que hemos encontrado son: *Aegilops ovata*, *Anthoxanthum odoratum*, *Aria caryophyllea*, *Avena fatua*, *Briza media*, *Bromus mollis*, *Bromus tectorum*, *Dactylis glomerata*, *Echinaria capitata*, *Festuca pratensis*, *Holcus lanatus*, *Lagurus ovatus*, *Lolium perenne*, *Poa annua*, *Poa bulbosa*, *Poa pratensis* y *Vulvia delicatula*. Las leguminosas tienen una baja representación en la composición del pasto ya que varía entre el 27,73% y el 12% del total de materia seca en la producción anual. Dentro de las legumi-

nosas las especies encontradas son: *Anthyllis lotoides*, *Lupinus luteus*, *Lupinus angustifolium*, *Ornithopus compressus*, *Trifolium angustifolium*, *T. campestre*, *T. gemellum*, *T. arvensis*, *T. repens*, *T. subterraneum*, *T. hirtum*, y *T. cherleri*.

El grupo de otras familias se ha analizado en conjunto. Las familias predominantes, en orden de porcentaje, han sido: compuestas, cariofiláceas, crucíferas, umbelíferas escrofulariáceas, labiadas, geraniáceas, plantagináceas, borragináceas y poligonáceas. Las especies que hemos encontrado han sido: *Agrostema githago*, *Amaranthus albus*, *Bellis perenni*, *Cerastium glomeratum*, *Carex spp*, *Echium plantagineum*, *Eryngium tenue*, *Erodium ciconium*, *Evax carpetana*, *Geranium molle*, *Jasione montana*, *Juncus bufonius*, *Lamium amplexicaule*, *Lactuca silvestres*, *Linaria spartea*, *Linaria triornithophora*, *Miosantus arvensis*, *Paromichia argentea*, *Plantago lanceolata*, *Podospermum laciniatum*, *Rumex acetosella*, *Silene colorata*, *Solanta guttata*, *Spergula arvensis*, *Stellaria media*, *Teesdalia coronopifolia*, *Tolpis barbata* y *Xeranthemum inapertum*.

Al analizar la composición vegetal bajo y fuera de las copas de los árboles, se observan diferencias significativas ($p < 0,05$) en cuanto al contenido en gramíneas (Tabla 3), de manera que debajo de la copa de los árboles es mucho mayor. Este hecho puede ser debido a que las gramíneas no necesitan tanta insolación y temperatura como otras familias para desarrollarse y sin embargo requieren más humedad, circunstancias que se producen debajo de las copas. Al estudiar la presencia de gramíneas en la zona alta y baja (Tabla 4) se encuentra una mayor presencia en la zona baja con diferencias significativas en el otoño que afectan a la producción anual. Respecto al porcentaje de leguminosas, en la primavera de 2001 se han encontrado diferencias significativas bajo y fuera de las copas (Tabla 3) con una mayor presencia fuera de las copas. Estas diferencias son también significativas considerando valores anuales. En el análisis de las dos zonas alta y baja no se han encontrado diferencias significativas en la presencia de leguminosas (Tabla 4). En el grupo de otras familias se observan diferencias significativas bajo y fuera de las copas (Tabla 3) encontrando porcentajes superiores fuera de la influencia de las encinas en las que hay un claro predominio de gramíneas. También se han encontrado diferencias en las dos zonas (Tabla 4), mostrando mayores porcentajes de otras familias la zona alta respecto a la baja.

Tabla 3. Contenido medio en gramíneas (G), leguminosas (L) y otras especies del pasto (O), bajo (D) y fuera de las copas (F) (% MS).

	Primavera 2000			Otoño 2000			Primavera 2001			Anual		
	G	L	O	G	L	O	G	L	O	G	L	O
D	51,66a	35,20a	13,20a	78,26a	7,21a	14,35a	70,67a	16,78a	12,55a	74,47a	12,00a	13,53a
F	25,86b	24,91a	49,23b	53,04b	18,43a	28,53b	24,95b	37,02b	33,03b	39,00b	27,73b	33,27b

(letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas, $p < 0,05$)

Tabla 4. Contenido medio en gramíneas (G), leguminosas (L) y otras especies del pasto (O), en la zona alta (A) y en la zona baja (B). (% MS).

	Primavera 2000			Otoño 2000			Primavera 2001			Anual		
	G	L	O	G	L	O	G	L	O	G	L	O
A	41,46a	15,89a	42,65a	51,68a	18,04a	30,28a	43,41a	27,40a	29,19a	47,55a	22,72a	29,73a
B	36,07a	44,23b	19,7b	79,62b	7,61a	12,77b	52,22a	26,30a	21,48a	65,92b	16,96a	14,12b

(letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas, $p < 0,05$)

Contenido en Proteína y Fibra Bruta

En las Tabla 5 y 6 se muestran los resultados obtenidos en los análisis de proteína bruta y fibra bruta del pasto. Según un estudio realizado por Olea *et al.*, (1990) la calidad de los pastos naturales de la dehesa es

Tabla 5. Contenido en Proteína y Fibra Bruta del pasto bajo (D) y fuera de las copas (F) (% MS).

	Primavera 2000		Otoño 2000		Anual 2001	
	Proteína	Fibra	Proteína	Fibra	Proteína	Fibra
D	11,58a	34,78a	10,64a	25,19a	11,11a	29,99a
F	10,81a	36,11a	10,94a	21,45a	10,88a	28,78a

(letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas, $p < 0,05$)

Tabla 6. Contenido en Proteína y Fibra Bruta del pasto en la zona alta (A) y en la zona baja (B) (% MS).

	Primavera 2000		Otoño 2000		Anual 2001	
	Proteína	Fibra	Proteína	Fibra	Proteína	Fibra
A	10,74a	39,28a	11,74a	21,45a	11,24a	30,37a
B	11,65a	31,61b	9,83a	25,19a	10,74a	28,40a

(letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas, $p < 0,05$)

baja en general, y sus valores medios de PB oscilan en torno al 10%. En el presente estudio los datos que se han obtenido son también próximos al 10%. Entre la cantidad de proteína bruta del pasto producido debajo de la copa de los árboles y fuera de ellas (Tabla 5) no se observan diferencias significativas pese a haber encontrado una mayor presencia de leguminosas fuera de las copas que debería traducirse en un mayor contenido en proteína (Vázquez de Aldana *et al.*, 2000). Se sugiere que el efecto de la mayor humedad de la vegetación bajo las copas y su ciclo más retrasado hace que el contenido en proteína de estas plantas sea algo superior al de las encontradas fuera de las copas que siempre fueron recogidas en un estado más avanzado de su ciclo. Tampoco aparecen diferencias significativas para la proteína bruta en las dos zonas de distinta topografía (Tabla 6). En cuanto al contenido en fibra cabría esperar una mayor cantidad debajo de las copas por su mayor contenido en gramíneas pero no se han encontrado diferencias significativas lo cual puede ser atribuible de nuevo al hecho de que la vegetación bajo copa presentaba un retraso en el ciclo frente al pasto fuera de esta influencia. Respecto al contenido de fibra en las distintas zonas sólo han aparecido diferencias significativas en la primavera de 2000, en la que es superior en la zona alta, donde el contenido en gramíneas es superior.

CONCLUSIONES

La producción de pasto en la Dehesa Boyal de Espeja es muy baja y se observa una clara diferencia productiva entre las dos zonas en las que se ha dividido para su estudio, de manera que la mayor producción se localiza en la zona baja. Nuestros resultados sugieren que esta diferencia puede deberse a la pedregosidad del suelo, mínima capacidad de retención de agua, pH muy bajo y acusada pendiente de la zona alta. Aunque los valores de producción de materia seca son en general algo más altos bajo las copas que fuera de ellas, no han aparecido diferencias significativas. En cuanto a la composición del pasto la proporción de gramíneas es bastante elevada en el conjunto de la producción anual y contrasta con la baja proporción de leguminosas debida, posiblemente, al bajo contenido en fósforo de los suelos. Además se observa una clara diferencia en cuanto al contenido de gramíneas, leguminosas y otras familias del pasto, debajo de la copa de los árboles y fuera de ellas, siendo el contenido en gramíneas bajo la copa mucho mayor que fuera. Las leguminosas y otras familias presentan un porcentaje superior fuera de las copas. En relación a la calidad de los pastos, éstos presentan bajos valores de proteína bruta, no mostrando diferencias significativas entre las distintas zonas de la dehesa. En cuanto al contenido en fibra bruta, encontramos valores bastante altos, ligados a las altas proporciones de gramíneas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CALABUIG, E., GÓMEZ GUTIERREZ, J.M., GARCÍA CRIADO, B., 1980. Evolución de las fracciones de gramíneas, leguminosas y otras familias en pastizales de zona de dehesa. *Pastos*, **10 (2)**, 109-137.
- CRESPO, D., 2000. Pastagens extensivas do sudoeste da Península Ibérica. Produzir mais conservando melhor. 163-182. En *Actas de la XXXVII Reunión Científica de la S.E.E.P.* Ed. Junta de Andalucía. Sevilla (España).
- GÓMEZ, J.M. y CALABUIG, E., 1992. Producción de praderas y pastizales. 489-536. En *El libro de las dehesas salmantinas*. Ed. GÓMEZ, J.M. J.C y L. Valladolid (España).
- FERNÁNDEZ, R., LEIVA, M.J., GARCÍA GORDO, J., 1997. 215-220. producción y consumo de pasto en las dehesas de Andalucía Oriental. En *Actas de la XXXVII Reunión Científica de la S.E.E.P.* Ed. Junta de Andalucía. Sevilla (España).
- MILNER, C., HUGHES, R., 1968. *Methods for the measurement of the primary production of grassland*. Ed. Backwell, 297pp. Oxford (England).
- MONTOYA, J.M., 1992. Efectos del arbolado de las dehesas sobre el sistema del pastizal. Criterios de ordenación. *Anales INIA. Serie forestal*, **5**, 31-37.
- MONTERO, G., SAN MIGUEL, A., CANELLAS, I., 1998. Sistemas de selvicultura mediterránea. 519-552. En *Agricultura sostenible*. Ed. Mundi Prensa. Madrid (España)
- OLEA, L., PAREDES, J., VERDASCO, M.P., 1990. Características y producción de los pastos de las dehesas del SO de la Península Ibérica. *Pastos*, **20-21**, 131-153.
- VÁZQUEZ DE ALDANA, B.R., GARCÍA CIUDAD, A., PÉREZ CORONA, M.E., GARCÍA CRIADO, B., 2000. Nutritional quality of semi-arid grassland in western Spain over 10-year period: changes in chemical composition of grasses, legumes and forbs. *Grass and Forage Science*, **55**, 209-220.
- VÁZQUEZ DE ALDANA, B.R., GARCÍA CIUDAD, A., PÉREZ CORONA, M.E., GARCÍA CRIADO, B., 2002. Pastos de dehesa: calidad nutritiva. 463-467. En *Producción de Pastos, Forrajes y Céspedes*. Ed: CHOCARRO, SANTIVERI, FANLO, BOVET y LLOVERAS. Universitat de Lleida. Lleida. (España).

Efecto de la aplicación de diferentes fuentes de fertilización fosfórica sobre suelos de pizarra en dehesas y pastizales del S.O. de España

A. MALDONADO, L. OLEA, J. VIGUERA y M^aJ. POBLACIONES

Departamento de Biología y Producción de los Vegetales. Escuela de Ingenierías Agrarias. Universidad de Extremadura. Ctra. De Cáceres s/n 06071. Badajoz (España). amaldonado@unex.es

RESUMEN: La roca fosfórica es utilizada como posible alternativa al superfosfato de cal en suelos de dehesa (arbolada) y pastizales (desarbolado) dentro de los métodos de mejora de pastos, siendo ambas tradicionalmente aplicadas en superficie después de las primeras lluvias otoñales. En este trabajo se estudia el efecto de la época y la forma (en superficie o enterrado) de aplicación de ambas fuentes fosfóricas, sobre la composición florística, producción de biomasa, proteína bruta y fibra bruta en condiciones reales de pastoreo, durante los años 1999-00 y 2000-01.

Los resultados mostraron que no hubo diferencias significativas entre la roca fosfórica y el superfosfato de cal, así como tampoco hubo diferencias significativas entre la época y la forma de aplicación. Observándose efectos beneficiosos del arbolado sobre la composición florística, calidad y producción del pasto.

Palabras clave: Roca fosfórica, calidad-producción, composición florística, pastos mediterráneos.

Effects of the application of different fertilization phosphoric sources on slate floors in dehesas and grassland of the S.W. of Spain.

SUMMARY: The phosphate rock is used as a possible alternative to the lime superphosphate in pastureland and pasture soil, within the pasture improvements methods, both of them are traditionally surface applied just after the first autumn rainfalls. In this article we study the period and form (in surface or buried) of application of both phosphoric sources, the botanical composition is also studied, biomass production, net protein and fiber, in real grazing conditions, during 1990-00 and 2000-2001. The results showed that there were no significant differences between the phosphate rock and the superphosphate lime, and also between the period and form of application. Profitable effects way of the tree coverage over the floral composition were observed, quality and pasture production.

Key words: Phosphate rock, quality-production, floral composition, Mediterranean pastures.

INTRODUCCIÓN

La mejora más usual de los pastos de la dehesa tiene como base la aplicación de cantidades moderadas de fósforo (18-27 UF de P₂O₅/ha año) (Granda, 1992; Olea *et al.*, 1991); permitiendo por un lado aumentar la producción de materia seca, y por otro mejorar la calidad del pasto al "inducir" la aparición de leguminosas anuales, las cuales aportan mayor proteína bruta, son más ricas en contenido mineral y enriquecen el suelo en nitrógeno, del que se beneficiarían las otras especies, especialmente las gramíneas.

La utilización de distintas fuentes de fósforo para estos pastos ha sido estudiada en los ecosistemas de dehesas y pastizales por distintos investigadores como Gómez Gutiérrez (1971), Jiménez *et al.* (1983) y Olea *et al.* (1991) sugiriendo la posibilidad, en estos suelos ácidos y con clima semiárido, de poder sustituir, los superfosfatos clásicos por fertilizantes fosforados naturales (roca fosfórica), siendo estos últimos "productos ecológicos", tal y como se indica en la lista oficial de estos productos.

La aplicación del superfosfato de cal se ha realizado tradicionalmente en otoño, con escasa información y base científica que lo confirme. Cuando a la aplicación le sigue una importante sequía en otoño-invierno se produce una respuesta limitada en los niveles de fósforo en el suelo, por lo que es necesario conocer su correcta estrategia de utilización. Además los métodos y formas de incorporar fósforo al suelo han sido poco

investigados, normalmente no alcanza profundidad en el suelo suficiente y hay pérdidas importantes (Moreno *et al.*, 1993).

Los objetivos planteados en este trabajo son evaluar el efecto de la aplicación de fertilizantes fosforados sobre la producción de biomasa (cantidad y calidad) de los pastos de la dehesa y pastizales; así como conocer la estrategia correcta en el espacio (método de aplicación) y en el tiempo (época de aplicación), de pequeñas dosis de fósforo. Dentro de estos objetivos destaca el de determinar el comportamiento de la roca fosfórica como alternativa ecológica al superfosfato de cal.

MATERIAL Y MÉTODOS

El experimento se realizó durante los años agrícolas 2000-01 y 2001-02 en dos zonas de suelo de pizarra del suroeste peninsular. Una de ellas es una zona de dehesa en Cornalvo (Pantano de Cornalvo, centro de la Provincia de Badajoz) y otra de pastizal (desarbolada) en Pradillo (Llerena, sureste de la Provincia de Badajoz). Ambos ensayos se realizaron en cercados de diez hectáreas de superficie que fueron fertilizadas en su totalidad con la dosis media del ensayo para evitar un sobrepastoreo de la zona experimental. El pastoreo fue continuo-diferido (Olea *et al.*, 1991).

Se decidió utilizar una dosis anual constante de aplicación durante los años que duró el ensayo de 26 UF/ha año. Se utilizaron dos fuentes fosfóricas: superfosfato de cal del 18 % y roca fosfórica microrizada y peletizada del 26 %, aplicadas en diferentes momentos y formas. Los tratamientos para cada fuente fosfórica, son:

- En **superficie** "a voleo". Después de las primeras precipitaciones del otoño (usual).
- **Enterrada** una vez producidas las primeras precipitaciones del otoño.
- **Superficie** "a voleo" en invierno.
- **Superficie "a voleo"** al inicio de la primavera.

En cada una de las zonas consideradas se ha tomado una extensión de tierra representativa y se ha realizado un ensayo con un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones separadas cada una de las repeticiones por un pasillo de 1m, siendo la parcela elemental por tratamiento de 5x10 m (50 m²), estando constituido cada repetición por 8 tratamientos.

Se realizaron los siguientes controles:

- a) Composición florística: determinaciones por el método de los rangos (Martín Bellido *et al.*, 1986) por lanzamiento al azar de 4 cuadrados de 0,25x0,25 por parcela unitaria. Se determinó proporción de leguminosas, gramíneas y otras hierbas.
- b) Producción de biomasa en términos de materia seca existente mediante el método de los rangos (Martín Bellido *et al.*, 1986) en primavera.
- c) Calidad del pasto sobre la misma muestra de datos de la biomasa: proteína bruta mediante espectroscopia de infrarrojo cercano y fibra bruta por el método de Fiber Analyzer Nakhon 8-98

El análisis estadístico de los parámetros estudiados fueron sometidos a un análisis de la varianza (ANOVA), comparándose sus medias mediante el test de mínima diferencia significativa (LSD). Para estos cálculos se utilizó el programa estadístico Statistix 7.0 (Analytical Software, Tallahassee, 2001).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Condiciones climáticas

La pluviométrica media anual, otoñal y primaveral de una serie histórica de los últimos 30 años y de los años de estudio se indican en la Tabla 1. Las medias a esperar (30 años) son similares para los dos ensayos, y también podría considerarse para los años de estudio, si bien es interesante observar como durante la campaña 2000-01 se produjo mayor índice de precipitaciones (100 mm más que la media) en Cornalvo, aspecto que no afecta a las precipitaciones de otoño y primavera; este hecho se produce al haber sido un año de elevada

Tabla 1. Precipitación anual, precipitación de otoño y primavera, temperatura media del mes más frío (m) en el Pantano de Cornalvo (Badajoz) y Llerena (Badajoz).

	Precipitación (mm)			m(°C)
	Anual	Otoño	Primavera	
Pantano Cornalvo				
1999-2000	551	179	274	1,2
2000-2001	684	139	176	5,3
Media 30 años	548	138	197	4,1
Llerena				
1999-2000	590	158	313	1,8
2000-2001	595	120	173	4,2
Media 30 años	551	146	200	2,1

precipitación invernal y haberse alargado la primavera con las lluvias de mayo. Por el contrario la campaña 1999-00 de precipitaciones anuales normales en Cornalvo y Llerena obtienen altos índices de lluvias durante la primavera, caídas estas durante los meses de febrero y marzo, al ser el mes de abril muy seco.

Los valores de frío invernal obtenidos como media en los últimos treinta años en las dos zonas de estudio nos dan valores comprendidos entre los 2,1 °C y 4,1 °C. Valores considerados como lógicos para las zonas de estudio, según Granda (1981). Se aprecia como el año 1999-00 es un año mucho más frío que el 2000-01, si bien este último, como hemos comentado, presenta altos valores de precipitaciones en el invierno, consiguiendo con ello disminuir la caída de las temperaturas durante el mes más frío del año (enero)

Composición florística del pasto

Existen diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los años de estudio y localidades para los tres grupos en los que se ha dividido la composición botánica del pasto (leguminosas, gramíneas y otras hierbas) (Tabla 2). En términos generales se aprecia que los índices de leguminosas son altos todos los años en las dos localidades, según datos medios (25 %) obtenidos para estas zonas por Mata Moreno *et al.* (1987) para pasto natural en primavera.

Tabla 2. Efecto de la fuente y la técnica de aplicación (momento y forma) del fósforo en la composición botánica en los años 1999/2000 y 2000/2001.

	Leguminosas (%)			Gramíneas (%)			Otras (%)		
	99/00	00/01	Media	99/00	00/01	Media	99/00	00/01	Media
Localidad									
Pradillo	38,3b1	21,9b	30,1B	18,7a	38,9a	28,8B	42,8a	39,0a	40,9A
Cornalvo	52,3a	31,6a	41,8A	20,1a	47,1a	33,7 ^a	27,4b	21,2b	24,3B
Tratamientos²									
Super-otoño-superficie	47,3a	27,6 a	37,5A	19,2a	42,8a	31,0A	33,4a	29,5a	31,4A
Super-otoño-enterrado	42,0a	29,5a	35,7A	18,7a	43,2a	31,0A	39,2a	27,1a	33,2A
Super-invierno-superficie	40,0a	24,6a	32,3A	19,6a	36,5a	28,1 ^a	40,3a	38,7a	39,5A
Super-primave-superficie	44,5a	28,1a	36,3A	20,6a	39,3a	30,0A	34,8a	32,5a	33,6A
Roca-otoño-superficie	46,8a	29,3a	38,1A	20,1a	46,8a	33,5 ^a	32,9a	23,7a	28,3A
Roca-otoño-enterrada	47,1a	28,9a	38,0A	15,3a	40,1a	27,7 ^a	37,5a	30,9a	34,2A
Roca-invierno-superficie	47,6a	25,6a	36,6A	20,3a	45,6a	32,9 ^a	32,0a	28,7a	30,3A
Roca-primaver-superficie	45,7a	20,6a	33,2A	22,6a	49,6a	36,1 ^a	31,5a	29,6a	30,6A
Media	45,1A	26,8B		19,5B	43,0A		35,2A	30,1B	

¹ Letras diferentes representan la existencia de mínima diferencia significativa, con $P < 0,05$

² Fuente, momento y forma de aplicación del fósforo

Durante el primer año de estudio existe una explosión de leguminosas como consecuencia de las aplicaciones de fósforo realizadas, beneficiado todo ello por los altos índices de precipitaciones (Tabla 1) obtenidos durante esa primavera en ambas localidades. Durante la campaña 2000-01 la importancia de las leguminosas decae, como era de esperar (Olea *et al.*, 1991) por el efecto acumulativo de N del año anterior al existir gran cantidad de leguminosas, disminuyéndose también la importancia de otras hierbas. Analizando los datos medios y anuales se aprecia el efecto beneficioso del arbolado sobre la calidad del pasto en el ensayo de Cornalvo, al mantener durante el segundo año unos porcentajes óptimos de leguminosas y menores índices de otras hierbas, aspecto que no ocurre en el ensayo no arbolado de Pradillo (Tabla 2).

No se aprecian diferencias significativas entre los diferentes tratamientos, siendo por tanto igual la aplicación de roca fosfórica o superfosfato, a efecto de la proporción de leguminosas, gramíneas y otras hierbas.

Producción de biomasa

En la Tabla 3 se muestran los resultados de producción de biomasa durante los años de estudio en las dos localidades. Se aprecia que existen diferencias significativas entre las producciones obtenidas, en las localidades y entre los años de estudio, no existiendo por el contrario diferencias entre los tratamientos. Los valores medios obtenidos son superiores a los 1870 kg MS/ha, para pastos naturales sin mejorar de estas zonas, obtenidas por Olea *et al.* (1991).

Tabla 3. Efecto de la fuente y la técnica de aplicación (momento y forma) del fósforo en la producción en primavera.

	Kg M.S./ha		
	99/00	00/01	Media
Localidad			
Pradillo	2394a	2348b	2416B
Cornalvo	2308a	4068a	3188A
Tratamientos²			
Super-otoño-superficie	2117a	2766a	2441A
Super-otoño-enterrado	2080a	3487a	2783A
Super-invierno-superficie	2074a	3680a	2877A
Super-primavera-superficie	2474a	3221a	2848A
Roca-otoño-superficie	2620a	3357a	2989A
Roca-otoño-enterrada	2516a	2914a	2715A
Roca-invierno-superficie	2622a	3350a	2986A
Roca-primavera-superficie	2304a	3252a	2778A
Media	2351B	3253A	

¹ Letras diferentes representan la existencia de mínima diferencia significativa, con $P < 0,05$

² Fuente, momento y forma de aplicación del fósforo

Es interesante destacar que el año agrícola 2000-01, presenta mayores producciones en Cornalvo, siendo no obstante la primavera del año agrícola 1999-00 mucho más lluvioso en ambas localidades. Esta circunstancia puede justificarse por el mayor porcentaje de gramíneas del segundo año, que nos dan mayor producción pero menor calidad del pasto, como consecuencia de la mejora realizada. Además, durante el año agrícola 2000-01, se produce un periodo seco en el mes de abril que afecta principalmente a aquellos pastos carentes de la protección del arbolado (Pradillo), siendo posible una mayor producción en Cornalvo al estar protegido por la encinas y conseguir mantener la biomasa verde en la primavera como consecuencia de las lluvias de mayo.

No se encuentran diferencias significativas entre los tratamientos, siendo prácticamente inapreciables las diferencias entre la roca fosfórica y el superfosfato.

Calidad del pasto

La calidad media de un pasto sin mejorar de las dehesas y pastizales del S.O. de España, según datos de Olca *et al.* (1991), son: 6,9 % proteína bruta y 43 % de fibra. Los valores medios obtenidos (Tabla 4), muestran el efecto positivo de la aplicación de fósforo sobre la calidad del pasto. También se puede apreciar que existen diferencias significativas entre los años de estudio para la proteína bruta y entre localidades para la fibra bruta. El mayor porcentaje de proteína bruta en los pastos durante el año 1999-00, viene producido por la mayor concentración de leguminosas, mientras que los mayores valores obtenidos de fibra bruta en el ensayo de Cornalvo, es producido por los mayores porcentajes de gramíneas existentes en este ensayo.

Tabla 4. Efecto de la fuente y la técnica de aplicación (momento y forma) del fósforo en la calidad del pasto en primavera.

	Proteína bruta (%)			Fibra bruta (%)		
	99/00	00/01	Media	99/00	00/01	Media
Localidad						
Pradillo	12,7b	10,2a	11,4A	27,3b	29,8a	28,6B
Cornalvo	16,1a	8,5b	12,3A	33,2 ^a	33,0b	33,1A
Tratamientos						
Super-otoño-superficie	14,1a	9,2a	11,7A	28,5 ^a	31,5a	30,0A
Super-otoño-enterrado	14,3a	9,7a	12,0A	31,1 ^a	31,7a	31,4A
Super-invierno-superficie	15,1a	9,3a	12,2A	29,8 ^a	31,1a	30,5A
Super-primavera-superficie	14,9a	9,3a	12,1A	30,0a	31,8a	30,9A
Roca-otoño-superficie	14,1a	9,1a	11,6A	32,4 ^a	31,6a	32,0A
Roca-otoño-enterrada	14,0a	9,7a	11,8A	29,7 ^a	30,8a	30,3A
Roca-invierno-superficie	14,3a	8,8a	11,6A	30,7 ^a	31,4a	31,1A
Roca-primavera-superficie	14,5a	9,8a	12,1A	30,1 ^a	31,3a	30,7A
Media	14,3A	9,3B		30,4 ^a	31,5A	

¹ Letras diferentes representan la existencia de mínima diferencia significativa, con $P < 0,05$

CONCLUSIONES

Se trata de datos de dos años, de un proyecto programado a 5 años, pero ya pueden deducirse algunas conclusiones como las siguientes:

- La contribución a la biomasa de las leguminosas en pastos de dehesa y pastizales de estas zonas mejorados con fertilización oscilan entre: 26 y 45 %.
- La producción de biomasa de pastos mejorados de dehesa y pastizales del S.O de Extremadura con fertilización oscila entre 2400 y 3200 kg/ha.
- No aparecen ni para la proteína bruta ni para la fibra bruta, diferencias significativas entre los tratamientos (distinta fuente fosfórica y distinto momento y forma de aplicación).
- Cualquier época del año de las indicadas es igual para incorporar el fertilizante fosforado en estas zonas de dehesa y pastizales.
- La calidad del pasto a igualdad de mejoras es mayor en zonas de dehesa que en pastizales. La presencia de árboles en el ecosistema mejora la calidad del pasto.
- La respuesta de la roca fosfórica ("producto ecológico") sobre la biomasa (cantidad y calidad) y la composición florística en pastos de dehesa y pastizales de estas zonas es similar a la del superfosfato de cal, por tanto se recomienda la aplicación de la primera.
- La calidad de los pastos naturales mejorados es superior a los pastos sin mejorar de las zonas respectivas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- GÓMEZ GUTIÉRREZ, J.M., 1971. La utilización del superfosfato en el abonado de pastizales de zonas semiáridas. *Pastos*, 1 (2), 87-99
- GRANDA LOSADA, M., 1981. *Mejora de la dehesa extremeña*. Caja de Ahorros y Monte de Piedad de Cáceres, 140 pp. Cáceres (España).
- GRANDA LOSADA, M., 1992. *Efectos de la aplicación de superfosfato en áreas de Extremadura bajo pastoreo con ovino*. Memoria SIA, pp 97. Badajoz (España).
- JIMÉNEZ MOZO, J.; MARTÍNEZ AGULLA, T., 1983. Una comparación de la eficiencia de utilización de diferentes tipos de fertilizantes fosfóricos en pastos naturales mejorados basados en trébol subterráneo en la región extremeña. En *XXII Reunión Científica de la SEEP*. (Sevilla).
- MARTÍN BELLIDO, M.; LÓPEZ CARRIÓN, J.; MARTÍN JAVATO, J.; MORENO CRUZ, V.; GONZÁLEZ CRESPO, J., 1986. El método de los rangos para la evaluación de la disponibilidad de la materia seca en pastos naturales y mejorados. En *Servicio de Investigación y Desarrollo Tecnológico*. Badajoz (España).46.
- MATA MORENO, C.; GÓMEZ CASTRO, A.G.; SÁNCHEZ RODRÍGUEZ, M.; GALLEGO BARRENA, J.A.; PEINADO LUCENA, R.; ALCALDE LEAL, J.L., 1987. La dehesa y sus posibilidades alimenticias para el ganado. En *I Jornadas de Explotación y Conservación de las Dehesas*. Los Pedroches (Córdoba, España).
- MORENO, V.; BUENO, C.; SANTOS, A., 1993. Respuesta a distintas dosis de superfosfato de cal en los suelos pardos meridionales de la dehesa extremeña. En *Actas XXXIII Reunión Científica de la SEEP (Ciudad Real)*, pp 235-243.
- OLEA, L.; PAREDES, J.; VERDASCO, M^a. P., 1991. Características y producción de los pastos de las dehesas del S.O. de la Península Ibérica. *Pastos*. 22-21, 131-156.
- OLEA, L.; LÓPEZ-BELLIDO, R.J., 2001. El ecosistema dehesa: Producción y conservación. En *Producción de pastos extensivos*, 61-79. Ed. J. PIÑERO ANDINO y N. DÍAZ DÍAZ. C.G.I.T.A. Conselleria de Agricultura, Ganadería e Política Agroalimentaria, Lugo (España).

Análisis multivariante de la variabilidad agronómica de especies cespitosas en Galicia

J. A. OLIVEIRA PRENDES¹, L. COSTAL ANDRADE² y E. GONZÁLEZ ARRÁEZ²

¹Dpto. de Biología de Organismos y Sistemas. Área de Producción Vegetal. Campus de Mieres. Universidad de Oviedo. C/ Gonzalo Gutiérrez de Quirós, s/n. 33600 Mieres (España). Correo-e: oliveira@uniovi.es.

²Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo (CIAM). Apartado 10. 15080 A Coruña (España). Correo-e: luis.costal.andrade@xunta.es; ernesto.gonzález.arraez@xunta.es.

RESUMEN: Se caracterizaron 33 accesiones (veintisiete de *Festuca* y seis de *Poa*) recogidas en la Cordillera Cantábrica junto con cuatro cultivares testigos (*Festuca ovina* "Ridu", *Festuca rubra* subsp. *rubra* "Commodore", *Festuca rubra* subsp. *commutata* "Vilma" y *Poa pratensis* "Compac"). La caracterización se realizó desde el año 2001 al 2003 en el Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo (A Coruña) mediante 14 caracteres agromorfológicos evaluados en un campo de plantas aisladas con 30 plantas por accesión. Se determinó también la presencia del hongo endofito *Epichloë* en una muestra de 100 semillas por accesión. El análisis de varianza y tests no paramétricos de los datos mostraron diferencias significativas ($P < 0,05$) entre las accesiones, salvo para la variable color de las hojas. Las accesiones presentaron un comportamiento agronómico similar al de los cultivares testigos. El análisis factorial de correspondencias permitió ver las siguientes relaciones entre variables y accesiones: a) fuertes crecimientos con elevadas alturas en floración y longitudes de hojas banderas e inflorescencias con una accesión de *Festuca ovina* de Villanueva de Oscos y una *Festuca rubra* de Vegadeo, b) altas tolerancias a enfermedades de otoño con hojas banderas estrechas con una accesión de *Festuca ovina* de Pola de Lena.

Palabras clave: Análisis factorial de correspondencias, germoplasma, gramíneas cespitosas.

Multivariate analysis of the agronomical variability from turf species in Galicia

SUMMARY: Thirty three accessions collected from the Spanish Cantabrian range (twenty seven of *Festuca* and six of *Poa*) were characterised versus four controls (*Festuca ovina* "Ridu", *Festuca rubra* ssp. *rubra* "Commodore", *Festuca rubra* ssp. *commutata* "Vilma" y *Poa pratensis* "Compac"). Characterisation was realised from 2001 to 2003 at the Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo (A Coruña) by means of fourteen agromorphological traits in a spaced plant nursery with 30 plants per accession. *Epichloë* endophyte infection was determined. One hundred seeds per population were examined. Significant differences ($P < 0.05$) among the accessions were found for all the characters except leaf colour. Accessions showed, on average, similar agronomic performance to control cultivars. Correspondence factorial analysis allowed to show the following important relationships among traits: a) strong vigour with elevated stem, flag leaf and inflorescence lengths with an accession of *Festuca ovina* from Villanueva de Oscos and another of *Festuca rubra* from Vegadeo, b) high autumn leaf disease tolerances with narrow flag leaves with one accession of *Festuca ovina* from Pola de Lena.

Key words: Factorial correspondence analysis, germplasm, turf grasses.

INTRODUCCIÓN

El principal objetivo de la recolección de recursos fitogenéticos de especies pratenses es el disponer de una base genética amplia para poder trabajar en programas de mejora genética. Tras la recolección, la caracterización de los recursos genéticos proporciona información de la adaptación de las accesiones a diferentes condiciones ambientales (Jones y Walker, 1983). Los métodos de análisis multivariantes se han utilizado por muchos autores en gramíneas pratenses (Balfourier *et al.*, 1998; López y Oliveira, 2000). Junto a los usos tradicionales de las especies pratenses en la siembra de praderas, la nueva política agraria de la Unión Europea promueve la adopción de sistemas de bajo mantenimiento y la aplicación de medidas agroambientales (Hopkiss y Pinto, 1998). Estos cambios propuestos pueden incrementar el interés de gramíneas cespitosas como las festucas de hojas finas (principalmente *Festuca rubra* y *Festuca ovina*) y las Poas, especialmente para sus uso en recuperación de escombreras, implantación de cubiertas vegetales en zonas con riesgo de erosión, recuperación de terrenos degradados, en taludes, céspedes, etc., (Fernández de Gorostiza, 1997).

En este trabajo se presentan los resultados de los tres primeros años de evaluación de poblaciones de *Festuca* y *Poa* recolectadas en la Cornisa Cantábrica mediante un análisis factorial de correspondencias múltiples.

MATERIAL Y MÉTODOS

El ensayo de campo se estableció en Mabegondo (A Coruña), a 100 m de altitud, en la primavera del año 2001, en suelo franco arenoso, con pH 5,8 y contenidos en P y K de 14 y 200 ppm respectivamente. En la preparación del terreno se aplicaron 32 unidades de nitrógeno y 40 de P_2O_5 y K_2O . En el invierno del año anterior la semilla se limpió de impurezas y se sembró bajo condiciones de invernadero hasta su trasplante. El diseño experimental fue de bloques completos al azar con tres repeticiones, implantándose diez plantas aisladas por población en cada repetición. La separación entre líneas y entre plantas fue de 50 cm. Se estudiaron 33 genotipos pertenecientes a los géneros *Festuca* y *Poa*. El número de poblaciones evaluadas por especies fue: *Festuca hystrix* Boiss, 1 población; *Festuca* gr. *ovina*, 12 poblaciones; *Festuca paniculata* (L.) Schinz et Thell, 1 población; *Festuca rubra* L., 8 poblaciones; *Festuca vasconensis* (Mark - Dannenb) Auquier et Kerguelen, 5 poblaciones; *Poa alpina* L., 3 poblaciones; *Poa pratensis* L., 2 poblaciones y *Poa nemoralis* L. 1 población. Se incluyeron además tres variedades comerciales como testigos: la *Festuca* gr. *ovina* "Ridu", la *Festuca rubra* subsp. *rubra* "Commodore", la *Festuca rubra* subsp. *commutata* "Vilma" y la *Poa pratensis* "Compac".

Los descriptores utilizados en la caracterización aparecen en la Tabla 1. Además de estos caracteres evaluados en campo, se realizó en laboratorio la determinación de la presencia del hongo endofito en 50 semillas por población para determinar el porcentaje de infección (variable ENDO) de las mismas (Latch *et al.*, 1987).

Para las variables cuantitativas, el modelo de análisis de varianza usado tuvo en cuenta los efectos año, bloque, población e interacción entre ambos. Se consideraron los efectos bloque y año aleatorios. Las variables cualitativas se analizaron mediante el test no paramétrico de Kruskal-Wallis excepto la variable rizomas que al tener solo dos modalidades se analizó mediante el test no paramétrico de la U de Mann-Whitney.

Con el fin de poder sintetizar la información aportada por todas las variables analizadas, se utilizó un análisis factorial de correspondencias múltiples, que es un método estadístico multivariante para el estudio de datos cualitativos. Para poder aplicar este método, se transformaron cada una de las variables significativas en tres clases (la clase 1 indicando valores bajos, la clase 2 valores medios y la clase 3 valores altos), excepto para la variable rizomas que se utilizó la variable original. La posición de las poblaciones y de las variables en gráficos se puede interpretar en términos de proximidad según la distancia de Chi². Este método permite tener en cuenta relaciones no lineales entre caracteres. Los análisis estadísticos se realizaron con el paquete estadístico SPSS versión 11.5 (SPSS, 2002).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de varianza y tests no paramétricos de los datos mostraron diferencias significativas entre las mismas ($P < 0,05$) tanto para las variables cualitativas, exceptuando la variable color de las hojas en otoño, como para las cuantitativas. Las accesiones presentaron un comportamiento agronómico similar al de los cultivares usados como testigos para la mayor parte de los caracteres evaluados (Tabla 1).

En la Tabla 2 aparece el porcentaje de varianza, de cada variable inicial, en cada eje del análisis factorial de correspondencias, de modo que cuanto más alto sea el valor de dicho porcentaje, más alta será la importancia de dicha variable en el eje correspondiente. Las variables LHB, ALP, CRV, CRP y LOINF representan ellas solas el (13,6 + 13,5 + 12,1 + 11,6 + 1,5) 62% de la varianza del primer eje, mientras que las variables AHB y ENFOT explican el 35,5% de la varianza del segundo eje. El eje 3 está caracterizado fundamentalmente por CRP, CRO y RI. El eje 4 está ligado a las variables CRO y FES. Finalmente, el eje 5 está representado por las variables ENDO, ENFPRI, LHB y HAB.

Tabla 1. Medias, rangos de variación, cuadrados medios del análisis de varianza en las poblaciones caracterizadas en el CIAM en el los años 2001, 2002 y 2003 para las variables cuantitativas: fecha de espigado (FES, en días a partir del 1 de enero), longitud de hoja bandera (LHB, en cm), anchura de hoja bandera (AHB, en mm), altura en floración (ALP, en cm) y longitud de inflorescencia (LOINF, en mm), y tests no paramétricos de la U de Mann-Whitney para la variable rizomas (RI, 1 ausencia, 2 presencia) y de Kruskal-Wallis para las variables: crecimiento otoño (CRO, 1 poco a 5 mucho) crecimiento verano (CRV, 1 poco a 5 mucho), habito de crecimiento (HAB, 1 erecto a 5 postrado), enfermedades de hoja en otoño (ENFOT, 1 sensible a 5 tolerante), anchura de hoja (AH, 1 estrecho a 5 ancho), color de hojas (CLOT, 1 verde claro a 5 verde oscuro), crecimiento primavera (CRP, 1 poco a 5 mucho) y enfermedades de hoja en primavera (ENFPRI, 1 sensible a 5 tolerante); ns: no significativo; ***: significativo al nivel de 0,001.

Variables	Accesiones		Testigos		Cuadrados medios Accesiones*Año	Error
	Medias (Rango de variación)	Medias (Rango de variación)	Medias (Rango de variación)	Accesiones		
FES	103,6 (89,9-125,4)	101,6 (97,6-105,6)	3337,09***	744,52***	283,66	
LHB	10,3 (4,8-15,2)	9,9 (6,5-12,4)	434,68***	19,66ns	17,62	
AHB	2,3 (1,0-3,9)	2,6 (2,1-3,8)	31,51***	2,09ns	2,55	
ALP	68,3 (39,1-98,2)	68,5 (43,3-80,0)	10966,20***	954,49***	298,25	
LOINF	12,9 (7,1-19,9)	13,0 (9,8-14,8)	455,87***	30,16ns	23,18	
Tests no paramétricos						
RI	1,2 (1,0-2,0)	1,2 (1,0-2,0)	64883,50***	-	-	
CRO	3,1 (2,1-4,0)	2,9 (2,5-3,2)	31,49***	-	-	
CRV	3,1 (2,3-4,0)	3,2 (2,5-3,6)	46,71***	-	-	
HAB	2,9 (1,6-3,9)	2,6 (1,9-3,1)	29,76***	-	-	
ENFOT	3,4 (1,7-4,4)	2,6 (1,9-3,1)	61,74***	-	-	
AH	2,7 (1,7-4,2)	2,7 (2,1-3,3)	119,86***	-	-	
CLOT	3,6 (2,8-4,6)	3,5 (3,3-4,1)	6,69ns	-	-	
CRP	3,2 (2,2-3,9)	3,3 (3,2-3,4)	27,82***	-	-	
ENFPRI	3,1 (1,8-3,7)	2,9 (1,8-3,2)	78,48***	-	-	
ENDO	18,6 (0,0-73,0)	0,0 (0,0-0,0)	-	-	-	

Tabla 2. Contribuciones (%) de las variables a la varianza explicada por los ejes. Las mayores contribuciones aparecen en negrita.

Variables	Eje 1	Eje 2	Eje 3	Eje 4	Eje 5
RI	0,4	0,2	11,6	11,8	0,0
CRO	10,7	2,8	15,8	16,8	1,5
CRV	12,1	7,5	8,4	10,2	6,2
HAB	0,7	5,1	1,1	4,5	12,2
ENFOT	2,3	16,8	0,2	1,8	12,2
AH	6,5	7,1	6,6	5,0	3,2
CRP	11,6	0,6	19,5	9,9	3,9
ENFPRI	4,2	4,1	5,6	3,2	19,7
FES	0,8	8,8	10,1	13,9	0,5
LHB	13,6	7,4	2,1	4,5	13,5
AHB	7,8	18,7	3,7	1,9	0,2
ALP	13,5	12,0	0,6	4,5	0,3
LOINF	11,5	8,8	6,2	4,5	3,2
ENDO	4,5	0,1	8,4	7,2	23,5

Se observa que la variable AH (anchura de hojas en el otoño) es la variable menos explicativa, ya que los porcentajes de varianza de los ejes son bajos. Por otra parte, valores semejantes de una variable en los ejes reflejan dificultades de asignación de la misma a un eje determinado. En el caso de la variable ENDO (porcentaje de infección por el hongo endofito), se observa que tiene un valor alto en el eje 5, (eje que menos varianza explica) por lo que se puede considerar que esta variable tiene poca influencia en la discriminación de las accesiones de *Festuca* y *Poa* estudiadas, al igual que ocurriría con la variable AH. La falta de efecto de la infección por hongos endofitos en los ensayos de plantas aisladas coincide con la de otros autores (Ravel *et al.*,

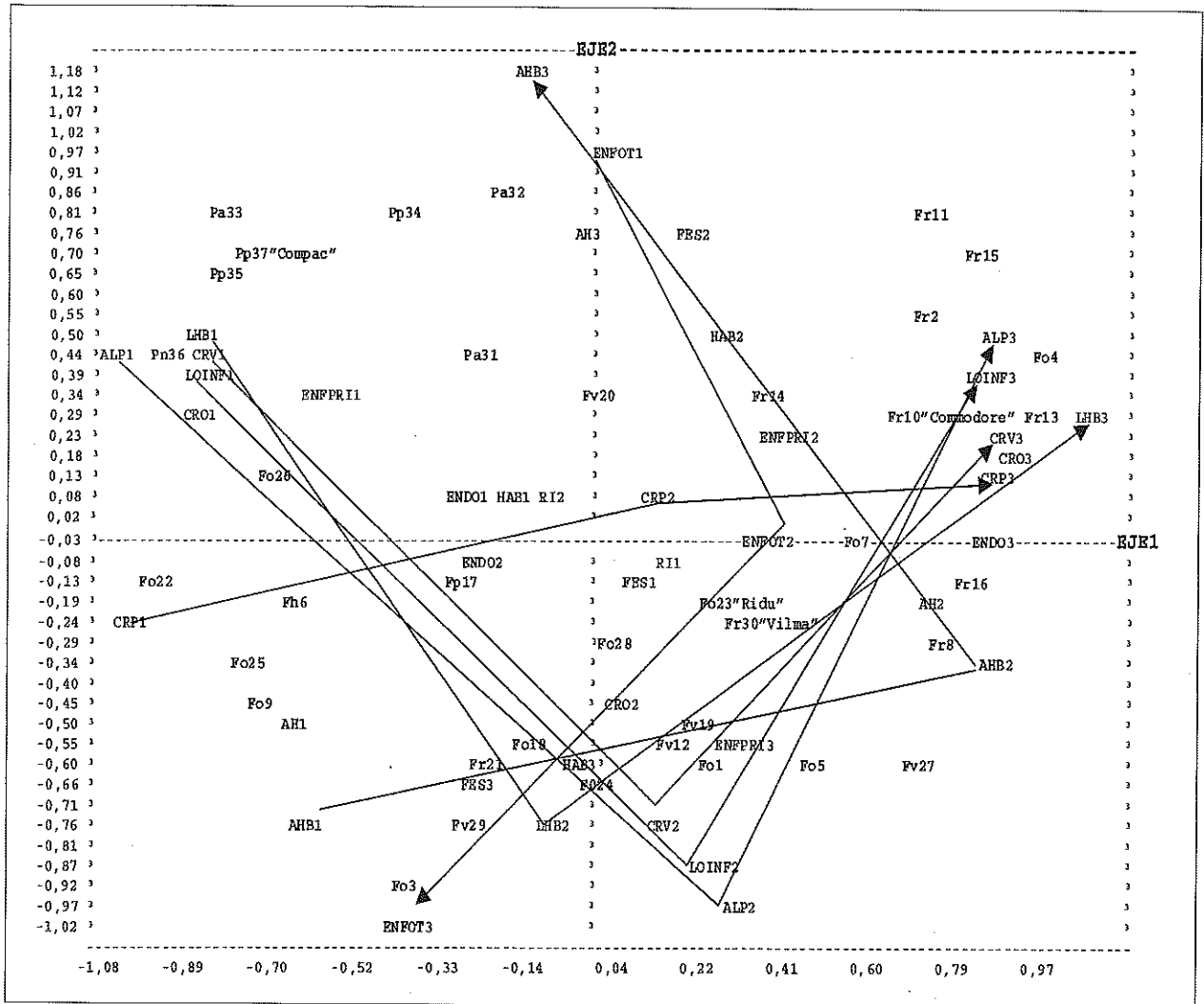


Figura 1.—Poyección de las 33 accesiones de Festucas y Poas junto con las var. comerciales "Ridu" de *Festuca ovina*, "Commodore" de *Festuca rubra* subsp. *rubra*, "Vilma" de *Festuca rubra* subsp. *commutata* y "Compac" de *Poa pratensis* y las 41 modalidades de las 14 variables estudiadas en el plano principal 1-2 (33% de la varianza total).

1995) y probablemente se deba a la reducida competencia entre las plantas aisladas por nutrientes o agua en relación con los ensayos en parcelas.

En la Figura 1 se representa el plano factorial principal que es el formado por los dos primeros ejes (los que suministran la mayor cantidad de información). Se unieron las clases sucesivas de una misma variable por una línea continua, con el fin de poder relacionar una eventual progresión en las clases con los ejes factoriales. A pesar de la insuficiente varianza explicada por los dos primeros ejes (33% del total), la interpretación del gráfico parece indicar en el lado positivo del primer eje, correspondencias entre: crecimientos de primavera y verano importantes con hojas banderas e inflorescencias largas y alturas en floración elevadas, con las accesiones de *Festuca ovina* 4 de Villanueva de Oscos y *Festuca rubra* 13 de Vegadeo. En el lado negativo del eje 1 (valores más bajos de las anteriores variables), están presentes algunas accesiones de *Festuca ovina*, *Festuca paniculata*, *Festuca hystrix* y una *Poa nemoralis*. En el lado positivo del eje 2 aparecen las accesiones que presentan hojas banderas más anchas y mayor sensibilidad a enfermedades de otoño. Son en su mayoría las accesiones del género *Poa*. En el lado negativo del eje 2 se encontrarían las accesiones con hojas banderas más estrechas y mayor tolerancia a enfermedades de otoño, destacando sobre todo la accesión 3 de *Festuca ovina* procedente de Pola de Lena.

CONCLUSIONES

El análisis factorial de correspondencias permitió ver las siguientes relaciones entre variables y accesiones: a) fuertes crecimientos con elevadas alturas en floración y longitudes de hojas banderas e inflorescencias con una accesión de *Festuca ovina* de Villanueva de Oscos y una *Festuca rubra* de Vegadeo, b) altas tolerancias a enfermedades de otoño con hojas banderas estrechas con una accesión de *Festuca ovina* de Pola de Lena.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha podido realizar gracias a la financiación concedida al proyecto RF99-010-018-C1 del Programa de Conservación y Utilización de Recursos Fitogenéticos del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BALFOURIER, F.; CHARMET, G.; PROSPERI, J.M.; GOULARD, M.; MONESTIEZ, P., 1998. Comparison of different spatial strategies for sampling a core collection of natural populations of fodder crops. *Genetics, Selection, Evolution*, **30** (Suppl. 1), 215-235.
- FERNÁNDEZ DE GOROSTIZA, M., 1996. Semillas de gramíneas para césped. En *Áreas Verdes, Parques y Jardines*, 229-288. Ediciones Agrotécnicas S.L. Madrid (España).
- HOPKINS, A.; PINTO, M., 1998. *Low-input systems*. Proceedings of the 17th General Meeting of the European Grassland Federation, Debrecen, vol. **3**, 197-212.
- JONES, R. J.; WALKER, B., 1983. Strategies for gene maintenance. En *Genetic resources of forage plants*, 157-161. Ed. J. Mc IVOR and R.A.S. BRAY. Melbourne CSIRO (Australia).
- LATCH, G.C.M.; POTTER, L.R.; TYLER, B.R., 1987. Incidence of endophytes in seeds from collections of *Lolium* and *Festuca* species. *Annals of Applied Biology*, **111**, 59-64.
- LÓPEZ, J.E.; OLIVEIRA, J.A., 2000. Comparación de procedimientos para elaborar colecciones nucleares en poblaciones españolas de raigrás inglés e italiano. *Pastos*, **30** (1), 71-102.
- RAVEL, C.; CHARMET, G.; BALFOURIER, F., 1995. Influence of the fungal endophyte *Acremonium lolii* on agronomic traits of perennial ryegrass in France. *Grass and Forage Science*, **50**, 75-80.
- SPSS, 2002. SPSS para windows, versión 11.5. SPSS Inc. 1989-2002.

Red de evaluación de variedades de maíz forrajero. Resultados del primer año en Navarra

J.M. MANGADO¹, I. GONZÁLEZ¹, J. SAEZ¹ y J. ZUÑIGA²

¹I.T.G. Ganadero. Avda. Serapio Huici, 22 Edif. Peritos 31610 Villava, Navarra, (España) correo-e: jmandado@itgganadero.com ²I.T.G. Agrícola Avda. Serapio Huici, 22 Edif. Peritos 31610 Villava, Navarra, (España)

RESUMEN: El cultivo de maíz para su aprovechamiento forrajero ha sufrido en los últimos años un notable incremento tanto en los secanos frescos de la cornisa Cantábrica como en los regadíos de la España mediterránea. Los criterios iniciales para la elección de variedades fueron los de ciclos adaptados a las características climáticas de la región de producción, eligiendo las mejores en producción de grano y cosechando la planta entera en estado de grano lechoso-pastoso. A partir de mediados de los años 90 se pusieron en marcha ensayos de evaluación de variedades de maíz para forraje en diferentes comunidades autónomas al objeto de tener información acerca de las mejor adaptadas a sus condiciones ambientales particulares.

En la Reunión de la Sociedad de Pastos de Lleida (2002) se iniciaron los contactos para establecer una Red de evaluación de variedades de maíz forrajero, adoptando un único protocolo de ensayo y extendiendo el ensayo de las mismas variedades a todas las CC.AA. implicadas en la Red y cuyas condiciones climáticas permitieran su cultivo.

En éste trabajo se presentan los resultados preliminares del primer año de ensayos de la Red de evaluación de variedades de maíz forrajero en Navarra.

Palabras clave: Ciclo FAO, clima, producción, calidad, digestibilidad.

Network evaluation of varieties of forage maize. First results in Navarra

SUMMARY: During the last years, the maize crop for forage has increased in both areas: "cornisa Cantábrica" and in the irrigated lands of the Spanish mediterranean. At the begining, the variety maize was choose in order to climate characteristics of the region. In the middle of 90's some "autonomic" region carried out experiment to characterize varieties of maize in differents conditions with the aim of know which variety is the better in each region.

In a meeting of Spanish Pastures Society celebrated in Lleida (2002) it was created a network of evaluation to stablish a unic assay protocol for all regions implicated in the project.

Key words: Cycle FAO, climate, maize production, quality, digestibility.

INTRODUCCIÓN

La red de evaluación de variedades de maíz forrajero se constituyó en 2002 y agrupa Centros de Investigación de Galicia, Asturias, País Vasco, Navarra y Cataluña. Su objetivo es conocer el comportamiento productivo y adaptación a las condiciones ambientales de variedades comerciales de maíz para forraje, utilizando unos mismos criterios de evaluación y un mismo protocolo en todas las localizaciones de ensayo.

Se decidió hacer tres grupos de variedades según su precocidad:

- (1) Ciclos cortos, equivalentes a ciclo FAO 200 – 300
- (2) Ciclos medios, equivalentes a ciclo FAO 400 – 500
- (3) Ciclos largos, equivalentes a ciclo FAO 600 – 700

Cada Centro integrante de la red desarrolla los ensayos de los ciclos que mejor se adaptan a las condiciones climáticas de su comunidad autónoma, repitiendo las mismas variedades por ciclo en todos los ensayos.

Navarra posee una gran diversidad ambiental. Cabe recordar que es la única región europea que cuenta en su territorio con tres regiones biogeográficas (alpina, atlántica y mediterránea) de las seis que existen en Europa, y todo ello en un territorio de poco más de 10⁶ hectáreas.

Debido a ello tiene condiciones y tradición de cultivo como para el desarrollo de los ensayos de los tres grupos de ciclos de maíz forrajero.

La distribución de ciclos por CC.AA. es:

CC. AA.	GALICIA	ASTURIAS	PAIS VASCO	NAVARRA	CATALUÑA
CICLO	(1)	(1)	(1) (2)	(1) (2) (3)	(3)

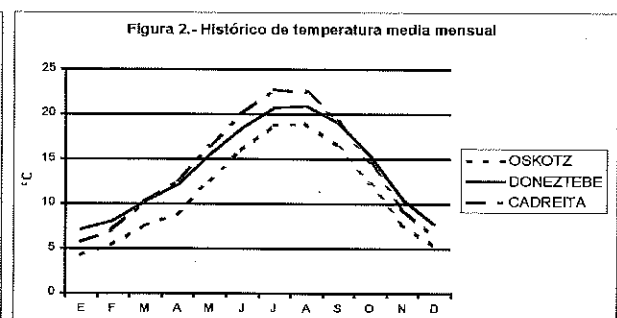
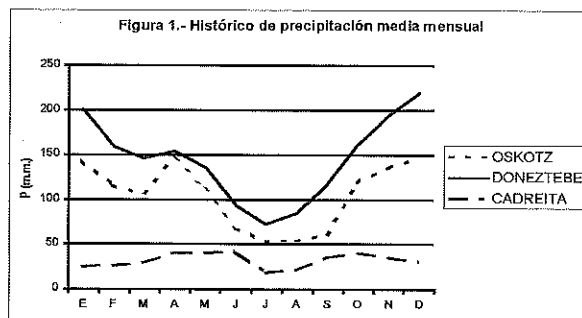
El tratamiento estadístico de los resultados por grupo de ciclo se hará de forma conjunta para observar la incidencia del efecto "localidad" sobre los resultados, repitiendo los ensayos en las mismas condiciones y localidad un mínimo de dos años seguidos para minimizar el efecto climático anual.

MATERIAL Y MÉTODOS

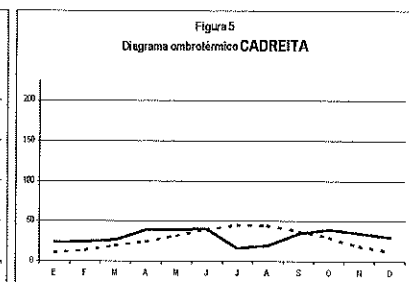
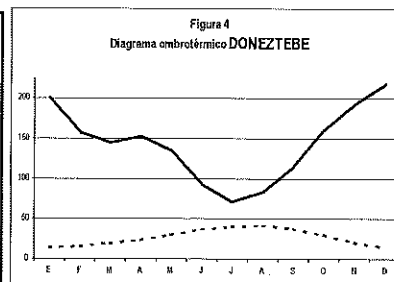
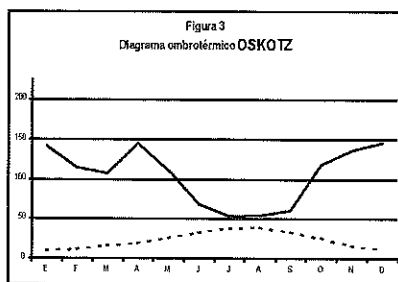
Las localizaciones y características de las tres estaciones de ensayo en Navarra son:

- OSKOTZ.- clima atlántico, vertiente mediterránea, medias anuales de temperatura y precipitación 11,1 °C y 1247 mm. respectivamente. Altitud 545 m.s.n.m. y suelos franco arcillosos.
- DONEZTEBE.- clima atlántico, vertiente cantábrica, medias anuales de temperatura y precipitación 13,8 °C y 1732 mm respectivamente. Altitud 131 m.s.n.m. y suelos franco arenosos.
- CADREITA.- clima mediterráneo semiárido, ribera del Ebro, medias anuales de temperatura y precipitación 13,9 °C y 376 mm respectivamente. Altitud 268 m.s.n.m. y suelos franco arcillo limosos.

El histórico de distribución mensual de temperatura media y precipitación es (Figuras 1 y 2):



En las Figuras 3, 4 y 5 se presentan los diagramas ombrotérmicos para las tres localidades.



Oskotz presenta las menores temperaturas medias mensuales, sin período de aridez estival; Doneztebe presenta temperaturas medias mensuales superiores a la anterior y sin período de aridez estival y Cadreita tiene las mayores temperaturas medias mensuales entre mayo y septiembre y una notable aridez entre los meses de junio y julio.

En consecuencia la adaptación de ciclos de maíz por localidad es:

- OSKOTZ.- ciclos cortos (FAO 200 – 300) en condiciones de secano
- DONEZTEBE.- ciclos medios (FAO 400 – 500) en condiciones de secano
- CADREITA.- ciclos largos (FAO 600 – 700) en condiciones de regadío

Tabla 1. Número de variedades ensayadas por localidad (2003)

OSKOTZ		DONEZTEBE		CADREITA	
nº variedades	identificación	nº variedades	identificación	nº variedades	identificación
8	O _{i i = (1...8)}	6	D _{i i = (1...6)}	5	C _{i i = (1...5)}

Tabla 2. Características de los ensayos

localidad	parcela elemental (m²)	nº hileras	siembra	dosis siembra (granos/ha)	cosecha
OSKOTZ	40 . 8,4	12	19/05	99 900	1/09
DONEZTEBE	6,5 . 2,1	3	10/06	95 000	22/09
CADREITA	10 . 2,8	4	22/05	89 286	17/09

El diseño estadístico fue de bloques al azar con cuatro repeticiones en Oskotz y tres en las otras dos localidades. Las condiciones de cultivo fueron las suficientes como para que no existieran factores limitantes ni en fertilidad, agua (en regadío) ni competencia con malas hierbas.

En periodo de cultivo se tomaron datos de nascencia e implantación y fecha de floración femenina; en cosecha datos de densidad de planta, altura de la planta, altura de inserción de mazorca, plantas caídas e incidencia de plagas y enfermedades.

La cosecha se hace cuando, según el llenado de grano, se estima un porcentaje de materia seca en planta entera entre un 28 y un 35%.

La muestra de cosecha se hizo sobre una línea central de la parcela elemental, cortando todas las plantas a una altura de 20 cm. en una longitud de 3 metros, evitando los metros inicial y final. Se pesaron en verde y se tomaron al azar 6 de ellas. Se separaron las fracciones “mazorca” y “resto de planta” pesándose por separado. Ambas fracciones se picaron por separado con una picadora autónoma a pie de parcela y se tomaron muestras individualizadas para su envío a laboratorio y obtención del contenido en materia seca.

El resto de plantas cortadas en cada subparcela se picaron a pie de parcela y se tomaron submuestras para su envío a laboratorio. Los parámetros de calidad analizados fueron contenido en materia seca (% MS), cenizas (MM % M.S.), proteína bruta (PB % M.S.), fibra bruta (FB % M.S.), fibra neutro detergente (FND % M.S.) y almidón (alm. % M.S.). Todos estos parámetros fueron analizados en el Laboratorio Agrario de Navarra.

Una fracción desecada, picada y homogencizada de cada submuestra de parcela elemental se envió al laboratorio del Instituto Lactológico de Lekunberri para determinación de la digestibilidad enzimática aplicando el método Aufrère 0,1 N.

Los resultados se analizaron mediante análisis de varianza utilizando el test de Duncan como procedimiento de comparación múltiple y las distintas variedades como factor. Se utilizó el paquete estadístico SPSS 8.0 (SPSS, 1998).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Incidencia climática

La comparación entre la integral térmica (I.T.) eficaz ($6\text{ }^{\circ}\text{C} \leq t^{\circ} \leq 30\text{ }^{\circ}\text{C}$) de 2003 y la histórica entre las fechas de siembra y cosecha de 2003 se recoge en la Tabla 3.

Tabla 3. Comparativa entre integrales térmicas (I.T.) $^{\circ}\text{C}$

	OSKOTZ 19/05 – 1/09	DONEZTEBE 10/06 – 22/09	CADREITA 22/05 – 17/09
histórica	1179	1433	1691
2003	1387	1609	1836

Esto ha supuesto un adelanto de la fecha de cosecha de 2 semanas en el caso de Oskotz y 10 – 12 días en las otras dos localidades.

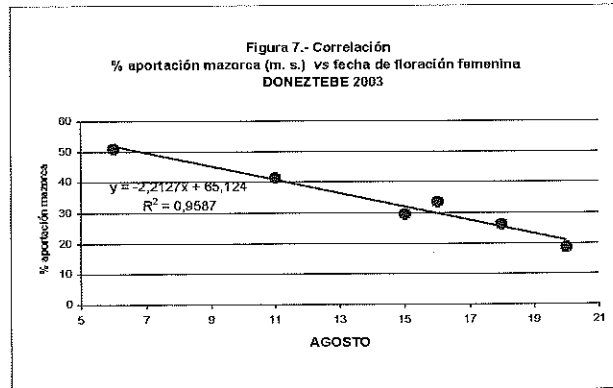
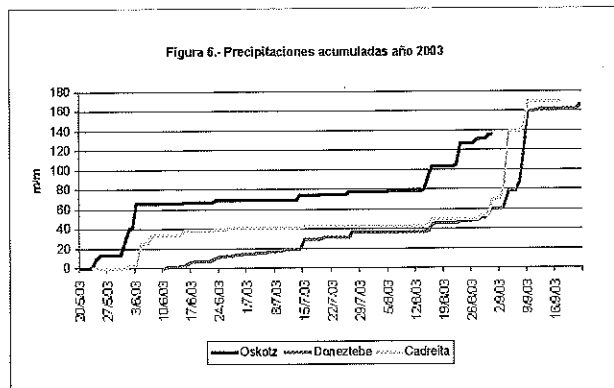
Sin embargo, el rasgo climático más trascendente en 2003 ha sido la pluviometría y, sobre todo, en las estaciones de secano. En la Figura 6 se presentan las precipitaciones acumuladas en el período de cultivo de 2003 para las tres localidades.

La práctica ausencia de precipitaciones en los meses de junio, julio y 1ª quincena de agosto, unido a unas temperaturas medias anormalmente elevadas en la 1ª quincena de agosto, afectó al desarrollo vegetativo de la planta, secándose hasta la 6ª hoja basal en las dos estaciones de experimentación en secano. Así mismo afectó notablemente a la polinización de forma que en cosecha aparecieron mazorcas inmaduras y sin formación de grano en las dos localidades de secano.

Una cuantificación de la incidencia climática nos la aporta la comparación de los datos de producción, en la localidad de Oskotz, de seis variedades repetidas, en las mismas condiciones, los años 2002 y 2003. En 2002 la producción media fue de 15 047 kg M.S./ha y en 2003 fue de 9980 kg M.S./ha (66,3%). En el mismo caso el contenido en almidón fue del 26,3% sobre materia seca en 2002 y 23,7% en 2003.

En esta situación de alto estrés termopluviométrico en 2003 se ha encontrado una estrecha relación en Doneztebe entre la fecha de floración femenina y la formación de grano medida como aportación de la mazorca a la producción final en materia seca (Figura 7)

Las variedades de floración femenina más precoz (57 días desde siembra) alcanzan valores similares a los encontrados por otros autores (Serra *et al.*, 2002; Martínez y Piñeiro, 2002; Suárez y Piñeiro, 2002), mientras que conforme se retrasa la fecha de floración femenina la aportación de la mazorca a la producción final alcanza valores descendentes.



Producción

Los datos productivos se resumen en la Tabla 4

Tabla 4. Producción de forraje, contenido en materia seca y aportación de mazorca en tres localidades de ensayo (Red de maíz Navarra 2003)

OSKOTZ				DONEZTEBE				CADREITA			
(1)	(2)	(3)	(4)	(1)	(2)	(3)	(4)	(1)	(2)	(3)	(4)
O ₁	8789	30,1ab	39,5b	D1	9309	27,9a	18,7a	C1	20 742ab	30,7a	52,3b
O ₂	9170	32,9bc	47,3bcd	D2	10 585	27,9a	33,6bc	C2	18 222a	34,1ab	50,7ab
O ₃	8679	38,4d	47,2bcd	D3	10 870	31,6b	41,4cd	C3	17 982a	29,2a	51,1ab
O ₄	8853	26,8a	33,7a	D4	10 588	30,9ab	26,2ab	C4	20 764ab	31,5a	54,6b
O ₅	9072	35,6cd	49,0cd	D5	10 835	33,4b	51,1d	C5	23 268b	38,0b	46,5a
O ₆	9454	34,9cd	51,9d	D6	10 041	30,4ab	29,5abc				
O ₇	10 511	32,6bc	44,3bc								
O ₈	9083	31,9bc	48,5bcd								

(1) variedad; (2) producción kg m.s./ha; (3) % materia seca; (4) % aportación de mazorca en m.s.
 En la misma columna valores seguidos por distinta letra difieren significativamente (p<0,05) Duncan

Los datos de producción en las dos localidades de cultivo en secano, en las que no se encuentran diferencias significativas entre variedades, pueden indicar que en las condiciones de estrés climático en las que se ha desarrollado el cultivo en 2003 las variedades ensayadas no han desarrollado todo su potencial productivo, alcanzando las producciones que pueden afrontar fisiológicamente en condiciones ambientales restrictivas. En aportación de mazorca a la producción final únicamente O₂, O₃, O₅, O₆ y O₈ en Oskotz y D₃ y D₅ en Doneztebe alcanzan valores próximos, aunque inferiores, a los descritos en otros trabajos. El resto de variedades han tenido serios problemas para la formación de mazorca.

En Cadreita, sin limitación hídrica, las variedades responden a su potencial productivo y tienen una variabilidad productiva superior, siendo C₅ la más productiva, la de mayor porcentaje de materia seca y la de menor aportación de mazorca a la producción final, lo que sugiere que sea la de mayor producción de biomasa en la parte vegetativa de la planta.

Composición

Los datos de composición se resumen en la Tabla 5

Tabla 5. Proteína bruta (PB), almidón y fibra neutro detergente (FND) en tres localidades de ensayo (Red de maíz Navarra 2003)

OSKOTZ				DONEZTEBE				CADREITA			
(1)	(2)	(3)	(4)	(1)	(2)	(3)	(4)	(1)	(2)	(3)	(4)
O ₁	10,2b	20,1a	56,1	D1	8,0	4,4a	52,9	C1	8,3b	28,2	52,2ab
O ₂	9,5ab	24,7ab	53,1	D2	8,4	8,4ab	53,1	C2	8,7b	29,8	48,7a
O ₃	8,6ab	27,1b	53,0	D3	7,7	15,9bc	52,1	C3	8,2b	26,1	53,9b
O ₄	9,7ab	21,1a	54,5	D4	8,3	9,5ab	54,6	C4	7,0a	28,4	54,0b
O ₅	8,4a	24,2ab	55,9	D5	8,1	19,0c	50,5	C5	7,1a	27,6	53,1b
O ₆	9,6ab	25,3ab	54,8	D6	7,8	10,2ab	54,2				
O ₇	8,4a	25,3ab	55,7								
O ₈	9,9ab	24,2ab	54,3								

(1) variedad; (2) proteína bruta % s.m.s.; (3) almidón % s.m.s.; (4) fibra neutro detergente % s.m.s.
 En la misma columna valores seguidos por distinta letra difieren significativamente (p<0,05) Duncan

Martínez *et al.* (1999) encuentran en Asturias para ciclos FAO 200 – 300 unos valores de proteína bruta inferiores en 1,5 puntos a los obtenidos en Oskotz, unos valores de almidón tres puntos superiores y una FND 10 puntos inferiores aunque con 25 – 40 días más de cultivo. Esto sugiere que, dado el clima del año,

el alargar el período de cultivo habría disminuido el contenido en PB e incrementado el contenido en fibras por lo que hubiera disminuido la digestibilidad y no se hubiera incrementado el contenido en azúcares solubles por lo que hubiera disminuido la calidad bromatológica final de los cultivos. Las variedades O₂, O₃, O₆ y O₈ son las que mejor compatibilizan estos criterios de calidad.

En Doneztebe los ciclos 400 – 500 alcanzan valores de PB superiores en 0,5 puntos a los descritos por Martínez *et al.* (1999) para ciclos 400, pero los resultados de almidón y FND nos indican plantas de baja digestibilidad y valor energético, que no mejorarán alargando el período de cultivo. Únicamente D₅ alcanza unos valores de calidad aceptables.

Los ciclos 600 – 700 (Cadreita) alcanzan unos valores medios de PB similares a los descritos por Serra *et al.* (2002) para ciclos FAO 700 en regadío en Gerona pero contenidos en almidón de 6 puntos inferiores y FND 5 puntos superiores a los descritos por estos autores. En nuestra experiencia la variedad que mejor compatibiliza estos criterios de calidad es C₂.

Digestibilidad y energía neta

Se ha utilizado el método propuesto por Aufrère (1982) como base para la estimación de la digestibilidad de la materia orgánica (dMO) y la valoración energética (UFL) del maíz forrajero según el modelo M4 de Andrieu y Aufrère (1996). El resultado de la aplicación de este modelo se recoge en la Tabla 6.

Con estos datos se pueden tipificar las variedades ensayadas por su producción por hectárea en materia orgánica digestible y en energía neta, siendo estos los parámetros fundamentales a utilizar en racionamiento animal. La comparación de estos parámetros entre variedades, para cada estación, nos dará los criterios más ajustados a la hora de proponer las variedades de maíz forrajero a cultivar.

Tabla 6. Digestibilidad de la materia orgánica y energía (Aufrère) en tres localidades de ensayo (Red de maíz Navarra 2003)

OSKOTZ			DONEZTEBE			CADREITA		
variedad	dMO	energía	variedad	dMO	Energía	variedad	DMO	energía
O ₁	69,7	0,9ab	D1	73,6	0,934	C1	74,5b	0,951bc
O ₂	71,0	0,946b	D2	72,9	0,915	C2	75,3b	0,968c
O ₃	70,4	0,938ab	D3	73	0,922	C3	73,4b	0,923b
O ₄	70,7	0,936ab	D4	72,1	0,906	C4	70,9a	0,879a
O ₅	69,6	0,897a	D5	74,2	0,948	C5	74,3b	0,945bc
O ₆	71,2	0,947b	D6	72,2	0,913			
O ₇	69,0	0,892a						
O ₈	70,9	0,932ab						

dMO=digestibilidad de la materia orgánica en %; energía neta en UFL₁/kg m.s.

En la misma columna valores seguidos por distinta letra difieren significativamente (p<0,05) Duocan

CONCLUSIONES

Los factores ambientales (clima, suelo) son fundamentales a la hora de elegir las variedades de maíz forrajero a cultivar en cada comarca.

En el año 2003 la falta de lluvias y elevadas temperaturas habidas durante el período de desarrollo vegetativo y reproductivo del maíz han incidido negativamente sobre el desarrollo de las plantas y la formación de grano, siendo esto más notable en condiciones de secano fresco que en regadío.

Al objeto de disminuir la incidencia de la variabilidad climática interanual sobre la producción, los ensayos comparativos entre variedades deben repetirse, en las mismas condiciones, un mínimo de dos años seguidos.

Los criterios de comparación entre variedades de maíz forrajero deben ser la producción por hectárea de materia orgánica digestible y de energía neta.

Una red de ensayos que agrupe localidades y factores ambientales diferentes es una buena herramienta para contrastar resultados y tener criterios ajustados para proponer el cultivo de variedades de maíz forrajero.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRIEU, J.; AUFÈRE, J., 1996. Prévion a partir de différentes méthodes (physique, chimique et biologique) de la digestibilité et de la valeur énergétique de la plante de maïs à l'état frais. Recueil des communications du colloque maïs ensilage de Nantes. *AGPM*, 17-18/09/96, 61-69 (Francia)
- AUFÈRE, J., 1982. Etude de la prévion de la digestibilité des fourrages par une méthode enzymatique. *Ann. Zootech.*, **31**, 111-130 (Francia)
- MARTÍNEZ, A.; DE LA ROZA, B.; MARTÍNEZ, A., 1999. Comportamiento agronómico de variedades comerciales de maíz empleadas para forraje en distintas zonas edafoclimáticas de Asturias. En *Actas de la XXXIX Reunión de la S.E.E.P.*, 233-238. Almería (España)
- MARTÍNEZ, A.; PIÑEIRO, J., 2002. Primeros años de siembra directa de maíz para ensilar. En *Actas de la XLII Reunión de la S.E.E.P.*, 303-308. Lleida (España)
- SECCIÓN DE SUELOS Y CLIMATOLOGÍA 2001. Estudio agroclimático de Navarra. Departamento de Agricultura del Gobierno de Navarra. Pamplona (España)
- SERRA, J.; SALVIA, J.; ARAGAY, M.; PUIGDOMÈNECH, M.A., 2002. Evaluación de la aptitud forrajera de variedades comerciales de maíz (*Zea mays* L.) de ciclo FAO 700 cultivadas en regadio en el nordeste de España. En *Actas de la XLII Reunión de la S.E.E.P.*, 289-294. Lleida (España)
- SPSS Base 8.0, 1998. Applications Guide. Versión 8.0. SPSS Inc., Chicago (EEUU).
- SUAREZ, R.; PIÑEIRO, J., 2002. Elección de variedades de maíz forrajero en Galicia. En *Actas de la XLII Reunión de la S.E.E.P.*, 309-314. Lleida (España)

Caracterización agronómica de gramíneas pratenses de la Cordillera Cantábrica en Galicia

L. COSTAL ANDRADE¹, E. GONZÁLEZ ARRÁEZ¹ y J.A. OLIVEIRA PRENDES²

1 Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo (CIAM). Apartado 10. 15080 A Coruña (España). Correo-e: luis.costal.andrade@xunta.es ernesto.gonzález.arráez@xunta.es. 2 Universidad de Oviedo. Campus de Mieres. Dpto. de Biología de Organismos y Sistemas. Área de Producción Vegetal. C/ Gonzalo Gutiérrez de Quirós, s/n. 33600 Mieres (España). Correo-e: oliveira@uniovi.es

RESUMEN: Durante el 2003 se han caracterizado agronómicamente en el Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo (CIAM), a 100 m.s.n.m., 47 poblaciones naturales de gramíneas pratenses procedentes de la Cordillera Cantábrica (38 del género *Lolium* y nueve del género *Festuca*), establecidas en un campo de ensayo en la primavera de 2003. Se ha observado que existen diferencias significativas entre las poblaciones de cada una de las especies para todos los descriptores. Durante este primer año de caracterización los coeficientes medios de variación fueron menores en los testigos que en las poblaciones de las tres especies.

Palabras clave: Recursos fitogenéticos, *Lolium*, *Festuca*.

Agronomic characterisation of grasses collected on the cantabrian range in Galicia.

SUMMARY: During year 2003, forty-seven natural populations of grasses (38 of *Lolium* and nine of *Festuca*) collected on the Cantabrian range have been agronomically characterised at the Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo (A Coruña). Statistically significant differences between the populations of each one of the species for all the variables were found. During this first year of characterisation the average coefficients of variation were smaller in the controls than in accessions.

Key words: Genetic resources, *Lolium*, *Festuca*.

INTRODUCCIÓN

Tradicionalmente los programas de mejora genética en la agricultura tenían objetivos productivistas, fundamentalmente de aumento del rendimiento de los cultivos para incrementar su producción. En la actualidad cada vez tiene más importancia los enfoques economicistas y ambientalistas, respectivamente entendidos como la tendencia a disminuir los costes de producción agrícola y a compatibilizar ésta con la protección y conservación del medio ambiente. Este cambio es el mismo que el originado en la Política Agraria Común (PAC), ya que a los objetivos iniciales del Tratado de Roma, de marcado carácter productivista, se le han unido otros que persiguen la extensificación de la producción, la protección del medio ambiente, la salubridad de los alimentos y el bienestar animal.

En este marco cobran cada vez más importancia las producciones forrajeras para la alimentación animal. En Galicia la leche supone aproximadamente el 30% de la producción final agraria (Anuario de Estadística Agraria, 2001), siendo la base de esta producción los cultivos forrajeros, en concreto las praderas polifitas, cuya producción ha pasado de 4,25 millones de toneladas en el año 1991 a 9,79 millones en el 2001 (Anuario de Estadística Agraria, 2001). Dicho incremento está originado por el aumento de la superficie dedicada a este cultivo en Galicia, que ha pasado de 116 000 ha en 1991 a 192 000 ha en 2001, y con la utilización de mezclas de especies de gramíneas, como los raigrases, y leguminosas, como los tréboles, de elevado rendimiento obtenidas en programas de mejora.

Para afrontar programas de mejora genética de cualquier variedad vegetal es necesaria la existencia de los bancos de recursos fitogenéticos, donde se conserva el material vegetal caracterizado y evaluado.

Los trabajos de recogida y evaluación de recursos fitogenéticos en Galicia se iniciaron en la década de los 70 (Vivero, 1979) y continuaron con mayor intensidad en los 80 y 90 (Piñeiro y Pérez, 1986; Oliveira y Charmet, 1988; Arbones y Oliveira, 1995; López y Oliveira, 2001). En el año 1999 se inició la recogida, multiplicación

y caracterización de recursos fitogenéticos de gramíneas de la Cordillera Cantábrica. En el Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo (CIAM) se hicieron trabajos de caracterización de estas gramíneas que continúan (Costal *et al.*, 2003) al amparo del proyecto "Prospección y recogida de recursos fitogenéticos autóctonos de leguminosas de la Cordillera Cantábrica y caracterización primaria de entradas de los géneros *Agrostis*, *Lolium* y *Festuca*".

En el Banco de germoplasma existente en el CIAM se conservan especies pratenses, procedentes mayoritariamente del norte de España, para su caracterización y evaluación agronómica con la posibilidad de integrar este material en programas de mejora.

MATERIAL Y MÉTODOS

El ensayo se estableció en Mabegondo (A Coruña) en el invierno de 2003 a 100 m.s.m. En diciembre de 2002, tras la limpieza de la semilla, se sembraron en bandejas en invernadero las siguientes poblaciones: 19 de Raigrás inglés (*Lolium perenne* L.), 19 de Raigrás italiano (*Lolium multiflorum* Lam.) y nueve de Festuca alta (*Festuca arundinacea* Schreb.). Como testigos se sembraron los siguientes cultivares comerciales: Brigantia, Yatsin, Condesa y Labrador de raigrás inglés; Vitesse, Promenade y Exalta de raigrás italiano; Fawn y Tima de Festuca arundinacea. En febrero de 2003 se transplantaron al terreno definitivo.

El suelo es franco-arenoso, con pH 5,9 y contenidos en P y K de 17,7 y 254 ppm respectivamente. Con las labores preparatorias se aportaron 32 unidades de N, 40 de P₂O₅ y otras 40 de K₂O. El diseño experimental utilizado fue de bloques completos al azar con tres repeticiones y 10 plantas por población en cada repetición. La separación entre líneas fue de 50 cm, la misma que la distancia entre plantas para una misma línea.

Los descriptores evaluados aparecen en la Tabla 1.

Para el estudio estadístico de los resultados se ha aplicado un análisis de varianza en los descriptores cuantitativos (solamente FES) y el test no paramétrico de Kruskal-Wallis en los descriptores cualitativos (todas las demás).

Tabla 1. Descriptores utilizados en la caracterización de las poblaciones de *Lolium perenne* L., *Lolium multiflorum* Lam. y *Festuca arundinacea* Schreb..

DESCRIPTOR	DESCRIPCIÓN	ESCALA
PROESP	Producción de espigas en siembra de primavera (Sólo en Raigrases italianos).	1 = nula, 5 = alta
CRV	Crecimiento en verano.	1 = poco crecimiento, 5 = mucho
CRO	Crecimiento en otoño.	1 = poco crecimiento, 5 = mucho
CRP	Crecimiento en primavera.	1 = poco crecimiento, 5 = mucho
CRJ	Crecimiento de invierno.	1 = poco crecimiento, 5 = mucho
AH	Anchura de hojas en otoño.	1 = estrecha, 5 = ancha
HAB	Hábito de crecimiento.	1 = erecto, 5 = postrado
FES	Fecha de espigado.	en nº de días a partir del uno de Marzo
ABINF	Abundancia de inflorescencias en espigado.	1 = baja, 5 = alta
CRESP	Crecimiento en espigado.	1 = bajo, 5 = alto
REESP	Reespigado.	1 = bajo, 5 = alto
ENF	Tolerancia a enfermedades.	1 = muy sensible, 5 = muy tolerante

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En las Tablas 2, 3 y 4 se recogen los valores medios y los coeficientes de variación de las variables estudiadas durante el primer año de evaluación de las poblaciones.

Para el raigrás inglés (Tabla 2), al considerar las medias, se ha observado que para el 83,4% de los descriptores éstos toman un valor mayor en testigos que en las poblaciones, mientras que el coeficiente de variación es mayor en poblaciones para el 66,6% de dichos descriptores. En conjunto, el coeficiente de variación medio de todos los descriptores estudiados es mayor en poblaciones que en testigos.

En el caso de las poblaciones de raigrás italiano (Tabla 3), el 54,5% de los descriptores son mayores en testigos que en poblaciones, al tiempo que el coeficiente de variación es mayor en poblaciones en el 72,7% de estos descriptores. También se confirma, como en raigrás inglés, que el coeficiente de variación medio del conjunto de descriptores es mayor en poblaciones que en testigos.

Por último, en el caso de las poblaciones de festuca alta (Tabla 4) el 77,7% de los descriptores toman un valor mayor en testigos que en poblaciones y el coeficiente de variación es mayor en poblaciones para el 66,6% de los mismos. Igual que en las dos especies anteriores, el coeficiente de variación medio es también mayor en poblaciones que en testigos.

El análisis estadístico de los datos las poblaciones de raigrás inglés (Tabla 5), raigrás italiano (Tabla 6) y festuca alta (Tabla 7) muestra diferencias significativas entre las mismas para todos los descriptores estudiados.

Tabla 2. Valores medios y coeficientes de variación de las poblaciones y de los cultivares testigo en raigrás inglés (para el significado de los descriptores consultar Tabla 1)

Variables	Poblaciones		Testigos	
	Media	CV	Medias	CV
PROESP	-	-	-	-
CRV	2,83	46,48	3,38	34,66
CRO	2,77	41,25	3,41	32,72
CRI	-	-	-	-
CRP	2,98	41,98	3,12	43,95
HAB	3,02	34,47	2,81	41,69
AH	2,78	39,75	3,08	34,07
FES	-	-	-	-
ABINF	-	-	-	-
CRESP	-	-	-	-
REESP	-	-	-	-
ENF	2,99	45,27	3,90	26,67
	CV medio	41,53	CV medio	35,63

Tabla 3. Valores medios y coeficientes de variación de las poblaciones y de los cultivares testigo en raigrás italiano (para el significado de los descriptores consultar Tabla 1).

Variables	Poblaciones		Testigos	
	Media	CV	Media	CV
PROESP	3,31	38,92	3,40	24,54
CRV	2,74	51,12	1,71	58,22
CRO	2,65	46,25	1,95	54,56
CRI	-	-	-	-
CRP	3,47	33,64	2,80	36,74
HAB	3,20	42,99	3,95	27,46
AH	3,30	36,39	3,24	28,34
FES	72,50	9,41	69,14	5,06
ABINF	3,48	35,40	3,35	27,75
CRESP	3,56	27,78	3,67	22,01
REESP	2,76	49,48	4,23	22,51
ENF	3,60	30,85	2,98	29,19
	CV medio	36,57	CV medio	30,58

Tabla 4. Valores medios y coeficientes de variación de las poblaciones y de los cultivares testigo en festuca alta (para el significado de los descriptores consultar Tabla 1).

Variables	Poblaciones		Testigos	
	Media	CV	Medias	CV
PROESP	-	-	-	-
CRV	2,93	34,59	2,60	28,72
CRO	3,05	34,19	2,74	29,43
CRI	-	-	-	-
CRP	2,83	37,86	3,34	27,74
HAB	3,15	29,71	3,29	31,15
AH	2,81	43,04	3,20	30,21
FES	-	-	-	-
ABINF	-	-	-	-
CRESP	-	-	-	-
REESP	-	-	-	-
ENF	4,50	16,89	4,51	17,21
	CV medio	32,71	CV medio	27,41

Tabla 5. Test de Kruskal-Wallis en las poblaciones de raigrás inglés caracterizadas en el CIAM en el año 2003 para los descriptores cualitativos (para su descripción consultar Tabla 1).

VARIABLES	POBLACIONES
PROESP	-
CRV	156,50**
CRO	141,41**
CRI	-
CRP	137,28**
HAB	108,57**
AH	70,53**
FES	-
ABINF	-
CRESP	-
REESP	-
ENF	222,79**

X²: valor de test chi-cuadrado; **: significativo al nivel 0,01

Tabla 6. Cuadrados medios del análisis de varianza en las poblaciones de raigrás italiano caracterizadas en el CIAM en el año 2003 para los descriptores cuantitativos y test de Kruskal-Wallis en esas mismas poblaciones para los descriptores cualitativos (para su descripción consultar Tabla 1).

VARIABLES	POBLACIONES		
<i>Cuantitativas</i>	<i>Cuadrados medios del análisis de varianza</i>		
FV	Población	Bloque	Población*Bloque
GL	19	2	31
FES	429,92**	155,13**	73,24**
<i>Cualitativas</i>	<i>X² (Test Kruskal-Walis)</i>		
PROESP	186,42**		
CRV	125,56**		
CRO	116,57**		
CRI	-		
CRP	121,99**		
HAB	245,08**		
AH	287,23**		
ABINF	126,18**		
CRESP	121,85**		
REESP	139,77**		
ENF	115,90**		

FV: fuente de variación; GL: grados de libertad; X²: valor de test chi-cuadrado; *: significativo al nivel 0,05; **: significativo al nivel 0,01

Tabla 7. Test de Kruskal-Wallis en las poblaciones de festuca alta caracterizadas en el CIAM en el año 2003 para los descriptores cualitativos (para su descripción consultar Tabla 1).

VARIABLES	POBLACIONES
PROESP	-
CRV	42,07**
CRO	57,39**
CRI	-
CRP	57,52**
HAB	31,36**
AH	61,95**
FES	-
ABINF	-
CRESP	-
REESP	-
ENF	15,65*

X²: valor de test chi-cuadrado; *: significativo al nivel 0,05; **: significativo al nivel 0,01.

CONCLUSIONES

Durante este primer año de evaluación y para los descriptores estudiados se ha observado que las poblaciones de raigrás inglés, raigrás italiano y de festuca alta se comportan peor agrónomicamente que sus respectivos testigos. También se cumple que la diversidad de las poblaciones de las tres especies, medida por el coeficiente de variación, es mayor que la de sus testigos.

Para todas los descriptores estudiados se ha visto que las poblaciones de cada una de las especies son significativamente diferentes entre si.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha podido realizar gracias a la financiación concedida al proyecto RF02-025-C2 en el marco de la Acción estratégica "Conservación de los recursos genéticos de interés agroalimentario" del Programa Nacional de Recursos y Tecnologías Agroalimentarias, del Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANUARIO DE ESTADÍSTICA AGRARIA 2001, 2003. Xunta de Galicia. Consellería de Política Agroalimentaria e Desenvolvemento Rural. 82-84 y 197-209.
- ARBONES, E.; OLIVEIRA, J.A., 1995. Relaciones entre características agronómicas y factores ecogeográficos en poblaciones naturales de raigrás inglés del Norte de España. *Investigación Agraria, Producción y Protección Vegetales*, **10** (3), 325-340.
- COSTAL, L.; GONZÁLEZ, E.; OLIVEIRA, J.A.; LÓPEZ, J.E., 2003. Caracterización agronómica de especies cespitosas en Galicia. En *Pastos, desarrollo y conservación. XLIII Reunión científica de la S.E.E.P.* Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca. 47-53.
- LÓPEZ, J.E.; OLIVEIRA, J.A., 2001. Comparación de procedimientos para elaborar una colección núcleo en accesiones de raigrás inglés. En *Biodiversidad en Pastos. XLI Reunión Científica de la S.E.E.P. I Foro Iberoamericano de Pastos*, Ed. Cibio, 189-192. Alicante (España).
- OLIVEIRA, J.A.; CHARMET, G., 1988. Characterization of wild perennial ryegrass populations from Galicia (Spain). *Pastos*, **18-19**, 51-68.
- PIÑEIRO, J.; PÉREZ, M., 1986. El interés agronómico de ecotipos españoles de plantas pratenses. *Pastos*, **44** (1), 103-118.
- VIVERO, J.L., 1979. Iniciación a la mejora genética de raigrás italiano (*Lolium multiflorum* Lam.) para crecimiento invernal. *Anales INIA. Serie Producción Vegetal*, **10**, 23-37.

¿Autoalelopatía en *Lolium rigidum* Gaud?

L. SAN EMETERIO, R.M. CANALS, J. PERALTA, A. ARROYO e I. AZCÁRATE

ETSIA. Universidad Pública de Navarra. Campus Arrosadía. 31006 Pamplona (España).

RESUMEN: Para evaluar la existencia de autoalelopatía en *Lolium rigidum* Gaud. se realizaron dos experimentos. Un primer ensayo en placas Petri con el fin de determinar si los extractos acuosos de tallos, hojas y raíces de *Lolium rigidum* presentaban efectos alelopáticos sobre la germinación y el crecimiento de sus plántulas, y un cultivo de *Lolium rigidum* en maceta a diferentes densidades y bajo diferentes disponibilidades hídricas, tratando de simular condiciones más reales. En placas Petri, los extractos acuosos dificultaron la germinación e inhibieron el crecimiento radical de las plántulas. En maceta, los efectos autoalelopáticos fueron apreciables cuando las condiciones hídricas de cultivo fueron limitantes.

Palabras clave: autotoxicidad, raigrás anual, estrés hídrico.

Does autotoxicity in Lolium rigidum Gaud. Exist?

SUMMARY: Two experiments were set up in order to determine the occurrence of autotoxicity in *Lolium rigidum* Gaud.: a first bioassay in Petri dishes using aqueous extracts of stems, leaves and roots of *Lolium rigidum*, and a second bioassay in plots at the greenhouse, by means of a density-dependent experiment under two water regimes. Aqueous extracts showed significant effects on both germination and seedling development. In plots, the effects on shoot and root growth varied with water regime. Agronomical and ecological implications of autotoxicity are discussed.

Key words: annual ryegrass, autotoxicity, water stress.

INTRODUCCIÓN

Lolium rigidum Gaud. es un terófito espontáneo en la cuenca mediterránea, extendido por todo el mundo como mala hierba de cultivos de cereal y también empleado como forrajera (Delgado y Andrés, 1996; Gill, 1996). Esta gramínea puede resultar interesante como alternativa a los cultivos de cereal poco productivos de áreas mediterráneas semiáridas, al presentar unas características apropiadas para ese objetivo: es una planta anual, capaz de autorresembrarse, productiva y adaptada a la sequía estival. El raigrás anual, como otras anuales forrajeras mediterráneas, ha adaptado su ciclo vital de modo que antes del período de sequía finaliza su ciclo con abundante producción de semillas que se incorporan al banco de semillas del suelo y, tras una dormancia innata de dos meses, aseguran la regeneración del pasto (Gill, 1996).

La utilización como forrajera de *Lolium rigidum* presenta, sin embargo, algunos aspectos negativos, entre los que destaca la disminución de su persistencia tras varias resiembras, quedando su aprovechamiento limitado a 3-4 años (Delgado y Andrés, 1996). Esta falta de persistencia podría estar relacionada con fenómenos de autotoxicidad producidos por aleloquímicos, como se ha observado en diversas especies de interés agronómico, donde extractos de diferentes partes de la planta afectan el crecimiento y/o dificultan su germinación (Chon y Kim, 2002). En este estudio se plantea determinar si se producen fenómenos de autoalelopatía en *Lolium rigidum* y evaluar su magnitud observando los efectos que producen extractos procedentes de distintas partes de la planta aplicados a distintas concentraciones en la germinación y el crecimiento radical y caulinar de las plántulas de la misma especie.

MATERIAL Y MÉTODOS

Para evaluar los efectos autoalelopáticos del raigrás anual (*Lolium rigidum* cv. 'Wimmera') sobre las fases iniciales de su desarrollo vegetativo se realizaron ensayos en placas Petri regadas con extractos acuosos de raigrás anual. Para evaluar los efectos autoalelopáticos en fases vegetativas más avanzadas y bajo condiciones

más similares a las de campo se establecieron cultivos de raigrás anual en macetas sobre sustrato con material foliar en descomposición.

Ensayo con extractos acuosos en placas Petri

La obtención de los extractos acuosos siguió la metodología descrita por (San Emeterio *et al.*, 2004). Se obtuvieron extractos de raíz y hojas a dos concentraciones (3,4 g L⁻¹, 10 g L⁻¹) y extractos de tallo concentrados a 3,4 g L⁻¹. Se dispusieron 15 semillas esterilizadas sobre un papel de filtro en un total de 60 placas Petri y se regaron con 5 ml de extracto. Cada nivel de extracto se replicó 10 veces. Se realizó un control con agua destilada. El ensayo se llevó a cabo en una cámara bajo condiciones controladas, con un fotoperiodo de 12 h luz, una intensidad lumínica de 60-70 $\mu\text{E}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ PAR y una temperatura de 20 °C. Las placas se mantuvieron cerradas hasta el inicio de la germinación. Se anotó el número de semillas germinadas por placa y la fecha de germinación durante un período de dos semanas. Las mediciones de longitud radical y aérea (coleóptilo) se realizaron a los tres días de la germinación.

Cultivo de raigrás anual en maceta con tejido foliar en descomposición

En diciembre de 2003, se establecieron 80 monocultivos en maceta sobre un sustrato base de vermiculita y turba 3:1. Se incluyeron tres factores en el experimento: densidad de siembra, concentración de material foliar de raigrás anual y condición hídrica. Los tratamientos se replicaron 5 veces. El factor densidad se incluyó para diferenciar los efectos alelopáticos de los efectos debidos a la competencia por los recursos, dado que ambos factores dependen de la densidad en sentido contrario, permitiendo su diferenciación (Weidenhamer, 1996). Se establecieron dos densidades de siembra (640 y 2540 plantas.m⁻²), fijadas en relación a la densidad de siembra recomendada 750 plantas m⁻² (Delgado y Andrés, 1996). El factor concentración constó de cuatro niveles: concentración baja (425 kg ha⁻¹ de material foliar de raigrás anual que se añadió al sustrato base), concentración media (1250 kg ha⁻¹), concentración alta (3000 kg ha⁻¹) y control sin material foliar añadido. El factor condición hídrica constó de dos niveles, plantas sometidas a estrés hídrico (regadas aproximadamente cada 20 días), y plantas en buenas condiciones hídricas (regadas una vez a la semana). El cultivo creció en invernadero y fue cosechado a las siete semanas, en estado vegetativo avanzado. Se obtuvo la biomasa aérea y radical por maceta, separando el material y secándolo en estufa durante 48h a 65° C.

Análisis de los datos

Los datos se analizaron mediante modelos mixtos lineales (SPSS versión 11.5). Para evaluar el efecto sobre la germinación se realizó un análisis de medidas repetidas. Para evaluar los efectos en el crecimiento de las plantas se siguió la metodología descrita por Cahill (2003).

RESULTADOS

Efecto de los extractos acuosos en la germinación y crecimiento de las plántulas

Los extractos acuosos de raigrás anual presentaron efectos autoalelopáticos sobre la germinación y el crecimiento de las plántulas en placas Petri. Los extractos de hojas a alta concentración disminuyeron significativamente tanto el porcentaje total de germinación ($p < 0,05$) como la velocidad de germinación, siendo significativamente más lenta ($p < 0,001$) durante los 8 primeros días (Figura 1). Los extractos radicales no presentaron efectos significativos sobre el porcentaje total de germinación ni sobre la velocidad de germinación.

Los extractos aéreos de raigrás anual estimularon la longitud aérea e inhibieron la longitud radical dando como resultado una inhibición de la longitud total de las plántulas y una variación significativa de la proporción tallo:raíz ($p > 0,001$). Los extractos radicales presentaron el mismo patrón de respuesta, pero sin afectar significativamente la longitud total (Figura 2).

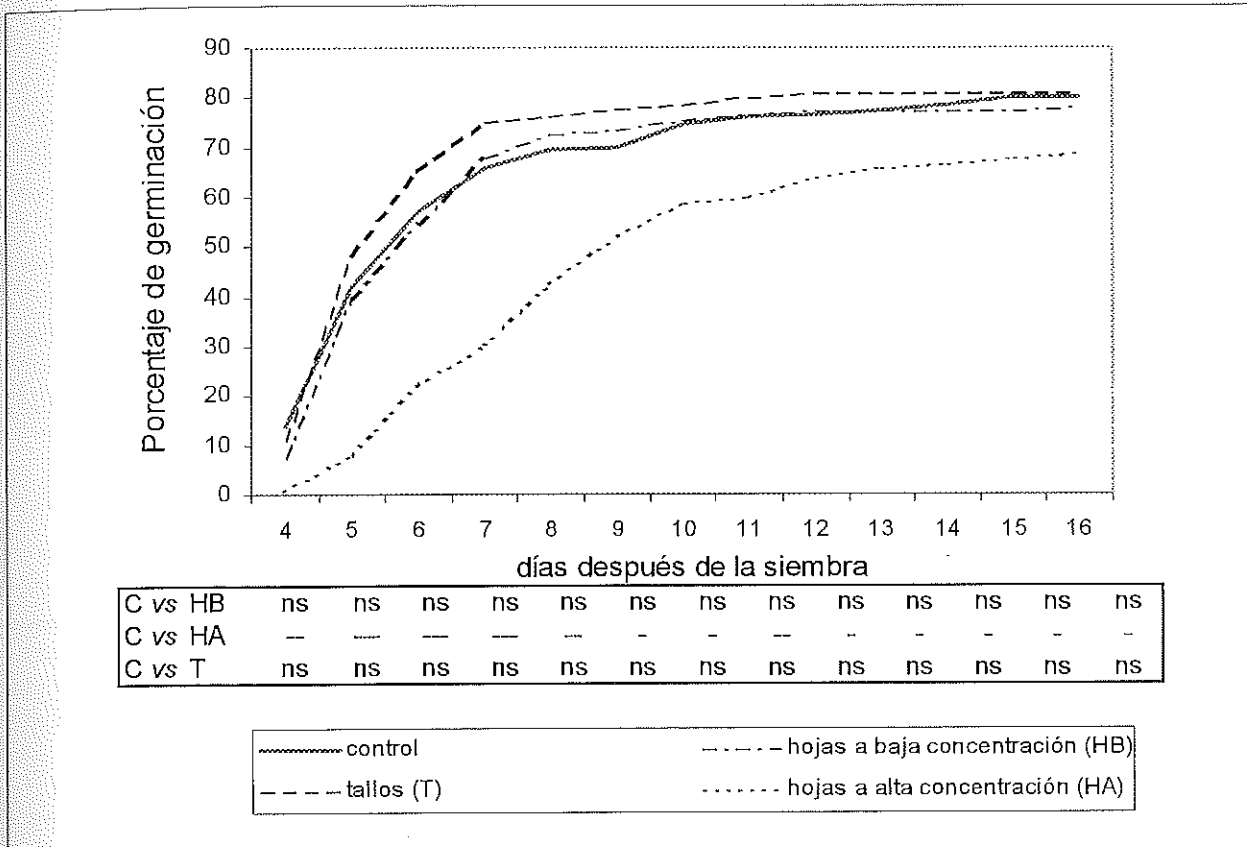


Figura 1.—Efecto de los extractos aéreos de raigrás anual a diferentes concentraciones (baja:3,4 g L⁻¹, alta: 10 g L⁻¹) en su propia germinación. ns, diferencia no significativa; -, inhibición significativa p<0,05; —, inhibición muy significativa p<0,01; —, inhibición altamente significativa p<0,001.

Efecto del tejido foliar de raigrás anual sobre el crecimiento

El efecto del material foliar de raigrás anual sobre la biomasa aérea y radical varió dependiendo de las condiciones hídricas (interacción, p<0,05). En condiciones hídricas óptimas se observó una mayor biomasa total en las plantas con concentraciones altas y medias de residuo vegetal (p<0,05), independiente de la densidad de siembra (Figura 3). En las plantas sometidas a estrés hídrico, la presencia de material foliar en descomposición produjo una significativa inhibición de la biomasa radical, dependiente de la densidad (interacción entre concentración y densidad, p>0,05), lo que concuerda con la hipótesis de la existencia de alelopatía.

DISCUSIÓN

Ensayos en placas Petri: Germinación y desarrollo de las plántulas

Los extractos de partes aéreas de *Lolium rigidum* tienen efectos inhibitorios significativos en la velocidad de germinación y, en elevadas concentraciones, en el porcentaje total de germinación de las semillas de la misma especie (Figura 1), lo que apunta la existencia de un fenómeno autotóxico. Ensayos previos sobre los efectos alelopáticos de *Lolium rigidum* sobre otras pratenses indicaban una ralentización de la germinación (San Emeterio *et al.*, 2004) pero no se observaba un cambio significativo en el porcentaje final de semillas germinadas.

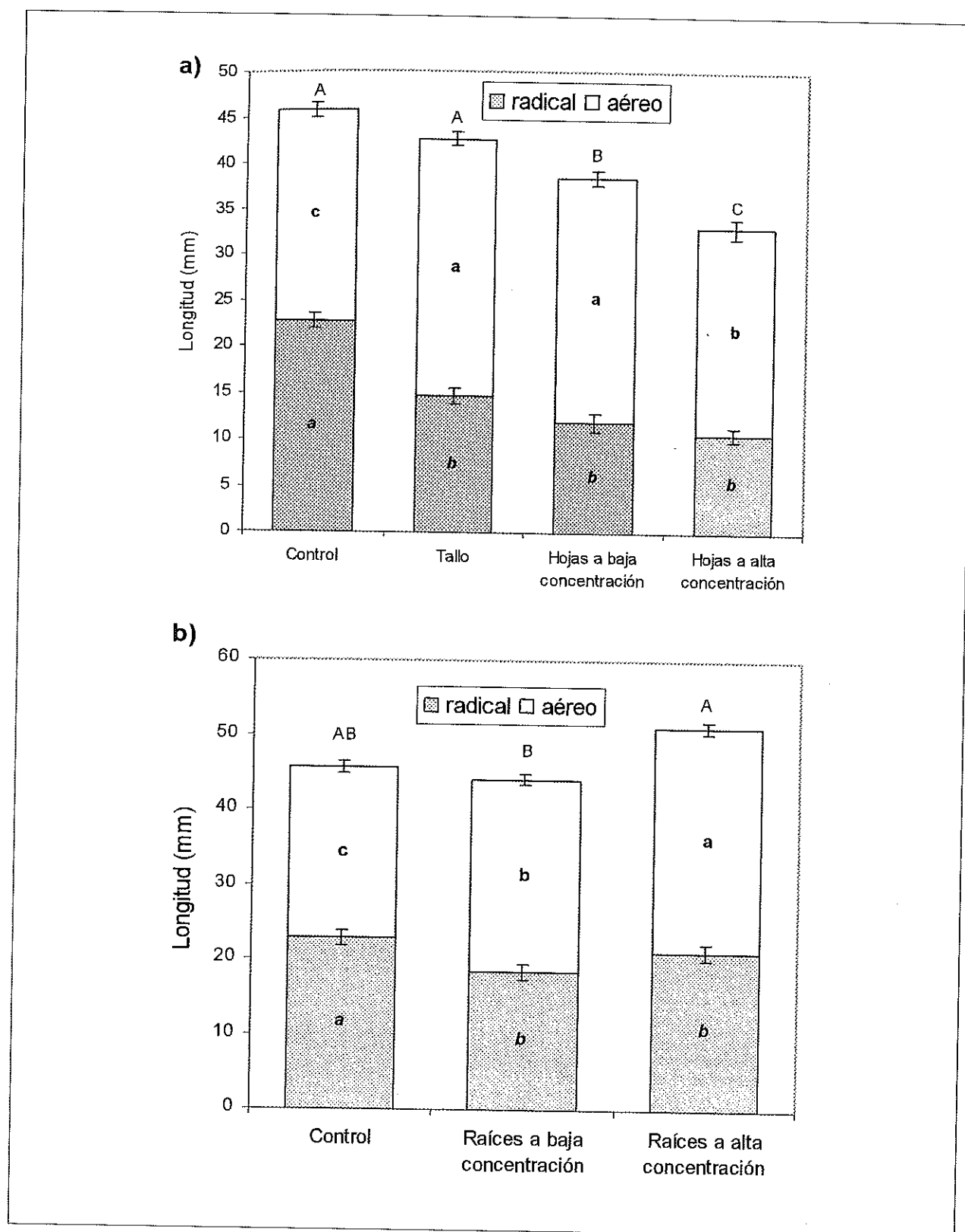


Figura 2.—Efecto de los extractos aéreos (a) y radicales (b) de raigrás anual a diferentes concentraciones (baja: 3,4 g L⁻¹, alta: 10 g L⁻¹) en la elongación de su raíz y su coleóptilo. Letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0,05$): longitud total letras mayúsculas; longitud aérea letras negras; longitud radical letras cursivas. Las líneas verticales indican el error típico.

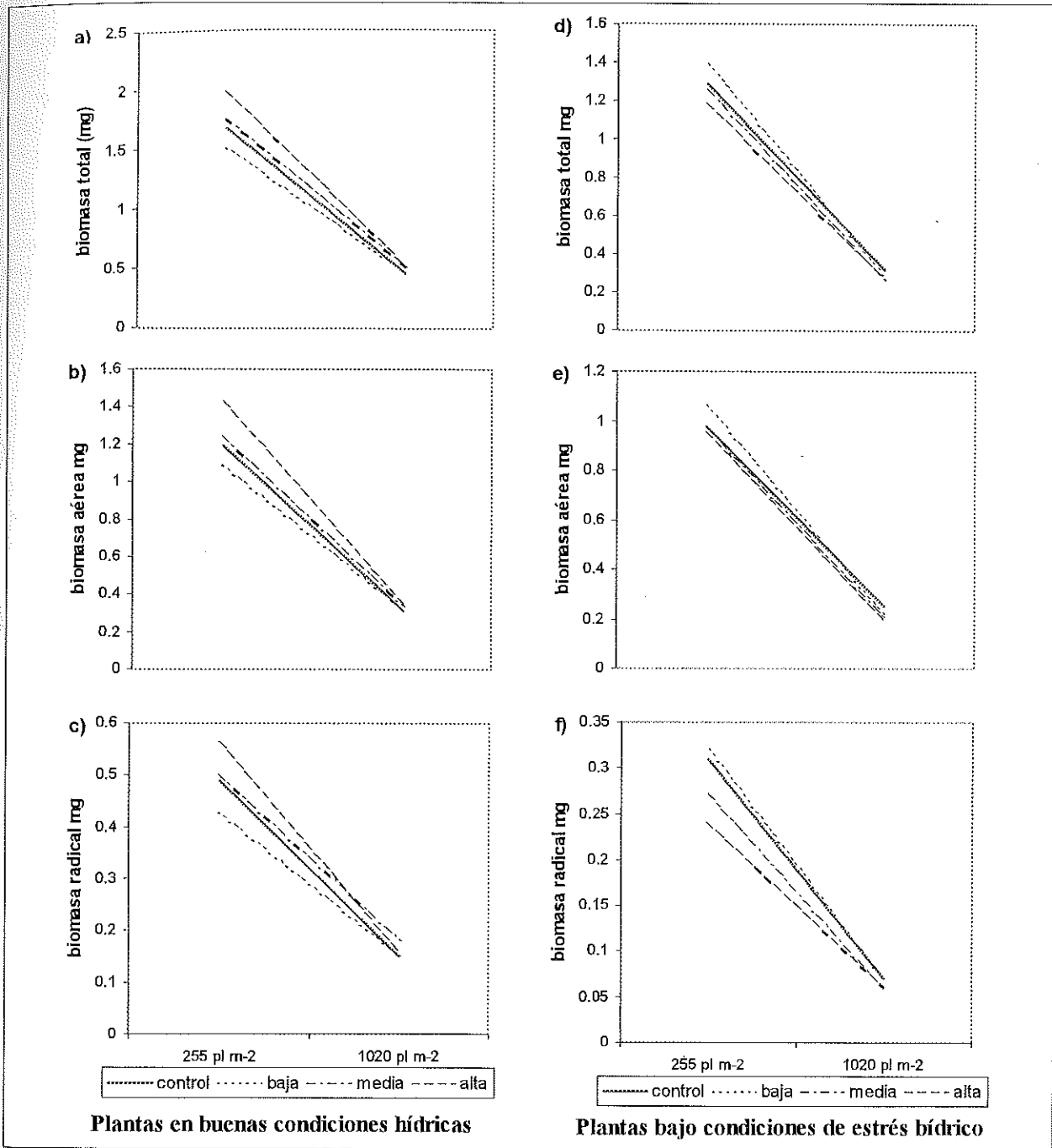


Figura 3.—Efecto del material foliar de raigrás anual en descomposición sobre su crecimiento bajo condiciones hídricas óptimas (a, b y c) y bajo condiciones de estrés hídrico (d, e y f). Línea continua, control; línea de puntos, concentración baja (425 kg ha⁻¹); línea de puntos y rayas, concentración media (1250 kg ha⁻¹); línea de rayas, concentración alta (3000 kg ha⁻¹).

La autotoxicidad en alfalfa, estudiada profusamente, se ha relacionado con la existencia de compuestos solubles en agua, concentrados mayoritariamente en las partes aéreas (Chon y Kim, 2002). Los patrones que observamos en *Lolium rigidum* son similares: sus extractos acuosos, y con mayor intensidad los aéreos, afectan al desarrollo de sus plántulas (Figura 2). Los efectos varían según el órgano estudiado, observándose una inhibición significativa del crecimiento radical y una estimulación del desarrollo aéreo en las plántulas recep-

toras. Este patrón inhibición radical/estimulación aérea podría tener diferentes explicaciones: 1) los vegetales sensibles a aleloquímicos responden frecuentemente con una estimulación que, a mayor concentración, se torna en inhibición (Reigosa *et al.*, 1999). Si el aleloquímico es incorporado al vegetal a través de la raíz es posible que en ella se concentre una mayor cantidad de compuesto, por lo que sería más susceptible a la inhibición. 2) uno de los posibles modos de acción del aleloquímico es a nivel hormonal, como regulador del crecimiento (Reigosa *et al.*, 1999). Es posible que el aleloquímico inhiba el crecimiento radical y que ello conlleve una desviación de recursos hacia la parte aérea.

Sin embargo, independientemente de que se estimule la biomasa aérea de la planta receptora, la inhibición de su desarrollo radical puede acarrear importantes desventajas. *Lolium rigidum* se desarrolla en climas mediterráneos, en medios luminosos pero con escasos recursos hídricos, donde las competencias más intensas se producen presumiblemente a nivel radical. Un efecto inhibitorio temprano del desarrollo radical de los individuos coespecíficos disminuiría su capacidad competitiva por el recurso del medio más limitante, el agua.

Ensayos en macetas: Desarrollo vegetativo de Lolium rigidum

Los métodos de testaje de la alelopatía en placas Petri son útiles para determinar si los fenómenos observados responden a un proceso alelopático, sin embargo deben complementarse con ensayos a mayor escala. En los ensayos realizados en maceta se observó una respuesta diferencial en función del régimen de riegos. En plantas sometidas a estrés hídrico y con elevada presencia de material foliar en descomposición se observó una significativa inhibición radical a bajas densidades de siembra (Figura 3). Este resultado parece confirmar la existencia de un efecto alelopático (dependiente de la densidad de siembra) y, en concreto, de un efecto autotóxico en las raíces de las plantas sometidas a estrés hídrico. Según Reigosa *et al.* (1999), las condiciones de estrés incrementan la sensibilidad de los vegetales a la alelopatía. Ello, junto al hecho de que los compuestos hidrosolubles presentan menores posibilidades de lavado en condiciones de escasez de agua, justificarían los resultados obtenidos. Bajo un adecuado régimen hídrico, los efectos alelopáticos son inapreciables, dado que, aunque se observa una estimulación del crecimiento global, ésta no depende de la densidad de siembra (Figura 3).

Implicaciones de la autotoxicidad

Nuestros resultados indican que la autotoxicidad existe en *Lolium rigidum* y que actúa más palpablemente bajo condiciones hídricas limitantes. La autotoxicidad brinda a la especie la posibilidad de regular su propia población, lo que es especialmente interesante cuando las condiciones de medio son, o pueden llegar a ser, estresantes. La autotoxicidad favorecería una baja densidad de población y por tanto un reparto más holgado de los escasos recursos existentes. Sin embargo, aunque justificada en términos de ecología evolutiva, la autotoxicidad es un problema en agronomía: la especie autoalelopática es capaz en cierto modo de condicionar su propio establecimiento. De modo sintético, los experimentos que hemos realizado indican que: 1) existen compuesto-s hidrosoluble-s que ejercen un efecto autoalelopático en *Lolium rigidum*, 2) los extractos de hojas ejercen los mayores efectos, 3) una mayor concentración de extracto ejerce un efecto mayor, y 4) en condiciones de buena disponibilidad hídrica los efectos autotóxicos son inapreciables. De todo ello y salvando las distancias, se desprenderían las siguientes recomendaciones para mitigar el problema de la falta de persistencia: 1) dejar un escaso residuo aéreo en campo, 2) favorecer en lo posible la descomposición de los residuos vegetales y el lavado de sus compuestos fitotóxicos y 3) evitar condiciones de déficit hídrico, especialmente durante la implantación del cultivo.

AGRADECIMIENTOS

El Dr. I. Delgado alentó la elaboración de este estudio. Las semillas fueron donadas por Senasa-Nikerson. Para la realización del proyecto se dispuso de una ayuda del Gobierno de Navarra (Resolución 92/2002, del 14 de mayo del D.G. de Universidades y Política Lingüística).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CAHILL, J. F., 2003. Lack of relationship between below-ground competition and allocation to roots in 10 grassland species. *Journal of Ecology* **91**, 532-540.
- CHON, S.; KIM, J. D., 2002. Biological activity and quantification of suspected allelochemicals from alfalfa plant parts. *Journal of Agronomy and Crop Science* **18**, 281-285.
- DELGADO I.; ANDRÉS, C., 1996. Evaluación de la aptitud forrajera de *Lolium rigidum* Gaud. En *Actas de la XXXVI Reunión Científica de la Sociedad para el Estudio de los Pastos* pp. 183-187, Logroño.
- GILL, G. S. 1996., Why annual ryegrass is a problem in Australian agriculture. *Plant Protection Quarterly* **11**, 193-195.
- REIGOSA, M. J.; SÁNCHEZ-MOREIRAS, A.; GONZÁLEZ, L., 1999. Ecophysiological approach in allelopathy. *Critical Reviews in Plant Sciences* **18**, 577-608.
- SAN EMETERIO, L.; ARROYO, A.; CANALS, R. M., 2004. Allelopathic potential of *Lolium rigidum* Gaud. on the early growth of three associated pasture species. *Grass and Forage Science*. En prensa.
- SPSS 11.5 for Windows. SPSS Inc. Chicago, Illinois. USA.
- WEIDENHAMER, J. D., 1996. Distinguishing resource competition and chemical interference: overcoming the methodological impasse. *Agronomy Journal* **88**, 866-875.

Recursos fitogenéticos del género *Dactylis* en el Norte y Noroeste de la Península Ibérica

R. LINDNER

Misión Biológica de Galicia, CSIC. Apartado, 28. 36080 Pontevedra (España) correo-e: rlindner@mbg.cesga.es

RESUMEN: Se caracterizaron morfológicamente 37 poblaciones del género *Dactylis* recolectadas en el norte y noroeste de la Península Ibérica con objeto de situarlas taxonómicamente, utilizando como referencia las poblaciones "dh1230, Mg642 y Mg643" de la subespecie *hispanica*. Se observaron caracteres de floración, foliares y florales, utilizando las medias de los datos obtenidos durante los años 2001-2002 (24 poblaciones) y 2003 (13 poblaciones) se aplicó un análisis de cluster poblacional con el método UPGMA (distancia euclídea de Mahalanobis). Los dendrogramas muestran siete grupos para los años 2001-2002 y cuatro en el 2003. Las poblaciones de la subespecie *izcoi* gallegas aparecen formando un grupo. En las poblaciones *hispanica* y *glomerata*, se observa igualmente tendencia a agruparse. En la Cordillera Cantábrica y en varias localidades del interior de Asturias se detectaron ocho poblaciones de la subespecie *hispanica*, que al ser tetraploides, no tienen preferencia por un determinado tipo de hábitat, ocupando un amplio rango de situaciones ecológicas en zonas de sequía estival. Los ecotipos *hispanica* suelen ser bastante variables fenotípicamente, pero en general se caracterizan por baja estatura y reducidas dimensiones foliares y florales. Las poblaciones estudiadas pertenecen a la colección de dactilo de la Misión Biológica de Galicia.

Palabras clave: *Hispanica*, ecotipos, tetraploides, caracterización.

Genetic resources of the genus Dactylis in the north and northwest of the Iberian peninsula

SUMMARY: Thirty seven populations of the genus *Dactylis* collected in the north and northwest of the Iberian Peninsula have been studied morphologically. The objective was to determine the taxonomically situation of the populations, using the *hispanica* "dh1230, Mg642 and Mg643" as controls. Traits used were heading date, leaf and flower dimensions. Using the mean values of 2001-2002 and 2003, a cluster analysis was applied to obtain euclidian Mahalanobis distances between populations. The dendrograms show seven clusters for 2001-2002 and four for 2003. *Izcoi*, *glomerata* and *hispanica* populations tend to cluster together. Eight *hispanica* populations have been detected in the Cordillera Cantábrica and in several localities of the interior of Asturias. *D. glomerata* subsp. *hispanica* as a tetraploid form has no pronounced habitat preferences and in fact it occupies a large range of ecological situations in summer - dry zones. In general, subspecies *hispanica* is of small stature, has quite small leaf and flower dimensions. The populations studied belong to the cocksfoot gene-bank of the Misión Biológica de Galicia.

Key words: *Hispanica*, ecotypes, tetraploids, characterisation.

INTRODUCCIÓN

El dactilo, monoespecífico (*D. glomerata*) es un complejo poliploide del Viejo Mundo (Borrill, 1978), de la familia de las *Poaceae*, alógamo y perenne, presenta citotipos diploides, tetraploides y aún hexaploides. Los tetraploides invaden todo tipo de hábitat, en cambio los diploides quedan limitados a determinadas áreas. Los tetraploides, con cuatro subespecies y los diploides con 15, se distribuyen climáticamente en subtropicales, mediterráneos y templados (Borrill, 1978; Lumaret, 1988). A las 15 subespecies diploides hay que añadir la subespecie *mellesicsii* Schönfelder y Ludwig (1996), descrita por estos autores y localizada en Tenerife entre los 1850 y los 2400 m de altitud. Dos hexaploides han sido encontrados por Borrill y Jones (1961) en Cirenaica (Libia), que según estos autores podrían pertenecer a la subespecie *hispanica*. Horjales *et al.* (1995-1996) ha localizado un hexaploide en la Punta do Crego (Península del Morrazo). Speranza y Cristofolini (1986) clasifican los tetraploides italianos dentro de la subespecie *glomerata*. Tetraploides y diploides son parecidos morfológicamente, únicamente pueden diferenciarse con exactitud mediante conteo de cromosomas. Los tetraploides florecen antes que los diploides y presentan mayores células estomáticas (Borrill y

Lindner, 1971), al ser los diploides de floración tardía conservan su digestibilidad durante más tiempo (Lindner, 1993).

En el Norte y Noroeste de la Península Ibérica se encuentran en la naturaleza las subespecies *izcoi* (Ortiz y Rodríguez-Oubiña, 1993) con sus dos niveles de ploidía (diploide y tetraploide); *marina* (Borr) (tetraploide) en los acantilados marinos, con sus típicas papilas epidérmicas; *glomerata* L. e *hispanica* (Roth) (ambas tetraploides). El objetivo de este trabajo es la caracterización morfológica de 37 poblaciones del género *Dactylis*, recolectadas en su mayoría en la Cordillera Cantábrica con el fin de situarlas taxonómicamente.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se evaluaron durante tres años 37 poblaciones tetraploides ($2n=4x=28$) naturales de *Dactylis glomerata* procedentes de distintas localidades del norte y noroeste de la Península (Tabla 1) que forman parte de la colección de dactilo de la Misión Biológica de Galicia. Se sembraron las poblaciones en invernadero y a los tres meses se trasplantaron 20 plantas por población en dos repeticiones al campo en la Misión Biológica de

Tabla 1. Localización de las poblaciones evaluadas.

Población	Localidad	Municipio	Provincia	Altitud(m)
Mg1149	Casaio	Carballeda Valdeorras	Orense	750
Mg219	Refojos	Silleda	Pontevedra	960
Mg644	Baamonde	Begonte	Lugo	400
Mg881	Alto do Boi	Quiroga	Lugo	1062
Mg1686	Pya. Castedo	El Franco	Asturias	10
Mg1823	Cerredo	Degaña	Asturias	1000
Mg1726	Pto. del Pino	Lena	León	1550
Mg1811	Posada Valdeón	Posada de Valdeón	León	950
Mg1695	Puerto de Vega	Navia	Asturias	20
Mg1834	Pya. Pormenande	El Franco	Asturias	0
Mg1709	Cabo Peñas	Gozón	Asturias	50
Mg1772 h	Poncebos	Cabrales	Cantabria	250
Mg1704	Cabo Vidio		Asturias	25
Mg1716	Subiendo a Tuiza	Lena	Asturias	1300
Mg1803	Pto. San Glorio		León	1400
Mg1745 h	El Lloreo	Bimenes	Asturias	300
Mg1775	Trescares	Peñamellera Alta	Asturias	400
Mg1794	Cosgaya	Carnaleño	Cantabria	720
Mg1837	Pto. La Cubilla	Tuiza	Asturias	1670
Mg1754 h	Covadonga	Cangas de Onis	Asturias	800
Mg1729 h	Tiraña	Llaviana	Asturias	400
Mg1764	Avin	Cangas de Onis	Asturias	250
Mg1731 h	Cabañaquinta	Aller	Asturias	600
Mg1869	Degaña	Degaña	Asturias	850
Mg1889 h	Lcitariegos	Cangas de Narcea	Asturias	700
Mg1840 h	Alto del Acebo		León	1185
Mg1900 h	Próximo Villablino	Villablino	León	1000
Mg1923	Fresnedo	Teverga	Asturias	700
Mg1943	S. Martín de la Tercia	Villamanín	Asturias	1300
Mg1883	Las Mestas	Cangas de Narcea	Asturias	475
Mg1983	Pto. de S. Isidro		León	1500
Mg1893	Pto. Lcitariegos	Cangas de Narcea	Asturias	1400
Mg1849	S. Antolin de Ibias	Ibias	Asturias	300
Mg1675 h	Aldaz	Iza	Navarra	565
Mg642*	Sª Nevada	Laroles	Granada	
Mg643*	Sª Nevada	Lacalahorra	Granada	
dh1230*	Evora		Portugal	

* poblaciones testigo; h = hispanica

Galicia, espaciadas 40 cm entre líneas y entre plantas dentro de cada línea. En el primer año (2001) se evaluaron 10 poblaciones, en el segundo (2002) 14 con cuatro poblaciones comunes a ambos años, la subespecie *hispanica* "dh1230" recolectada en Evora (Portugal) por el Institute of Grassland and Environmental Research (Aberystwyth, Gran Bretaña) se empleó como control. En el tercer año (2003) se estudiaron 13 poblaciones, 10 recolectadas en la Cordillera Cantábrica y una en Navarra (Mg1675). Las poblaciones Mg642 y Mg643 de la subespecie *hispanica* de Sierra Nevada se emplearon como testigos.

Se observaron los siguientes caracteres: emergencia floral (días a partir del 1 de Abril en que aparece la panícula), anthesis (días entre la emergencia floral y la aparición de las anteras), largo, ancho, área y lígula de la hoja bandera (cm), altura de la caña (tallo floral) (cm), longitud de la panícula, del 1º entrenudo basal, de la ramificación basal (glomérulo+pedicelo) (cm) y del pedicelo basal (cm), y diámetro de la caña a 1 cm debajo de la panícula (mm).

A partir de la matriz de correlaciones entre las medias de los caracteres evaluados, se hizo un análisis de cluster poblacional con el método UPGMA (distancias euclídeas de Mahalanobis).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Figura 1 muestra el dendrograma de distancias poblacionales correspondiente a la caracterización de los dos años (2001 - 2002). Se obtuvieron siete grupos:

- a) emergencia floral tardía, dimensiones foliares y florales pequeñas, este grupo integrado por una sola población (Mg1149) del sureste de Galicia (Casaio 750 m) se la considera un híbrido entre *glomerata* x *hispanica* (Lindner *et al.* 2000),
- b) presenta las mismas características que la anterior (dimensiones foliares y florales pequeñas) lo integra la población, "dh1230" subespecie *hispanica*, utilizada como control,
- c) con cinco entradas que se caracterizan por dimensiones foliares y florales grandes, emergencia floral tardía y anthesis precoz. Este grupo está integrado por tres poblaciones del interior de Galicia (Mg644, Mg219 y Mg881) de la subespecie *izcoi*, una de la costa (Mg1686) y una recolectada en la Cordillera Cantábrica a 1000 m. de altitud, ambas de la subespecie *glomerata*,
- d) incluye dos entradas, procedentes de la Cordillera Cantábrica, Mg1626 y Mg1811, recolectadas a 1680 m y 960 m de altitud, respectivamente, la primera común a los dos años. Son de emergencia floral tardía y anthesis precoz, las dimensiones florales son grandes, por lo que se las incluye en la subespecie *glomerata*,
- e) cuatro entradas, de dimensiones florales pequeñas, tres son costeras, de hoja bandera corta y ancha, y coloración gris azulada. No se pueden incluir en la subespecie *marina* porque carecen de las típicas papilas epidérmicas, por lo que se las considera un híbrido entre *marina* x *glomerata* (Mg1695, Mg1834 y Mg1709 ésta última común a los dos años). La cuarta población (Mg1772) recolectada en Poncchos (ruta del Cares), es de caracteres foliares y florales pequeñas, pertenece a la subespecie *hispanica*.
- f) con diez entradas de emergencia floral precoz, anthesis intermedia, con valores intermedios para los caracteres foliares y florales. Una población costera Mg 1704 presenta caracteres propios de híbridos entre *marina* x *glomerata*, tres poblaciones Mg1745, Mg1729 y Mg1754, de la subespecie *hispanica* y las restantes seis poblaciones entre las que se encuentran las dos comunes a los dos años (Mg1716 y Mg1794) son *glomerata*,
- g) una entrada de la subespecie *hispanica* (Mg1731) de emergencia floral precoz y anthesis tardía, dimensiones foliares y florales pequeñas,

El dendrograma de la Figura 2 de distancias entre poblaciones correspondiente a la evaluación llevada a cabo en el año 2003 nos muestra cuatro grupos poblacionales:

- a) incluye dos poblaciones de dimensiones foliares y florales pequeñas, de la subespecie *hispanica*, Mg1869 y Mg1675, esta última recolectada en Navarra,

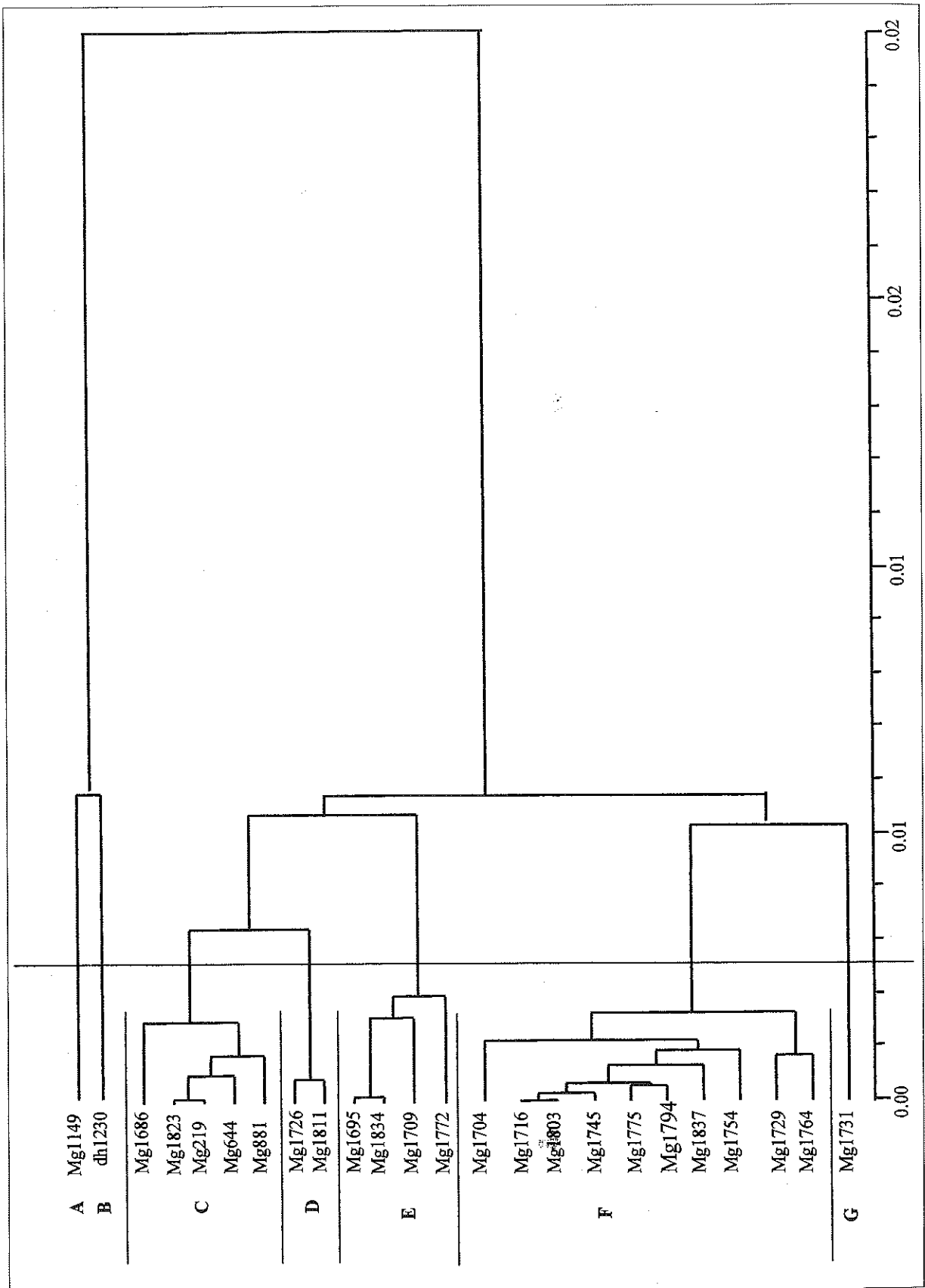


Figura 1.-Dendrograma de distancias entre poblaciones de *Dactylis* año 2001-2002

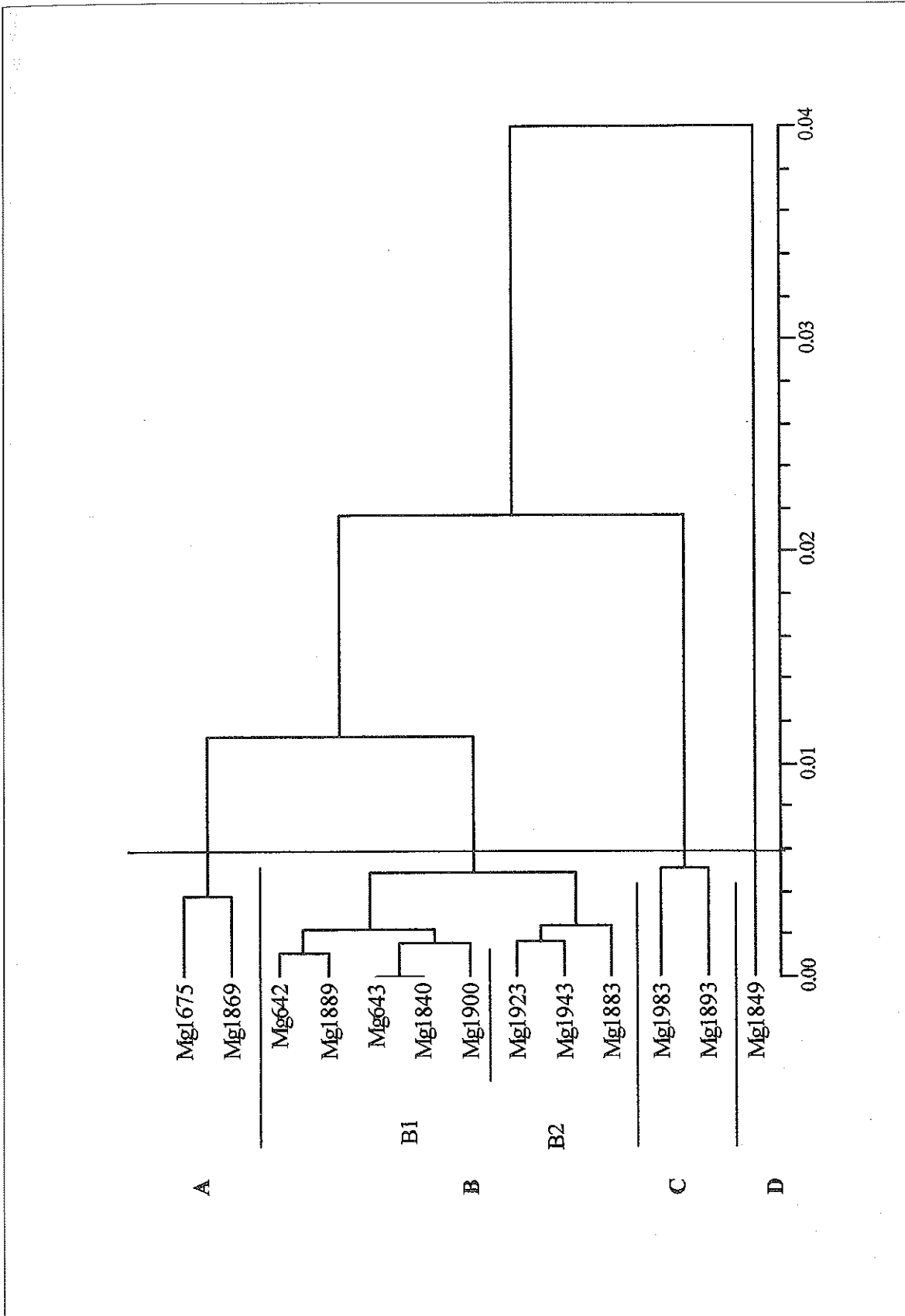


Figura 2.-Dendrograma de distancias entre poblaciones de *Dactylis* año 2003

- b) con ocho entradas de valores intermedios para dimensiones foliares y florales. Este grupo se subdivide en dos: B1 integrado por cinco poblaciones de la subespecie *hispanica*. Las poblaciones Mg642 y Mg643 de Sierra Nevada que se utilizaron como testigos para la evaluación y las otras tres de la Cordillera Cantábrica (Mg1889, Mg1900 y Mg1840). B2 integrado por tres poblaciones de la subespecie *glomerata*,
- c) con dos entradas *glomerata* de valores intermedio-grandes tanto para dimensiones foliares como florales, también de la Cordillera Cantábrica a 1400 y 1500 m de altitud.
- d) una sola entrada *glomerata*, se caracteriza por tener boja de tamaño intermedio y valores altos para los caracteres florales.

La emergencia floral está negativamente correlacionada con la antesis ($P < 0.01$), es decir, cuanto más tarde es la emergencia floral menor es el tiempo entre ésta y la aparición de las anteras y viceversa.

CONCLUSIONES

De este estudio se deduce que las diferentes subespecies (*izcoi*, *glomerata* e *hispanica*), tienden a agruparse. Se ha localizado la subespecie *hispanica* en la Cordillera Cantábrica y en diversas zonas del interior de Asturias próximas a la Cordillera, entre los 250 y los 1185 m de altitud, donde también entra en contacto con la subespecie *glomerata*, con la que puede hibridarse, dando lugar a poblaciones con valores intermedios para muchos caracteres. La subespecie *hispanica* al ser tetraploide no tiene preferencia por un determinado tipo de hábitat y de hecho ocupa un amplio rango de situaciones ecológicas en zonas de sequía estival.

Debido a la influencia atlántica, en Galicia no se ha observado la presencia de la subespecie *hispanica*.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se realiza mediante el proyecto del INIA RF02 - 025 - C2 - 2.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BORRIL, M., 1978. Evolution and genetic resources in cocksfoot. *Annual Report* 1978. Welsh Plant Breeding Station, pp. 190 - 209.
- BORRIL, M.; JONES K., 1961. Hexaploid *Dactylis*. *Nature* **29**, 469 - 470.
- BORRILL, M.; LINDNER, R., 1971. Diploid-tetraploid sympatry in *Dactylis* (Gramineae). *New Phytol.* **70**, 1111 - 1124.
- HORJALES, M.; REDONDO, N.; PÉREZ, B.; BROWN, S., 1995-96. Presencia en Galicia de *Dactylis glomerata* L. hexaploide. *Boletim da Sociedade Broteriana*, **68**, 2ª Serie : 223 - 230.
- LINDNER, R., 1993. Evaluación del género *Dactylis* (Poaceae) del noroeste de la Península Ibérica, *Pastos*, **23** (2), 69 - 81.
- LINDNER, R.; LEMA, M.; LINDNER, G.; GARCÍA, A., 2000. Natural hybridization among cocksfoot (*Dactylis glomerata*) subspecies in Galicia (northwest Spain). *Pastos*, **30** (1), 103 - 113.
- LUMARET, R., 1988. Cytology, genetics and evolution in the genus *Dactylis*. *CRC Critical Review in Plant Science*, vol 7, Issue I: 55 - 91.
- ORTIZ, S.; RODRÍGUEZ-OUBIÑA, J., 1993. *Dactylis glomerata* subsp. *izcoi*, a new subspecies from Galicia NW Iberian Peninsula. *Ann. Bot. Fennici* **30**, 305 - 311.
- SCHÖNFELDER, P.; LUDWIG, D., 1996. *Dactylis metlesicsii* (Poaceae) eine neue Art der Gebirgsvegetation von Tenerife, Kanarische Inseln. *Weldenowia* **26**, 217 - 223.
- SPERANZA, M.; CRISTOFOLINI, G., 1986. The genus *Dactylis* L. in Italy. 1. The tetraploid entities. *Webbia* **39** (2), 379 - 396.

La simbiosis con el hongo endofítico *Epichloë festucae* altera el contenido de fósforo en *Festuca rubra*

I. ZABALGOGEAZCOA, A. GARCÍA CIUDAD, B.R. VÁZQUEZ DE ALDANA y B. GARCÍA CRIADO

Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Apartado 257. 37071 Salamanca.

RESUMEN: En los pastos de dehesas de Salamanca cerca del 70% de las plantas de *Festuca rubra* están permanentemente infectadas por el hongo endofítico *Epichloë festucae*. Se realizó un experimento de campo en el cual se comparó el contenido de fósforo en cinco líneas de *F. rubra*, cada una de las cuales estaba compuesta por una versión endofítica y otra no infectada. En plantas en estado vegetativo se detectó un aumento estadísticamente significativo del contenido de P en las plantas infectadas de todas las líneas. Este efecto también se observó en plantas en estado reproductivo, pero en este caso no hubo diferencias tan pronunciadas debidas a la infección. También se ha observado una tendencia a una mayor producción de biomasa por parte de las plantas infectadas por *Epichloë festucae*.

Palabras clave: *Neotyphodium*, endofitos, composición mineral.

The symbiosis with the fungal endophyte Epichloë festucae affects the phosphorus content of Festuca rubra

SUMMARY: In the dehesa grasslands of the province of Salamanca, close to 70% of the *Festuca rubra* plants are infected by the fungal endophyte *Epichloë festucae*. An experiment was done to compare the phosphorus content in five half-sib families of *Festuca rubra*. Each family was composed by an endophyte infected and an endophyte free version of the half-sib plants. In plants in vegetative state, the P content was significantly higher for infected plants in analyses conducted at two different years. During the reproductive state of the plants, a non-significant similar trend was observed. Biomass production was also higher in infected than in non-infected plants.

Key words: Phosphorus content, endophytes, *Neotyphodium*

INTRODUCCIÓN

Varias especies de gramíneas del género *Festuca* mantienen asociaciones simbióticas con hongos endofíticos de los géneros *Epichloë* y *Neotyphodium*. Algunas de estas especies, no muestran síntomas, a pesar tener el espacio intercelular de las hojas colonizado por hifas del hongo simbiótico. En simbiosis gramínea-endofito, como el caso de *Festuca arundinacea-Neotyphodium coenophialum*, se ha observado un mejor rendimiento de las plantas en condiciones adversas, así como intoxicaciones en ganado y protección frente a otros herbívoros invertebrados. Este último efecto se debe a que las plantas infectadas contienen alcaloides tóxicos (Clay y Schardl, 2002).

En las dehesas de la provincia de Salamanca una media del 70% de las plantas de *Festuca rubra* están infectadas por el endofito *Epichloë festucae*, una especie estrechamente emparentada con el género asexual *Neotyphodium* (Zabalgogea et al., 1999). En éstos y otros ecosistemas naturales, solo en raras ocasiones se han observado plantas infectadas con síntomas. Por lo tanto, extrapolando de otros estudios sobre interacciones mutualistas entre endofitos y gramíneas (Clay y Schardl, 2002), es muy posible que las elevadas tasas de infección observadas en dehesas, se deban a que este hongo aporta ventajas adaptativas a las plantas hospedadoras en las condiciones de estos ecosistemas.

A fin de identificar diferencias entre plantas infectadas y no infectadas en el contenido de diversos elementos minerales y otros factores como el contenido de fibra, se preparó en 1999 un experimento con plantas infectadas y no infectadas de *Festuca rubra*. Los primeros análisis mostraron diferencias en contenidos de algunos nutrientes, así como un mayor contenido de fibra en las plantas infectadas (Zabalgogea et al., 2003).

En este trabajo, mostramos resultados adicionales de este experimento, que aportan evidencia sólida de que en las condiciones experimentales del estudio, similares a las del hábitat natural, el contenido de fósforo es superior en plantas infectadas por *Epichloë festucae*.

MATERIAL Y MÉTODOS

Este experimento se realizó con cinco líneas medio-hermanas de *Festuca rubra*: CAB, VIT, SAN, PEN y RAB. Cada una de estas cinco líneas está constituida por una versión infectada por *Epichloë festucae* y otra libre de infección. Las plantas a partir de las cuales se produjeron estas líneas, fueron obtenidas en pastos de dehesas de la provincia de Salamanca. Las semillas de ambas versiones han sido producidas por clones cuya única diferencia es la infección endofítica o su ausencia. Para verificar la infección o su ausencia en plantas de cada línea, las semillas se germinaron en placas Petri con agar de patata y dextrosa y se seleccionaron como infectadas aquellas plantas en las cuales se observó micelio en la zona del mesocotilo. Estas plantas se transplantaron en la primavera de 1999 a una finca experimental en la cual se han mantenido desde entonces. Se utilizó un diseño completamente aleatorio con seis réplicas; cada réplica contiene una planta infectada y otra libre de endofito de cada una de las cinco líneas. La distancia entre plantas es de 60 cm. Las plantas se regaron solamente durante la primavera y verano del año de transplante. Al inicio del experimento se aplicó una dosis de fertilizante de 48 kg N/ha, 90 kg P₂O₅/ha y 90 kg K₂O/ha.

La producción de biomasa se estimó en cortes realizados en cuatro fechas: Marzo 2000, Julio 2001, Julio 2002 y Abril 2003. El contenido de fósforo se estimó según el procedimiento descrito por Duque Macías (1971) en muestras obtenidas en Marzo de 2000, Julio de 2001 y Abril de 2003. Las plantas cosechadas en Marzo y Abril (estado vegetativo) están compuestas exclusivamente por hojas verdes, mientras que en Julio (estado reproductivo) la biomasa está formada mayoritariamente por tallos reproductivos maduros, con semillas ya formadas. Para el análisis de muestras en estado reproductivo se utilizaron solo tallos, no se incluyeron semillas. Se utilizó análisis de la varianza para detectar efectos atribuibles a la infección o diferencias entre líneas.

RESULTADOS

Producción de biomasa

El peso de cada planta se midió en cuatro fechas: dos en estado vegetativo y dos en estado reproductivo (Tabla 1). En estos cuatro periodos, las medias de peso siempre fueron superiores para las plantas infectadas, sin embargo, esta diferencia de peso sólo fue estadísticamente significativa en Abril de 2003, cuando la media de las plantas infectadas fue un 10% superior a la de las libres de infección.

Los dos primeros años se detectaron diferencias significativas entre variedades en la producción de biomasa, y a lo largo del experimento las líneas CAB y PEN destacan sobre el resto por su producción superior. La gran diferencia de peso entre las plantas de marzo de 2000 y las de abril de 2003 se debe a que las últimas fueron cortadas en el invierno de 2002.

Contenido de fósforo

El contenido de fósforo de las plantas se analizó en plantas de tres cosechas, dos en estado vegetativo y una en reproductivo (Tabla 2). En el análisis del corte en estado reproductivo la diferencia de contenido no fue estadísticamente significativa ($p = 0,2639$), aunque con la excepción de una línea, SAN, en todas las demás el contenido de fósforo fue mayor en plantas infectadas. Sin embargo, con las muestras en estado vegetativo, en ambos años se detectaron diferencias estadísticamente significativas entre plantas infectadas y no infectadas (Marzo 2000: $p < 0,01$; Abril 2003: $p < 0,05$). Los resultados de los análisis de ambos años son consistentes, en todas las líneas y en ambos años, las plantas infectadas muestran un contenido de superior de fósforo.

Con respecto a las diferencias detectadas entre líneas, destaca la línea RAB, que en los análisis de estado vegetativo mostró un contenido de fósforo significativamente superior a las demás en ambos años.

Tabla 1. Producción de biomasa (g peso seco/planta) en plantas infectadas (E+) y no infectadas (E-) de cinco líneas medio-hermanas de *Festuca rubra*

Marzo 2000				Julio 2001		
Línea	E+	E-	Media	E+	E-	Media
CAB	74,17	75,67	74,92 ab	76,33	60,33	68,33 a
VIT	62,50	62,33	62,42 a	53,33	58,33	55,83 a
SAN	44,17	60,00	52,08 a	32,17	36,67	34,41 b
PEN	107,17	92,33	99,75 b	54,00	50,00	52,00 ab
RAB	65,17	58,33	61,75 a	52,00	59,33	55,66 a
Media ^s	70,64ns	69,73ns		53,57ns	52,93ns	

Julio 2002				Abril 2003		
Línea	E+	E-	Media	E+	E-	Media
CAB	109,50	79,17	94,33	10,50	9,17	9,83
VIT	100,33	94,67	97,50	9,08	7,08	8,08
SAN	62,33	81,50	71,92	8,83	9,50	9,17
PEN	97,83	111,83	104,83	11,17	9,83	10,50
RAB	92,83	83,33	88,08	10,83	8,58	9,71
Media	92,57ns	90,10ns		10,08*	8,83*	

Medias seguidas de la misma letra no son estadísticamente significativas (p<0,05),

ns: diferencia no significativa

*: diferencia significativa (F_{1,50} = 4,06 ; p < 0,05)

Tabla 2. Contenido de fósforo (g/kg materia seca) en plantas infectadas (E+) y no infectadas (E-) de cinco líneas medio-hermanas de *Festuca rubra*

Marzo 2000			
Línea	E+	E-	Media
CAB	2,85	2,73	2,79 a
VIT	3,18	2,72	2,95 a
SAN	2,97	2,45	2,71 a
PEN	2,82	2,68	2,75 a
RAB	3,55	3,23	3,39 b
Media	3,07**	2,76**	

Abril 2003			
Línea	E+	E-	Media
CAB	2,71	2,46	2,59 a
VIT	2,73	2,42	2,58 a
SAN	2,68	2,52	2,60 a
PEN	2,77	2,34	2,55 a
RAB	3,60	3,57	3,58 b
Media	2,89*	2,66*	

Julio 2001			
Línea	E+	E-	Media
CAB	0,30	0,21	0,25 a
VIT	0,48	0,36	0,42 b
SAN	0,19	0,22	0,20 a
PEN	0,48	0,47	0,47 b
RAB	0,40	0,38	0,39 b
Media	0,37 ns	0,32 ns	

Medias seguidas de la misma letra no son estadísticamente significativas (Isd 0,95),

ns: diferencia no significativa

* diferencia significativa con p < 0,05 ; ** diferencia significativa con p < 0,01

DISCUSIÓN

Los estudios en los cuales se han detectado ventajas en plantas de *Festuca arundinacea* o *Lolium perenne* infectadas por *Neotyphodium coenophialum* o *N. lolii* son relativamente abundantes (Malinowski y Belesky, 2000; Clay y Schardl, 2002), pero este no es el caso con los estudios sobre gramíneas infectadas por *Epichloë festucae*. En plantas de *Festuca rubra* asociadas a *E. festucae* se han detectado ventajas como protección contra pulgones (Wilkinson *et al.*, 2000), o mayor tolerancia a dosis elevadas de aluminio en suelos (Zaurov *et al.*, 2001). En este trabajo se muestra que en las condiciones de bajo mantenimiento utilizadas en nuestro experimento, similares a las de las plantas en pastos naturales, las plantas infectadas por *E. festucae* tienen un mayor contenido de fósforo. Este efecto es especialmente pronunciado en la primavera, cuando las plantas están en una fase de desarrollo vegetativo,

Esta no es la primera vez que se detecta en una asociación gramínea endofito un mayor contenido de fósforo; Malinowski y Belesky (2000) han demostrado este efecto en plantas de *F. arundinacea* infectadas por *N. coenophialum*. En esta asociación las raíces de plantas infectadas producen exudados de material fenólico que podrían estar relacionados con una mejor absorción de fósforo en condiciones en las cuales este elemento es escaso.

CONCLUSIONES

Las plantas de *F. rubra* infectadas por *E. festucae* resultaron tener un mayor contenido de fósforo que las plantas no infectadas. Este efecto se observó en cinco líneas medio hermanas y en dos análisis realizados en distintos años. También se observó una tendencia a una mayor producción de biomasa en las plantas infectadas.

Estos resultados apoyan la interpretación de que en los pastos de dehesa la simbiosis con *E. festucae* es ventajosa para *F. rubra*.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha financiado con el proyecto AGL 2002-02766 del Plan Nacional I+D. Agradecemos la colaboración de María Romo, Yolanda Arnaiz y Carlos Estévez.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CLAY, K.; SCHARDL, C., 2002. Evolutionary origins and ecological consequences of endophyte symbiosis with grasses. *The American Naturalist*, **160**, S99-S127.
- DUQUE MACÍAS, F., 1971. Determinación conjunta de P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu y Zn en plantas. *Anales de Edafología y Agrobiología*, **30**, 207-229.
- MALINOWSKI, D.P.; BELESKY, D., 2000. Adaptations of endophyte infected cool season grasses to environmental stresses: mechanisms of drought and mineral stress tolerance. *Crop Science*, **40**, 923-940.
- WILKINSON, H.; SIEGEL, M.; BLANKENSHIP, J.; MALLORY, A.; BUSH, L.; SCHARDL, C., 2000. Contribution of fungal loline alkaloids to protection from aphids in a grass endophyte mutualism. *Molecular Plant Microbe Interactions*, **13**, 1027-1033.
- ZABALGOGEAZCOA, I.; VÁZQUEZ DE ALDANA, B.R.; GARCÍA CRIADO, B.; GARCÍA CIUDAD, A., 1999. The infection of *Festuca rubra* by the endophyte *Epichloë festucae* in Mediterranean permanent grasslands. *Grass and Forage Science*, **54**, 91-95.
- ZABALGOGEAZCOA, I.; GARCÍA CIUDAD, A.; VÁZQUEZ DE ALDANA, B.R.; GARCÍA CRIADO, B., 2003. Producción de biomasa y composición química de *Festuca rubra* en relación a su asociación con el hongo endofítico *Epichloë festucae*. En Pastos, Desarrollo y Conservación. Junta de Andalucía.
- ZAUROV, D.E.; BONOS, S.; MURPHY, J.A.; RICHARDSON, M.; BELANGER, F., 2001. Endophyte infection can contribute to aluminum tolerance in fine fescues. *Crop Science*, **41**, 1981-1984.

Mineralización y pérdidas gaseosas de nitrógeno de los residuos derivados de la separación física del purín bajo condiciones controladas. Uso de inhibidores de la nitrificación

D. BÁEZ¹, J. COUTINHO y H. TRINDADE

Departamento de "Fitotecnia e Eng^a Rural". Universidad de Tras-os-Montes e Alto Douro. Ap. 1013, 5001-911 Vila Real (Portugal) ¹Dirección actual: Dep. de Pastos y Cultivos. CIAM. Carretera Betanzos-Santiago, Km 8, 15318 Mabegondo. A Coruña (España)

RESUMEN: Uno de los posibles tratamientos del excedente de purines en las granjas es su separación física en fracciones sólida y líquida. Posee ciertas ventajas en cuanto a almacenamiento y reciclaje de nutrientes, pero es de esperar que las diferencias en composición de las fracciones provoquen diferencias en la mineralización del N orgánico y en las emisiones gaseosas de N tras su aplicación al suelo. Se llevó a cabo un experimento de laboratorio (20 °C, 30 % H₂O en peso seco) durante 92 días con el objetivo de estudiar el efecto del tipo de residuo (purín de vacuno, fracción líquida y sólida) y el uso de inhibidores de la nitrificación (IN, dicianidamida y 3,4-dimetil pirazol fosfato) en: la evolución de los contenidos de N mineral en suelo, emisiones gaseosas en forma de N₂O+N₂ procedentes de los procesos de nitrificación, desnitrificación y volatilización de amoníaco, y mineralización del N orgánico incorporado con el residuo. Se observó mineralización neta del N en el purín y fracción líquida (11 y 33 %) e inmovilización con la fracción sólida. Probablemente las condiciones anaeróbicas de almacenamiento de los residuos, previo al inicio del ensayo condicionaron la mineralización neta del N y la ausencia de efecto de los IN en las emisiones gaseosas.

Palabras clave: Purín de vacuno, desnitrificación, nitrificación, volatilización de amoníaco.

Nitrogen mineralisation and gaseous n losses of organic residues applied into the soil with and without nitrification inhibitors

SUMMARY: Manures from dairy farming are arising nowadays. Solid separation treatment from slurry permits not only an easy storage but also nutrient recycling. Solid and liquid residues after separation differ strongly in composition and as result may differ in N mineralization and N gaseous emission following application to soil. An incubation study (20°C, 60% WFPS) was carried out during 92 days to assess the effects of type of residue (slurry and its solid and liquid fractions) and the use of nitrification inhibitors (NI) (dicyandiamide and 3,4-dimethyl pyrazole phosphate) together with residues, on net N mineralisation, N₂O + N₂ emission and NH₃ volatilisation. Very different patterns of net N mineralisation were obtained: marked mineralisation for slurry and liquid residues (11 and 33% of organic N applied) and immobilisation for the solid. No effect of NIs on N₂O + N₂ and NH₃ gaseous losses was found probably related to anaerobic storage of residues previous to soil application.

Key words: Cattle slurry, denitrification, nitrification, ammonia volatilization.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años la progresiva intensificación en la producción de ganado vacuno ha conducido a un aumento de los residuos ganaderos (purín, estiércol) en las granjas. Cuando la cantidad de residuo generado excede a las aportaciones que pueden realizarse a los pastos y cultivos dentro de la explotación, una correcta gestión del residuo implica diferentes procedimientos. La separación física en fracciones sólida y líquida constituye uno de los tratamientos posibles. Esta medida permite una utilización diferente (espacial y temporalmente) de las fracciones: la parte sólida puede ser aplicada en campo directamente o compostada, y ocupa menos espacio de almacenamiento, o si es necesario, los costes de transporte fuera de la explotación son menores, y la fracción líquida puede depurarse como si se tratara de un agua residual o aprovechar su valor fertilizante en el agua de riego. Sin embargo, la aplicación al suelo de residuos orgánicos con elevado contenido en amonio (NH₄⁺) puede provocar importantes pérdidas de nitrógeno (N) por volatilización de amoníaco

(NH₃) y emisión de óxidos de N debido a los procesos de nitrificación y desnitrificación. El óxido nitroso (N₂O) es uno de los llamados gases invernadero, y contribuye a la disminución de la capa de ozono, y el uso de fertilizantes y excretas animales son las principales causas antropogénicas responsables de su incremento en la atmósfera. Los inhibidores de la nitrificación (IN) son compuestos que durante un cierto periodo de tiempo retardan el primer paso en la nitrificación, al inhibir la actividad de las bacterias Nitrosomonas, y por lo tanto aumentan la disponibilidad del N en forma amoniacal para el cultivo. Las consecuencias de mayor interés residen en su capacidad para reducir la lixiviación de nitrato y las emisiones de óxidos de N. Hasta el momento es una práctica inexistente la aplicación de los inhibidores de la nitrificación a purines de vacuno, y en general, a residuos orgánicos pero puede ser una práctica de gran utilidad desde el punto de vista medioambiental. Recientemente se ha desarrollado un nuevo IN, el 3,4-dimetil pirazol fosfato (DMPP) (BASF, Zerulla *et al.*, 2001), con buenos resultados agronómicos, y que posee ciertas ventajas sobre otros inhibidores más establecidos como la diciandiamida (DCD): menor dosis de aplicación, no se lixivia fácilmente, etc.

Atendiendo a estas premisas se dispuso un ensayo de laboratorio en condiciones controladas de humedad y temperatura con una duración de 92 días con el objetivo de estudiar el efecto del tipo de residuo (purín de vacuno, fracción líquida y sólida) y el uso de inhibidores de la nitrificación (DCD y DMPP) en: la evolución de los contenidos de N mineral en suelo, emisiones gaseosas en forma de N₂O + N₂ procedentes de los procesos de nitrificación, desnitrificación y volatilización de amoníaco, y mineralización neta del N.

MATERIAL Y MÉTODOS

El suelo utilizado en el estudio procedía de la capa superficial de 0-10 cm de una parcela localizada en la Universidad de Trás-os-Montes e Alto Douro (Norte de Portugal). El suelo fue secado al aire, pero no totalmente, mantenido con una cierta humedad (8% en peso seco), y cribado con una malla de 2 mm. Sus principales propiedades eran textura franco limosa, valor de pH (1:2,5 H₂O) 5,3, contenido en materia orgánica 3,86 % y N total 0,127 %. Como residuos orgánicos fueron utilizados purín procedente de una explotación de vacuno, y el sólido y el líquido obtenidos tras la separación física del purín, y sus características se presentan en la Tabla 1. En función de su contenido en N-NH₄⁺ se determinó la cantidad de cada uno de ellos necesaria para obtener una dosis equivalente en campo a 60 kg N-NH₄⁺ ha⁻¹ (considerando un espesor de capa de 10 cm). Cada uno de estos residuos se mezcló con los inhibidores de la nitrificación DCD y DMPP a las dosis recomendadas por las casas comerciales: 5 % de DCD expresado en N, y 1 % del DMPP, en relación a la cantidad total de N en el residuo aportado. Se efectuó la mezcla residuo+inhibidor y a continuación con el suelo (8 kg por tratamiento), adicionando en este momento la cantidad de H₂O destilada necesaria para obtener un valor del 30 % en peso seco. El proceso se llevó a cabo por triplicado para cada tratamiento, y se sumó un tratamiento control (también por triplicado) sin residuo orgánico ni inhibidor. Los recipientes se mantuvieron durante 92 días a 20 °C y humedad constante. Durante este periodo se efectuaron 11 controles que correspondieron a los días 1, 2, 4, 8, 11, 15, 18, 25, 32, 43 y 92 días siguientes a la incorporación de los residuos. En cada uno de ellos se realizaban tres tipos de incubaciones tal y como se describe a continuación. Se retiraban 200 g de suelo, que se introducían en cajas herméticas de 1,8 L en presencia de acetileno a dos concentraciones: al 0,01 % (inhibición de la reacción de nitrificación) y al 5 % (inhibición de la reacción de nitrificación y reducción de N₂O a N₂ en el proceso de desnitrificación) y la tercera sin acetileno, y

Tabla 1. Composición de los residuos orgánicos expresados en peso fresco.

Residuo	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻	N total mg kg ⁻¹	N org sol ¹	C org sol ²	C total g kg ⁻¹	MS %	pH ³
				H ₂ O	H ₂ O			
Purín	1406	<1	2431	817	1641	21,5	5,06	7,8
Líquido	1562	<1	2665	970	1919	14,2	3,48	7,3
Sólido	1161	<1	4349	987	2128	150,2	30,05	8,8

¹ Fracción de N orgánico soluble en H₂O, ² Fracción de C orgánico soluble en H₂O, ³ Directamente en el purín y líquido, y 1:5 (H₂O) en el sólido.

eran mantenidas durante 24 h a 20 °C. Transcurrido este periodo se tomaban 10 ml de la atmósfera de cada caja con la intención de determinar la concentración de N_2O por cromatografía de gases y en la incubación sin acetileno se dispuso un esquema cerrado anemómetro-recipiente de incubación-frasco lavador con ácido ortofosfórico 0,002 M-bomba-recipiente de incubación para recoger (durante 10 min) el amoníaco volatilizado tras las 24 h de incubación. Finalmente en esta incubación y en cada control se determinaron los contenidos de $N-NH_4^+$ y $N-NO_3^-$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se obtuvieron diferencias en la evolución de los contenidos de $N-NH_4^+$ en suelo cuando los residuos fueron aplicados con y sin inhibidor. En los tratamientos con purín e inhibidor durante los primeros 18 días los contenidos de $N-NH_4^+$ en suelo fueron superiores estadísticamente ($P < 0,001$) a los obtenidos cuando el purín fue aplicado sin inhibidor. En el purín se observó un descenso muy acentuado de los valores de $N-NH_4^+$ en los primeros días y transcurridos 8 días tras la incorporación los valores fueron semejantes al control. En el tratamiento con la fracción líquida se observó un comportamiento similar al del purín, y hasta el día 18 tras la incorporación existieron diferencias estadísticas entre uso o no de inhibidor. En el caso de la fracción sólida, el descenso de valores de $N-NH_4^+$ hasta los del control tuvo lugar en un periodo de tiempo menor y la capacidad de los inhibidores en mantener los valores de $N-NH_4^+$ fue menor que con los residuos anteriores. A diferencia de los residuos anteriores se observó a partir del día 25 un incremento de los valores de $N-NH_4^+$ en los tres tratamientos con la fracción sólida (fracción sólida sin inhibidor, con DCD y con DMPP). Respecto a la evolución en los contenidos de $N-NO_3^-$, para los tres residuos, el incremento más acentuado se observó entre los días 4 y 8 después de efectuar la mezcla (activación de la nitrificación) y a partir de este momento permanecieron bastante constantes o disminuyeron como es el caso de la fracción sólida.

En la Tabla 2 se presentan las pérdidas gaseosas acumuladas totales para el periodo completo de incubación (92 días) y su procedencia (N_2 y N_2O derivados de los procesos de desnitrificación y nitrificación, y volatilización de NH_3). Teniendo en cuenta el N total aplicado con los residuos orgánicos (90,4, 89,2 y 195,9 mg kg^{-1} suelo con el purín, fracción líquida y sólida, respectivamente), las pérdidas gaseosas totales procedentes de los procesos de nitrificación y desnitrificación ($N_2 + N_2O$) representaron entre el 0,5 y el 10 % del N aportado. El hecho de aplicar residuo orgánico aumentó significativamente ($P < 0,05$) las pérdidas totales ($N_2 + N_2O$) obtenidas en el control, siendo estos aumentos de 481, 1363 y de 3206 $\mu g N kg^{-1}$ en el purín, fracción líquida y sólida respectivamente, aumentando también significativamente el N_2O total en la fracción líquida y sólida. Se observó una mayor proporción en la producción de N_2 que de N_2O en el purín, producciones semejantes de los dos gases en la fracción líquida y valores superiores de N_2O con la fracción sólida. Probablemente este hecho estuvo más relacionado con los contenidos de C orgánico soluble en los residuos, que con los de C total (Beauchamp *et al.*, 1989, Misselbrook *et al.*, 1998). Mientras que la diferencia de valores no es muy acusada entre purín y fracción líquida (60,4 y 63,5 mg C aplicado por kg^{-1} de suelo seco respectivamente), el menor contenido en materia seca (3,48 % en el líquido frente a 5,06 % en el purín) probablemente aumentó la disponibilidad del C soluble por los microorganismos del suelo. En el caso del sólido el valor del C orgánico soluble (94,8 mg C kg^{-1}) fue bastante superior al de los tratamientos anteriores. Como es bien sabido un aumento en el C puede estimular los procesos de nitrificación y desnitrificación (Weier *et al.*, 1993) y por tanto la producción final de N_2O , favorecido respecto al N_2 por las condiciones de temperatura y humedad fijadas en el ensayo. Contrariamente a lo esperado teniendo en cuenta otros trabajos de aplicaciones de IN en purines su presencia no disminuyó las pérdidas gaseosas totales ni las de N_2O . Este hecho pudo estar relacionado con el almacenamiento de los residuos con anterioridad al ensayo, a 2 °C en condiciones anaeróbicas. A pesar de esperarse poca actividad microbiana, este periodo de almacenamiento pudo condicionar procesos de nitrificación heterotrófica sobre la autotrófica cuando los residuos fueron aplicados al suelo. La nitrificación heterotrófica no es afectada por los inhibidores, lo que podría explicar la falta de respuesta a su aplicación. Se encuentran trabajos, como el de Williamson y Jarvis (1997) donde al aplicar DCD a aguas residuales almacenadas durante algún tiempo no encontraron disminución en las pérdidas de

N_2O , mientras que, cuando aplicaron el mismo inhibidor al residuo en fresco sí manifestó su efecto inhibitorio (Willianson *et al.*, 1996).

En cuanto a las pérdidas por volatilización de NH_3 (Tabla 2), representaron entre el 0,7 y el 4 % del N total incorporado con los residuos. La aplicación de purín llevó a un incremento de la volatilización de NH_3 de 3,1 $mg\ kg^{-1}$ respecto al control, mientras que en el líquido y sólido los incrementos fueron de 1,5 y 2,5 $mg\ N\ kg^{-1}$. Se observó que las pérdidas gaseosas debidas a volatilización de NH_3 fueron superiores en el purín, y las debidas a los procesos de nitrificación y desnitrificación en las fracciones líquida y sólida. A pesar de mezclar homogéneamente los residuos y el suelo, el mayor contenido en MS en el purín que en el líquido probablemente favoreció las pérdidas por volatilización de NH_3 y la diferencia de valores de pH entre purín y líquido (7,8 y 7,3, respectivamente) contribuyó probablemente a un aumento en la emisión de NH_3 en el tratamiento de purín.

En la Tabla 2 se presentan los valores de N mineral ($N-NH_4^+ + N-NO_3^-$) al inicio y final del ensayo, N orgánico aplicado con cada residuo y % de esta fracción mineralizada durante los 92 días (restando los valores del control). Se obtuvo una mineralización neta de 4,5 $mg\ kg^{-1}$ en el purín, de 12,1 $mg\ kg^{-1}$ en la fracción líquida e inmovilización para el sólido. En términos porcentuales, se recuperó el 11,6 y el 33,1 % del N orgánico incorporado en el purín y líquido, y existió una inmovilización del 47,7 % en el caso del sólido. Puede decirse que este valor para el purín no fue elevado, probablemente y como se apunta en el trabajo de Thomsen y Olesen (2000) también estuvo relacionado con el almacenamiento anaeróbico del residuo (previo al ensayo). No obstante pudo observarse una clara relación entre la relación C/N de los residuos aplicados (8,7, 5,3 y 34,2) y la mineralización neta obtenida.

Tabla 2. Valores de N mineral (N min, $N-NO_3^- + N-NH_4^+$, en $mg\ kg^{-1}$ de suelo) al inicio (In) y final (Fi) del ensayo, pérdidas gaseosas ($N-(N_2 + N_2O)$) procedentes de los procesos de nitrificación (nitri) y desnitrificación (desni) y volatilización de NH_3 ($N-NH_3$), pérdidas gaseosas totales (Pgastotal, en $mg\ N\ kg^{-1}$ de suelo), N orgánico aplicado ($mg\ kg^{-1}$ suelo) y % de N mineralizado para cada residuo.

Residuo	N min In	N min Fi	N-($N_2 + N_2O$) desni+nitri	N- NH_3	Pgastotal	N ¹ mineralizado	N org aplicado	% N mineralizado
Purín (P)	89,3	112,1	1,3	4,5	5,8	4,5	38	11,6
P+DCD ²	89,0	109,8	3,2	4,7	7,9	4,7	38	11,6
P+DMPP ³	86,5	113,0	1,9	5,0	6,9	9,4	38	24,0
Líquido (L)	80,8	111,9	2,2	2,9	5,1	12,1	36	33,1
L+DCD	82,7	112,6	2,8	2,6	5,4	11,3	36	30,8
L+DMPP	84,5	114,2	2,6	3,5	6,0	11,8	36	32,0
Sólido (S)	105,8	54,4	4,0	3,9	7,9	-67,4	142	-47,7
S+DCD	101,9	57,8	3,6	3,0	6,5	-61,6	142	-43,5
S+DMPP	101,5	44,2	20,4	2,8	23,2	-58,1	142	-41,1
Control	32,3	54,1	0,8	1,4	2,2			

¹ Nmin Fi - Nmin In + Pgastotal, ²DCD: dicianidamida, ³DMPP: 3,4 dimetil pirazol fosfato.

CONCLUSIONES

El uso de IN mantuvo los contenidos de $N-NH_4^+$ significativamente superiores en los tratamientos con inhibidor en torno a 20 días en el purín y fracción líquida, y durante 15 días en la fracción sólida. A la vista de los resultados obtenidos para los tres residuos orgánicos, transcurridos 3 meses de su incorporación al suelo, sería de esperar un mayor aporte de N a los cultivos, por la fracción líquida del purín que por el purín y en el caso del sólido, inmovilización neta del N tras su incorporación y posiblemente una re-mineralización tardía del N orgánico, escasamente utilizable por el cultivo, pudiendo originar mayores pérdidas de NO_3^- por lixiviación o desnitrificación.

AGRADECIMIENTOS

Se desea agradecer la financiación del programa "Agro N° 177-Ação 8.1, DE & D" y a las casas comerciales COMPO y "Adubos de Portugal" por facilitar los inhibidores. Durante el periodo en el que se llevó a cabo el trabajo experimental Dolores Báez disfrutó una beca post-doctoral del MEC.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BEAUCHAMP, E.G.; TREVORS, J.T.; PAUL, J.W., 1989. Carbon sources for bacterial denitrification. *Advances in Soil Science*, **10**, 113-142.
- MISSELBROOK, T.H.; CHADWICK, D.R.; PAIN, B.F.; HEADON, D.M., 1998. Dietary manipulation as a means of decreasing N losses and methane emissions and improving herbage N uptake following application of pig slurry to grassland. *Journal of Agricultural Science*, **130**, 183-191.
- THOMSEN, I.K.; OLESEN, J.E., 2000. C and N mineralization of composted and anaerobically stored ruminant manure in differently textured soils. *Journal of Agricultural Science, Cambridge*, **135**, 151-159.
- WEIER, K.L.; DORAN, J.W.; POWER, J.F.; WALTERS, D.T., 1993. Denitrification and the dinitrogen/nitrous oxide ratio as affected by soil water, available carbon and nitrate. *Soil Science Society of America Journal*, **57**, 66-72.
- WILLIAMSON, J.C.; JARVIS, S.C., 1997. Effect of dicyandiamide on nitrous oxide flux following return of animal excreta to grassland. *Soil Biology and Biochemistry*, **29**, 1575-1578.
- WILLIAMSON, J.C.; MENNEER, J.C.; TORRENS, R.S., 1996. Impact of dicyandiamide on the internal nitrogen cycle of a volcanic, silt loam soil receiving effluent. *Applied Soil Ecology*, **4**, 39-48.
- ZERULLA, W.; BARTH, T.; ERHARDT, K.; HORCHLER VON LOCQUENHIEH, K.; PASDA, G.; RADLE, M.; WISSEMEIER, A.H., 2001. DMPP a new nitrification inhibitor for agriculture and horticulture. *Biology and Fertility of Soil*, **34**, 79-84.

Efecto del sistema de laboreo, tipo de abonado y uso de inhibidores de la nitrificación en la producción de maíz forrajero

D. BÁEZ¹, J. COUTINHO y H. TRINDADE

Dep. de "Fitotecnia e Eng^a Rural". Universidad de Tras-os-Montes e Alto Douro. Ap. 1013, 5001-911 Vila Real (Portugal) ¹Dirección actual: Dep. de Pastos y Cultivos. CIAM. Carretera Betanzos-Santiago, Km 8, 15318 Mabegondo. A Coruña (España)

RESUMEN: El trabajo se llevó a cabo en Vila Real (Norte de Portugal) durante los años 2002 y 2003 con la intención de estudiar el efecto del tipo de fertilizante (purín de vacuno vs mineral), la aplicación de inhibidores (IN) de la nitrificación (diciandiamida y 3-4 dimetil pirazol fosfato), la forma de aplicación del purín (inyectado vs aplicación superficial en bandas) y la técnica de siembra (laboreo convencional vs siembra directa) sobre la producción de materia seca de un cultivo de maíz forrajero. El suelo con textura fina dificultó las labores y el establecimiento de la siembra directa del maíz. Entre siembras, se obtuvieron diferencias productivas de materia seca muy acusadas, del 24 % y del 31 % en los dos años estudiados a favor de la siembra convencional. La técnica de inyección de purines, respecto a la aplicación en superficie, supuso una buena práctica agronómica que incrementó la producción obtenida en 29 % y 11% el primer y segundo año respectivamente. Respecto al uso de IN, en algunas de las situaciones ensayadas se encontraron incrementos productivos debidos al uso de IN con los fertilizantes, pero estos resultados no se repitieron en los dos años estudiados.

Palabras clave: *Zea mays*, tipos de siembra, purín de vacuno, técnicas de inyección.

Corn yield as affected by tillage, fertilizer type and nitrification inhibitor use

SUMMARY: A field study was conducted in Vila Real (Northwestern of Portugal) during two years, 2002 and 2003, to determine the effects of, (i) nitrogen fertiliser type (cattle slurry and inorganic fertilizers), (ii) nitrification inhibitor use (dicyandiamide and 3,4-dimethyl pyrazole phosphate), (iii) slurry application technique (band spreading on the surface vs injected into the soil, 20-25 cm depth) and (iv) tillage system (conventional vs no-till) on corn dry matter yield. Soil texture (silty loam soil) made difficult no-till sowing and establishment in the corn. During the two years DM yield differed between tillage systems by 24 % and 31 % respectively. Slurry injection technique resulted in a good agronomic practice and increased by 29% and 11% the yield obtained in surface banded treatments. With respect to nitrification inhibitors use, not clear effects were found, and they only increased the yield in some of the situations assayed.

Key words: *Zea mays*, sowing methods, cattle slurry, injection techniques.

INTRODUCCIÓN

Está demostrado que las alternativas forrajeras intensivas en base al maíz (*Zea Mays* L.) suelen proporcionar un aumento en la producción de forraje respecto a otras rotaciones (Lloveras, 1987) o praderas temporales (Piñeiro y Pérez, 1998). Estos sistemas implican el establecimiento de dos cultivos en el año y los periodos entre cultivos deben ser lo más cortos posibles para asegurar el desarrollo vegetativo completo de los dos cultivos. En muchas ocasiones las labores necesarias para la siembra se ven seriamente dificultadas por factores climáticos, y en este sentido tiene un gran interés el uso de las técnicas de no laboreo que permiten la implantación más rápida de los cultivos y además, suponen un gran ahorro en tiempo y costes de labor (Mangado, 1990). La técnica de no laboreo ha sido bastante aceptada en el maíz, sin embargo, la información disponible aún es escasa y son necesarios experimentos de campo en diferentes condiciones climáticas y tipos de suelos para obtener resultados extrapolables.

Los inhibidores de la nitrificación (IN) son compuestos que durante un cierto periodo de tiempo retardan la oxidación bacteriana del amonio a nitrito en el suelo (primer paso en la nitrificación). Se ha demostrado, que estos productos pueden aumentar la eficiencia del N en el cultivo, obteniéndose mayores producciones con la misma dosis de fertilizante o con un número menor de aplicaciones. Recientemente la BASF ha desarro-

llado un nuevo IN, el 3,4-dimetilpirazol-fosfato (DMPP) (Zerulla et al., 2001) que además puede tener ciertas ventajas sobre otros inhibidores más consolidados como es la dicianidamida (DCD) (Zerulla et al., 2001), menor dosis por unidad de N aplicada, carece de efectos fitotóxicos y no se lixivia. Hasta el momento el uso de los IN con purines constituye un campo poco estudiado.

Por otra parte, una pérdida importante de N tras la aplicación de purines en campo puede ocurrir por la volatilización de amoníaco (NH_3) tras la hidrólisis de la urea que contiene el purín. Reduciendo la superficie de aplicación se consigue una reducción de las pérdidas y basándose en estos principios han sido desarrolladas técnicas de inyección o de aplicación en bandas capaces de reducir la volatilización de NH_3 entre 25-95 % (Klein et al., 1996).

Teniendo en cuenta todas estas premisas se llevó a cabo un ensayo de campo durante dos años, con la intención de estudiar los efectos de: la técnica de siembra (laboreo convencional vs siembra directa), el tipo de fertilizante (purín de vacuno vs mineral), su aplicación conjunta con IN (DCD y DMPP) y la forma de aplicación del purín (inyectado vs aplicación superficial en bandas) sobre la producción de materia seca (MS) de un cultivo de maíz forrajero.

MATERIAL Y MÉTODOS

El ensayo se inició en otoño de 2001 con la siembra de avena como cultivo de invierno, en una parcela experimental de la Universidad de Trás-os-Montes e Alto Douro (UTAD) localizada en la región NO de Portugal (Vila Real) sobre un suelo de textura media franco-limosa clasificado como Cambisol Distrito (FAO) y fertilidad (capa de suelo 0-30 cm) de pH 6.4, contenido en materia orgánica de 29 g kg^{-1} , P 47 mg kg^{-1} , K 104 mg kg^{-1} y 4.9 $\text{cmol}^{(+)} \text{kg}^{-1}$ de CIC. La precipitación media (10 años anteriores) anual en la zona es de 1013 mm y la temperatura de 13,6 °C. En el presente trabajo se exponen los resultados productivos correspondientes al cultivo de verano de la rotación avena-maíz durante los años 2002 y 2003. La siembra del maíz cv, "Belmont" (ciclo 300, a 95.000 semillas ha^{-1}), se llevaron a cabo el 11/06/02 y el 6/06/03 el primer y segundo año respectivamente.

El diseño experimental fue en bloques divididos con tres repeticiones y un tamaño de parcela de 45 m^2 (5 x 9 m). Uno de los factores incluidos en el ensayo fue el tipo de fertilización nitrogenada con 10 tratamientos, nitrosulfatoamónico (NSA, 19,5 % N- NH_4^+ + 6,5 % N- NO_3^-), dos fertilizantes minerales estabilizados con IN: Entec@26 (COMPO, 1% de DMPP relativo al contenido en N- NH_4^+ del NSA) y Nitrotop (ADP, 8 % N- NH_4^+ 16 % N-Amídico, 4 % N-DCD respecto al contenido total de N), seis combinaciones de purín de vacuno aplicado en bandas sobre la superficie (PB) o inyectado (PI, 20-25 cm de profundidad), con y sin IN y, finalmente, se añadió un tratamiento control que no recibió aporte de N ni inhibidor de la nitrificación. El segundo factor en el ensayo fue la técnica empleada en la siembra, no laboreo vs tradicional. Previamente a la siembra, los aportes de P y K se realizaron por igual en todas las parcelas y la dosis de N aplicada para todos los tratamientos fue fijada en 160 kg N ha^{-1} , considerando en las aportaciones de purín los valores de N total. En los tratamientos de fertilización mineral con inhibidor o de los purines el N se aportó de una sola vez en la siembra y el NSA en dos, 60 kg N ha^{-1} en la siembra y 100 kg N ha^{-1} cuando el maíz tenía 4-5 hojas. La DCD, previamente disuelta en agua destilada, fue aplicada a una dosis de 7,5 kg ha^{-1} y el DMPP a 4 L ha^{-1} (disolución de DMPP al 25 %) según las recomendaciones de las casas comerciales.

Para la preparación de la siembra del maíz, las zonas de no laboreo se trataron con glifosato (36 %) a la dosis de 4 L ha^{-1} del producto comercial aproximadamente una semana con anterioridad a la siembra y en las de laboreo tradicional se sucedieron arado de vertedera, dos pases cruzados de grada de discos, aplicación de purines, un pase de grada final (para incorporar los purines) y, finalmente, se efectuó la siembra en todas las parcelas con la máquina de siembra directa (sembradora Semeato).

En el momento de la cosecha (23/09/02 y 11/09/03, estado del grano pastoso-vítreo), se muestrearon en tres líneas centrales una longitud de 2 m en cada parcela. En campo, se pesó la producción en verde y se tomó una muestra de 3 plantas de cada línea que fueron procesadas independientemente. En el laboratorio se separó la mazorca del follaje (tallos, hojas y espigas) picando las dos fracciones por separado y se mantuvieron en estufa a 60 °C hasta peso constante, con el fin de calcular la producción de materia seca total, de

mazorca y de planta. Diferencias estadísticas entre tratamientos en la producción de MS total, en mazorca y planta, fueron calculadas utilizando análisis de varianza con el programa estadístico Statistix 7.0.

RESULTADOS

En la Tabla 1 se muestran los resultados obtenidos en el análisis de la varianza en términos de producción de MS ha⁻¹. En el primer año, el laboreo aumentó significativamente la producción de mazorca y la total en 1,22 y 1,98 t MS ha⁻¹ respectivamente, e incrementó también significativamente en un 10 % el porcentaje de MS en la mazorca en el momento de la cosecha (de 22,8 a 33,2 %). En el segundo año, las diferencias productivas entre siembras aumentaron, se obtuvieron incrementos de 1,50 y 3,69 t MS ha⁻¹ en mazorca y total respectivamente a favor de la siembra convencional, pero se mantuvo la diferencia en el porcentaje de MS en la mazorca (9 %, de 27,35 a 36,63) entre los dos tipos de siembras. Se encontraron diferencias significativas en el número de plantas recogidas respecto a las sembradas en el primer año, con un 59 % en la siembra directa y el 65 % en la siembra convencional; por el contrario en el segundo año, la germinación aumentó a un valor del 70 % y no se encontraron diferencias entre siembras.

En los dos años de estudio, la producción de follaje fue afectada sólo por el tipo de fertilización y la interacción entre fertilización y laboreo fue significativa (Tabla 1) para la producción total, de mazorca y follaje. En el primer año, con laboreo tradicional, los fertilizantes Entec y Nitrotop proporcionaron las mayores producciones totales (13,76 y 13,08 t MS ha⁻¹), aunque las diferencias con el NSA no fueron significativas (11,75 t MS ha⁻¹). Este aumento productivo debido al uso de inhibidores quedó reflejado tanto en planta y como en mazorca, especialmente en el Entec. En los tratamientos con purín, las producciones totales de maíz fueron inferiores a las obtenidas con los fertilizantes minrciales excepto en los tratamientos PI y PI+DCD.

Tabla 1. Producción de materia seca (MS) de los diferentes cultivos para los años 2002 y 2003.

Tratamiento	Primer año (t MS ha ⁻¹)			Segundo año (t MS ha ⁻¹)		
	Mazorca	Follaje	Total	Mazorca	Follaje	Total
Convencional						
NSA	3,91	7,84	11,75	4,61	12,06	16,67
Entec	5,45	8,31	13,76	4,59	11,68	16,27
Nitrotop	4,26	8,82	13,08	4,29	11,80	16,10
PB	1,31	5,85	7,16	4,40	11,34	15,73
PB+DMPP	0,77	4,24	5,33	4,11	8,96	13,07
PB+DCD	3,07	6,11	9,18	4,25	11,06	15,31
PI	4,42	8,37	12,79	6,29	13,25	19,55
PI+DMPP	1,93	4,36	6,29	5,48	11,63	17,11
PI+DCD	3,54	7,33	10,86	5,54	12,41	17,95
Control	2,38	6,51	8,89	1,94	8,43	10,37
Directa						
NSA	1,73	6,56	8,30	3,78	9,72	13,50
Entec	0,89	5,73	6,62	3,37	10,14	13,50
Nitrotop	1,67	7,57	9,24	2,73	10,60	13,33
PB	1,46	6,22	7,68	1,14	7,11	8,25
PB+DMPP	1,54	6,16	7,70	3,79	10,51	14,30
PB+DCD	1,49	6,15	7,63	2,27	8,31	10,57
PI	3,06	5,90	8,96	1,45	6,82	8,27
PI+DMPP	3,75	4,85	8,60	3,02	9,06	12,07
PI+DCD	4,07	6,35	10,42	3,08	7,58	10,66
Control	0,93	5,78	6,72	1,81	8,25	10,06
Significaciones						
Abono (A)	***	*	**	***	*	**
Siembra (S)	**	NS	*	*	NS	*
A*S	***	**	***	***	**	***

*, **, ***: Diferencias significativas al 0.05, 0.01 % y 0.001 % respectivamente. NS: Diferencia no significativa.

Cuando la DCD fue aplicada con el purín en superficie (PB+DCD) se observó un incremento productivo de 2 t MS ha⁻¹ respecto al tratamiento PB, que no se repitió cuando se inyectó el purín. Cuando se aplicó DMPP con los purines (tratamientos PB+DMPP y PI+DMPP) las producciones, contrario a lo esperado, disminuyeron. En la siembra directa, las diferencias productivas entre tratamientos se atenuaron. Con los fertilizantes minerales se dieron los mayores descensos productivos respecto al laboreo convencional. Cabe destacar el descenso productivo en el tratamiento con Entec respecto al NSA, probablemente producido por la elevada concentración de N-NH₄⁺ en la zona radicular, hecho favorecido por la acción conjunta de la localización del abono y el efecto del inhibidor.

En el segundo año se observó un aumento en la producción total respecto al primero, alcanzando producciones medias de 16,34 t MS ha⁻¹ en siembra convencional y 13,44 en parcelas de no laboreo. En las parcelas labreadas, las diferencias productivas entre las tres fertilizaciones minerales y con los tratamientos de purín disminuyeron, e incluso, se obtuvieron mejores resultados productivos en los tratamientos de purín inyectado.

Excepto en la siembra directa y con purines, el uso de inhibidores de la nitrificación no provocó mejoras productivas respecto a los correspondientes tratamientos sin inhibidor. En estos tratamientos el DMPP incrementó en 6,05 y 3,80 la producción obtenida en PB y PI, respectivamente, y la DCD en 2,32 y 2,39 tMS ha⁻¹.

DISCUSIÓN

Se observaron diferencias en la producción total de MS del maíz entre las técnicas de siembra convencional y la directa del 24 % y del 31 % en el primer y segundo año respectivamente. Estos valores reflejan diferencias productivas mayores que las obtenidas en la España Húmeda, donde se citan valores del 15 % (Bordegaray *et al.*, 1996) o incluso menores, del 7 % (Martínez y Piñeiro, 2002) cuando el abono se localizaba junto a la semilla tal y como se realizó en el presente trabajo. Considerando las partes aéreas de la planta por separado, la producción de la paja no fue afectada por el laboreo, mientras que la de mazorca, en siembra directa se redujo en un 38 %, y 55 % (primer y segundo año), valores bastante elevados, que pueden estar condicionados por un retraso en la maduración del grano. Probablemente también contribuyó el tipo de suelo, de textura franco limosa, que dificultó la germinación y el desarrollo de la planta especialmente en la siembra directa. Por una parte, existe un efecto negativo del mínimo laboreo en la germinación, más acusado a medida que los suelos tienen una textura más fina, que es atribuido a un incremento lento de la temperatura del suelo en la primavera, con variaciones entre tipos de siembra que pueden alcanzar los 2-3 °C que afectan adversamente a la germinación y al crecimiento de las raíces. Por otra parte, se ha comprobado que el mínimo laboreo aumenta la resistencia mecánica del suelo, lo que conlleva un retraso en el desarrollo de las raíces y un aumento en el estrés hídrico si existen condiciones de sequía al inicio del cultivo. Este hecho se pudo observar claramente en los resultados del primer año, cuando la ausencia de precipitaciones durante el establecimiento del maíz provocó un déficit hídrico importante y afectó especialmente a los tratamientos con fertilización mineral (NSA, Entec y Nitrotop) en las parcelas no labreadas. Cuando se aplicó purín el efecto no fue tan acusado porque lógicamente su aplicación conlleva un aporte adicional de H₂O. En el segundo año, y a pesar de darse mejores condiciones climáticas que ayudaron en la preparación del suelo para la siembra y el establecimiento del maíz, se observaron mayores diferencias productivas entre los dos tipos de siembras. Chassot *et al.* (2001), observaron en parcelas no labreadas que con el paso del tiempo había un aumento en la densidad aparente de la superficie del suelo, lo que probablemente puede restringir el crecimiento de las raíces e apuntan que en suelos con textura más fina, el aumento a lo largo de los años es mayor, por lo que deben ser labreados más frecuentemente.

Respecto al uso de los inhibidores de la nitrificación no se observaron efectos generalizados que pudieran justificar su utilización pero si hubo efectos beneficiosos en algunas situaciones, como el obtenido con el DMPP en el Entec con siembra convencional en el primer año, en condiciones de estrés hídrico, que no se repitió en siembra directa o en el segundo año, con mejores condiciones climáticas para el desarrollo del cultivo. Cuando este inhibidor se utilizó con los purines se obtuvieron descensos productivos difíciles de explicar o falta de respuesta excepto en el segundo año con la siembra directa. En el caso del DCD en el

Nitrotop, la respuesta fisiológica fue similar al DMPP en el Entec, y cuando se aplicó con purines, se obtuvieron ligeros incrementos productivos en el primer año (con PB en SC y con PI en SD), pero el efecto más claro se obtuvo al igual que el DMPP, en el segundo año en la SD, con los dos tipos de aplicación de purín.

A la vista de los resultados, la inyección del purín supuso una buena práctica desde dos puntos de vista, el agronómico y el medioambiental. Respecto a las aplicaciones superficiales, en los dos años se obtuvieron incrementos productivos medios del 29 y del 11 % respectivamente, lo que indicó que si el purín se abandona en la superficie la volatilización de NH_3 , puede representar una pérdida importante de N del sistema.

CONCLUSIONES

El suelo con textura fina dificultó las labores y el establecimiento de la siembra directa del maíz. En los dos años existieron diferencias productivas importantes entre los dos tipos de siembra (del 24 y 31%). A la hora de aplicar purín, la inyección supuso una buena práctica agronómica que incrementó en los dos años la producción total de MS en el maíz. Respecto al uso de inhibidores de la nitrificación, sólo en algunas de las situaciones ensayadas provocaron mejoras productivas.

AGRADECIMIENTOS

Se desea agradecer la financiación del programa "Agro Nº 177-Accão 8.1, DE & D" y a las casas comerciales COMPO y "Adubos de Portugal" por facilitar los inhibidores y fertilizantes minerales utilizados en el ensayo. Durante el periodo en el que se llevó a cabo el trabajo experimental Dolores Báez disfrutó una beca post-doctoral del MEC.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BORDEGARAY, I.; RODRÍGUEZ, M.; CRUZADO, P.; MANGADO, J.; MARTINEZ, A.; ZARRABEITIA, J.V.; PIÑEIRO, J., 1996. Siembra directa en las rotaciones forrajeras de raigrás italiano-maíz en la Cornisa Cantábrica. En *Actas de la XXXVI Reunión Científica de la SEEP*, 273-278.
- CHASSOT, A.; STAMP, P.; RICHNER, W., 2001. Root distribution and morphology of maize seedling as affected by tillage and fertilizer placement. *Plant and Soil* **231**, 123-135.
- KLEIN, C. A. M.; VAN LOGTESTIJN, R. S. P.; VAN MEER, H. G.; GEURINK, J. K., 1996. Nitrogen losses due to denitrification from cattle slurry injected into grassland soil without a nitrification inhibitor. *Plant and Soil*, **183**, 161-170.
- MARTÍNEZ MARTÍNEZ, A.; PIÑEIRO ANDIÓN, J., 2002. Primeros años de siembra directa de maíz para ensilar. En *Actas de la XLII Reunión Científica de la SEEP*, 303-308.
- LLOVERAS, J., 1987. Forage production and quality of several crop rotations and pastures in Northwestern Spain. *Grass and Forage Science*, **42**, 241-247.
- MANGADO URDÁNIZ, J.M., 1990. Resiembra de praderas. *Navarra Agraria*, 69-79.
- PIÑEIRO, J.; PÉREZ, M., 1998. Alternativas forrajeras intensivas. Memoria 1994-1996 del Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo, 73-81. Servicio de Estudios e Publicacións da Consellería de Agricultura, Ganadería e Política Agroalimentaria. Santiago de Compostela.
- ZERULLA, W.; BARTH, T.; DRESSEL, J.; ERHARDT, K.; HORCHLER, K.; PASDA, G.; RADLE, M.; WISSEMEIER, A.H., 2001. 3,4-dimethylpyrazole phosphate (DMPP)- a new nitrification inhibitor for agriculture and horticulture. *Biol Fertil Soils*, **34**, 79-84.

Efecto de las propiedades de algunos entisoles e inceptisoles del Occidente asturiano en la disponibilidad del fosfato aplicado

E. AFIF KHOURI¹, J. A. OLIVEIRA PRENDES¹ y E. ÁLVAREZ RODRÍGUEZ²

¹Departamento de Biología de Organismos y Sistemas. Escuela Universitaria de Ingenierías Técnicas. Universidad de Oviedo. Calle Gonzalo Gutiérrez de Quirós s/n. 33600 Mieres (España). ²Departamento de Edafología y Química Agrícola. Escuela Politécnica Superior. Universidad de Santiago de Compostela. 27002 Lugo (España)

RESUMEN: Se estudiaron en ocho suelos no calcáreos del Occidente asturiano, las propiedades que más influyen en la pérdida de disponibilidad del fosfato en condiciones de reacción suelo-fosfato distintas. Se estimó el fósforo asimilable mediante extracción con el reactivo químico Mehlich 3 después de añadir durante 30 días cantidades crecientes de fosfato a una porción de suelo previamente agotado ($P_{\text{Mehlich 3}} < 5 \text{ mg P kg}^{-1}$). La correlación negativa encontrada entre el índice de disponibilidad (la proporción entre el incremento del fósforo y el total aplicado), los óxidos de aluminio y hierro extraídos con oxalato ácido y la arcilla indica que los óxidos amorfos junto con los minerales de arcilla, presentan superficies de alta afinidad para la adsorción de fosfato. El alto contenido de aluminio y hierro extraído con pirofosfato puede disminuir la adsorción del fosfato en la superficie de los minerales.

Palabras clave: Fósforo asimilable, reactivo Mehlich 3, adsorción de fósforo

Effect of some entisoles and inceptisoles properties in the available phosphorus of the West Asturias

SUMMARY: In eight non calcareous soils of the Asturias occident were studied the properties that more influence in the loss of availability of phosphate applied at different rates. Available phosphorus was estimated using chemical extractant Mehlich 3 (M3) after 30 days of adding growing quantities from phosphate to a portion of soil previously depleted in phosphorus ($P_{\text{Mehlich 3}} < 5 \text{ mg P kg}^{-1}$). The negative correlation among the availability index (the proportion of added P that remained extractable according to M3 method) the aluminium and iron oxides and the clay indicate that the amorphous oxides with the clay minerals, present high surfaces for the phosphate adsorption. The high aluminium and iron extracted with pyrophosphate can diminish the adsorption of the phosphate in the surface of the minerals.

Key words: Available phosphorus, Mehlich 3 extractant, phosphorus sorption.

INTRODUCCIÓN

En la disolución del suelo, el fósforo está presente en gran parte como ión ortofosfato, muy frecuentemente del orden de $0,1 \text{ mg P L}^{-1}$, de donde la planta lo puede extraer directamente, aunque, si sólo utilizara éste, tendría únicamente para un periodo muy corto de tiempo. Procesos como el de desorción, solubilización o mineralización ponen a disposición de la planta diversas formas de fósforo. De igual forma, al aplicar fertilizantes fosfatados, el fósforo se transforma rápidamente a compuestos insolubles gracias a fenómenos de adsorción y precipitación. Por lo tanto, en muchos casos, surge la necesidad del fósforo para mantener una concentración mínima en la disolución del suelo que no sea limitante en la producción de cultivos, aunque dicho elemento esté presente en alta concentración en el suelo.

El poder extractante de distintos reactivos químicos está influenciado por diversas propiedades del suelo, en particular aquellas que determinan su capacidad de adsorción de fósforo (Cajuste *et al.*, 1992). La mayoría de los laboratorios de análisis de suelo emplean el método de Olsen desarrollado originalmente para suelos calcáreos, como método oficial de determinación de fósforo asimilable (Buondonno *et al.*, 1992). Los métodos Bray 1 y Bray 2 se utilizan a menudo en la determinación de fósforo asimilable en suelos ácidos (Holford, 1997). Entre los extractantes multi-elemento utilizados de forma creciente en los últimos años (Raij, 1994)

destaca el reactivo Mehlich 3 ampliamente usado en Estados Unidos y Canadá, si bien su uso es poco habitual en los países europeos (Buondonno *et al.*, 1992).

De todos los métodos anteriores, el Mehlich 3 altamente correlacionado con la extracción de fósforo por la planta y con el rendimiento vegetal, parece el más adecuado para la estimación de fósforo asimilable en una amplia gama de suelos no calcáreos, ya que los de Bray 2 y Olsen parecen sobreestimar el fósforo asimilable en suelos ricos en componentes no cristalinos (Fernández, 1997; Monterroso *et al.*, 1999).

En este trabajo, se estudiaron en un grupo de suelos naturales principalmente de la zona occidental del Principado de Asturias, las propiedades que más influyen en la pérdida de disponibilidad del fosfato por reacciones de adsorción y precipitación en condiciones de reacción suelo-fosfato distintas.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se utilizaron ocho suelos recogidos en distintos lugares del occidente Asturiano (Boal, Grandas de Salime, Cartavio, Cangas de Narcea, y Villaviciosa), donde la aplicación de P en praderas compuestas principalmente de raigrás inglés y trébol blanco, es esencial para mejorar la producción del pasto afectando positivamente al contenido de proteína bruta en el forraje (Mombiola, 1986). Los suelos estudiados se clasificaron provisoriamente como Udorthent, Eutrudept y Dystrudept. Se tomaron de cada localidad 5 kg de la capa arable a 0-20 cm de profundidad. El suelo recogido en ningún caso había sido abonado recientemente con fosfato. Una pequeña parte de la tierra fina se almacenó para los análisis posteriores y con el resto se realizó un experimento de agotamiento para obtener un nivel de fósforo Mehlich 3 bajo ($< 5 \text{ mg kg}^{-1}$), cultivándose varias veces (2-3 repeticiones, dependiendo del fósforo Mehlich 3 en el suelo inicial) con una alta densidad de raigrás italiano (variedad del país - Ordenes) en bandejas rectangulares de 5 kg de capacidad, en invernadero, a temperatura $22 \pm 3^\circ \text{C}$. Las plantas se cortaron 40 días después de la siembra. Al suelo, una vez seco al aire, se le eliminaron las raíces y se tamizó (2 mm de malla) para repetir de nuevo el experimento de agotamiento, tal como se ha descrito.

Entre las propiedades físico-químicas se determinó la textura usando hexametáfosfato sódico más Na_2CO_3 , como dispersante. Para hallar la capacidad de campo (CC) se utilizaron embudos cilíndricos tapados con algodón por la base, llenándolos con muestras de suelo y añadiendo el agua suficiente para humedecer, transcurrido 24 h, tres cuartas parte del suelo. Transcurrido dicho tiempo se tomó una muestra de la zona central de la parte húmeda y se determinó la humedad. pH en agua (suspensión suelo: disolución 1:2,5) y sales solubles (en el extracto 1:5); el Aluminio de cambio con KCl 1 M (Lin y Coleman, 1960); el carbono orgánico se determinó por oxidación con $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, 1N, según el método de Walkley y Black (1934); bases extraíbles, con cloruro de bario no tamponado, por absorción atómica, y a continuación se calculó la capacidad de intercambio catiónico efectiva (bases + aluminio de cambio); el fósforo disponible se determinó por el método de Mehlich 3 (Mehlich, 1985).

Los óxidos de hierro y aluminio pobremente cristalinos fueron extraídos con oxalato-amónico ácido según el método de Blakemore (1978). El reactivo disuelve óxidos amorfos, óxidos hidratados, aluminosilicatos no cristalinos y posee una acción muy limitada sobre óxidos cristalinos. El contenido de hierro y aluminio ligados a la materia orgánica fue extraído con pirofosfato sódico 0,1 M por el método de Bascomb (1968).

Muestras de 100 g de suelo procedentes del experimento de agotamiento se incubaron con cantidades crecientes de $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ (0, 30, 60, 90 y 150 mg P kg^{-1}) en vasos de polietileno a $22 \pm 2^\circ \text{C}$. Se adicionó el fosfato en disolución para todos los niveles (dos repeticiones para cada nivel), agregando diariamente la cantidad de agua necesaria para llevar el suelo a capacidad de campo. De estos suelos se tomaron 10 g después de 30 días, a fin de analizar el fósforo extraíble por el reactivo Mehlich 3. Este experimento continuará unos 150 días para contemplar la proporción de disminución del ID con el tiempo. Para determinar P Mehlich 3 crítico se cultivará trébol violeta en macetas, calculando el fósforo a añadir a partir del coeficiente de fijación (ID) en el nivel 90 mg P kg^{-1} del actual experimento de incubación. El tratamiento estadístico de los datos, análisis de regresión simple y múltiple, se realizó mediante el programa SPSS 11.5 (SPSS, 2002).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La media y el intervalo de variación de las propiedades básicas de los suelos estudiados se muestran en la Tabla 1. Los ocho suelos seleccionados presentaban un amplio intervalo de variación en las propiedades que se consideran importantes en la dinámica del fósforo, con pH alrededor de 5 como lógicamente corresponde a suelos ácidos. La conductividad eléctrica fue bastante baja, lo que indica que estos suelos no tienen problema de salinidad. El contenido de aluminio y hierro medidos con pirofosfato fue más alto, en la mayoría de las muestras, que el contenido de los óxidos de Al y Fe amorfos o pobremente cristalinos extraídos con oxalato ácido. Esto podía ser debido a la existencia de mucha materia orgánica coloidal dando lugar a una mayor solubilización de los complejos organometálicos en pirofosfato.

En la matriz de correlación entre las propiedades básicas de los suelos (Tabla 2), se observaron buenas correlaciones entre los óxidos de hierro poco cristalinos y el contenido de materia orgánica y la capacidad de intercambio catiónico efectiva, con un coeficiente de correlación de $r = 0,88^{***}$ y $0,80^{***}$ respectivamente, existiendo también una buena correlación entre estas dos últimas ($r = 0,63^{**}$), al igual que entre el aluminio extraído con pirofosfato y el extraído con oxalato ácido ($r = 0,90^{***}$).

Tabla 1. Media e intervalo de variación de algunas propiedades de los suelos

	pH-H ₂ O	CE	Arcilla	MO	Al	CICe	M3	Al _o	Fe _o	Al _p	Fe _p
		dS m ⁻¹	g kg ⁻¹		cmole kg ⁻¹			mg kg ⁻¹			
Media	5,1	0,07	269	111	3,15	10,4	9,7	3745	3302	4867	3982
Intervalo de variación	4,2-6,5	0,11-0,04	151-420	51-229	0,01-9,73	4,2-23,3	4,9-14,9	1549-10019	1853-4580	941-9583	2364-7870

Tabla 2. Matriz de correlación entre las propiedades básicas de los suelos.

	Al	Ar	MO	CICe	Fe _o	Al _o	Fe _p	Al _p
pH	-0,78***	0,26	-0,33	0,29	0,12	-0,51*	-0,72***	-0,76***
Al		-0,01	0,79***	0,12	0,44*	0,58**	0,93***	0,71***
Ar			0,20	0,33	0,38	-0,19	-0,14	-0,24
MO				0,63**	0,88***	0,48*	0,81***	0,55*
CICe					0,80***	-0,22	0,34	-0,12
Fe _o						0,32	0,46*	0,28
Al _o							0,36	0,90***
Fe _p								0,59**

Nivel de significación: * P < 0,05; ** P < 0,01; *** P < 0,001

Tras adicionar cantidades crecientes de fósforo a una porción de 100 g de suelo agotado (P Mehlich 3 < 5 mg P kg⁻¹), se calcularon a los 30 días para todos los niveles de adición, los índices de disponibilidad (ID). Estos se definieron como la proporción entre el incremento del fósforo Mehlich 3 y el total de fósforo aplicado a los suelos. El motivo principal de seleccionar y calcular el ID en este estudio, es hallar la cantidad de fósforo necesario para alcanzar un nivel de P Mehlich 3 (Fixen y Crove, 1990).

El ID medio para los niveles 30 y 60 mg P kg⁻¹, oscilaba entre 0,08 y 0,36 (media = 0,18) y estaba negativa y significativamente correlacionada con el Al_o ($r = -0,46^*$) y positivamente con el contenido de arcilla ($r = 0,57^{**}$), pero no con otras propiedades del suelo, lo que sugiere, en principio, la menor importancia de otros componentes en la pérdida de disponibilidad del fósforo. La correlación positiva entre el índice de disponibilidad y la cantidad de arcilla puede deberse a la débil correlación entre esta última variable y el contenido de aluminio y hierro extraídos con oxalato ácido.

En un análisis de regresión múltiple, tomando el Al_0 y el contenido de arcilla, se obtiene una varianza explicada del 45%. Dicha varianza aumenta cuando se considera el contenido de los óxidos de hierro poco cristalinos (Fe_0) en lugar de (Al_0), siendo las ecuaciones:

$$ID = 0,11 + 0,0004Ar - 1,12 Al_0 \quad R^2 = 0,45$$

$$ID = 0,17 + 0,0007Ar - 5,55Fe_0 \quad R^2 = 0,69$$

Comparando las dos ecuaciones de regresión, el coeficiente de regresión correspondiente al Fe_0 es superior al de Al_0 . Ello indica que los óxidos de hierro pobremente cristalinos dan probablemente una mejor medida de la superficie disponible para la adsorción de fosfato.

El ID medio para adiciones de fósforo de 90 y 150 mg P kg⁻¹ oscilaba entre 0,08 y 0,43 (media 0,25) y estaba correlacionado significativamente y negativamente con el contenido de materia orgánica, Fe_0 , Al_0 , Fe_p y Al_p ($r = -0,61^{***}$, $-0,51^*$, $-0,78^{***}$, $-0,45^*$ y $-0,77^{***}$, respectivamente). El análisis de regresión muestra que, tomando como variable el Al_0 con una varianza explicada de 60%, se llegó a una varianza del 68% y de 88% al añadirse el Fe_0 y el contenido de arcilla respectivamente:

$$ID = 0,36 - 3,06Al_0 \quad R^2 = 0,60$$

$$ID = 0,46 - 2,69Al_0 - 3,18Fe_0 \quad R^2 = 0,68$$

$$ID = 0,36 + 0,0006Ar - 5,91Fe_0 - 1,98Al_0 \quad R^2 = 0,88$$

Estos resultados indican que en comparación con otras propiedades del suelo, los óxidos de aluminio y hierro poco cristalinos abundantes en suelos no calcáreos, son los compuestos que dominan la sorción de fosfato (en términos estrictos, incluso a bajas concentraciones de fosfato en la disolución del suelo, las reacciones de adsorción vienen acompañadas por precipitación y oclusión en la fase sólida y por ello se suele utilizar el término genérico sorción). En suelos no calcáreos, los óxidos de hierro cristalinos son mucho menos abundantes que los óxidos de aluminio y hierro poco cristalinos. Por esta razón, los últimos deben presentar superficies de alta afinidad para la adsorción de fosfato, ya que la mayor superficie específica del Al_0 y Fe_0 hace que tengan mayor capacidad de adsorción de fosfato por unidad de masa. En este contexto, la mala correlación entre el ID medio para aplicaciones de 30 y 60 mg P kg⁻¹ y el Fe_0 parece ser el simple resultado de la correlación entre el Fe_0 y Al_0 ($r = 0,32$).

Se han comprobado que en los suelos de zonas húmedas y frías con alto contenido en hierro y aluminio (principalmente hierro) de poca cristalinidad y mayor superficie específica, hay una correlación entre la adsorción de fosfato y el hierro y aluminio extraíbles por oxalato amónico ácido y la capacidad de adsorción es bastante mayor que si tuvieran la misma cantidad de óxidos pero cristalinos (Monterroso *et al.*, 1996; Fernández, 1997). En otros estudios sobre diferentes grupos de suelos calcáreos bajo clima mediterráneo, se ha encontrado relación entre la cantidad de óxidos de hierro libre (dado por el hierro soluble al ditionito) y la adsorción de fosfato, comprobando que el contenido de diferentes formas de óxidos cristalinos condicionaba la adsorción, como consecuencia de las bajas concentraciones de óxidos amorfos en estos suelos (Torrent *et al.*, 1991).

En esta investigación, es difícil separar el efecto de los óxidos amorfos del efecto de la arcilla en la capacidad de adsorción de fosfato. Además los óxidos de aluminio y hierro están normalmente asociados a la fracción arcilla. En todo caso, y según la primera ecuación de regresión para ID medio de 90 y 150 mg P kg⁻¹, la ordenada en el origen es de solo 0,36 mg P kg⁻¹. Esto apoya la idea del papel activo de los óxidos amorfos en la adsorción y el secundario de la arcilla.

Por otra parte, y para adiciones de fósforo de 90 y 150 mg P kg⁻¹, tomando los contenidos de aluminio y hierro extraídos con pirofosfato, se obtiene una varianza explicada del 60%, siendo la ecuación:

$$ID = 0,40 + 4,35Fe_p - 3,15Al_p \quad R^2 = 0,60$$

Esto es debido al alto contenido de aluminio y hierro adsorbidos en los coloides orgánicos, ya que la evidencia de la capacidad de la materia orgánica para adsorber fosfato parece ser posible cuando hay aluminio y hierro adsorbidos. Diferentes estudios muestran que la materia orgánica puede disminuir la adsorción de fosfato debido a que los ácidos orgánicos se adsorben por intercambio de ligando y compiten con los lugares de adsorción del fosfato en la superficie de los minerales (Inskip y Silvertooth, 1988).

CONCLUSIONES

Las propiedades de los suelos seleccionados representaban adecuadamente los intervalos de variación esperados. Las correlaciones significativas obtenidas entre el índice de disponibilidad del fosfato añadido y ciertas propiedades del suelo, sugiere que los óxidos de aluminio y hierro poco cristalinos son los sorbentes más activos. Unos componentes también importantes en la sorción parecen ser los minerales de arcilla, aunque su capacidad de adsorción sea inferior a la de los óxidos amorfos. Alto contenido de aluminio y hierro adsorbidos en los coloides orgánicos puede disminuir la adsorción del fosfato en la superficie activa de los minerales.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad de Oviedo por financiar el proyecto MB035171.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BASCOMB, C.L., 1968. Distribution of pyrophosphate extractable iron and organic carbon in soils of various groups. *J. Soil Sci.*, **19**, 251-268.
- BLAKEMORE, L.C., 1978. Exchange complex dominated by amorphous material (ECDAM). En *The Andisol Proposal*, 21-22. Ed. G.D. Smith. Soil Bureau. DSIR. (New Zealand).
- BUONDONNO, A.; COPPOLA, E.; FELLECA, D.; VIOLANTE, P., 1992. Comparing test for soil fertility: 1. Conversion equation between Olsen and Mehlich 3 as phosphorus extractants for 120 soils of South Italy. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, **23**, 699-716.
- CAJUSTE, L.J.; ÁLVAREZ, V.H.; LAIRD, L.J., 1992. Evaluation of chemical extractants for assessing phosphate availability in volcanic ash soils. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, **23**, 2189-2206.
- FERNÁNDEZ MARCOS, M.L., 1997. Evaluación en cámara de crecimiento de tres métodos de determinación de fósforo asimilable en suelos no calcáreos. *Edafología*, **3**, 189-203.
- FIXEN, P.E.; CROVE, H.J., 1990. Testing soils for phosphorus. En *Soil testing and plant analysis*, 141-180. Ed. R.L. Westerman. SSSA Book Series 3. Madison, Wisconsin (USA).
- HOLFORD, C.R., 1997. Soil phosphorus: its measurement, and its uptake by plant. *Aust. J. Soil Res.*, **35**, 227-239.
- INSKEEP, W.P.; SILVERTOOTH, J.C., 1988. Inhibition of hydroxyapatite precipitation in the presence of fulvic, humic, and tannic acids. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, **52**, 941-946.
- LIN, C.; COLEMAN, N.T., 1960. The measurement of exchangeable aluminium in soil and clays. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, **24**, 444-446.
- MEHLICH, A., 1985. Mehlich 3 soil test extractant: A modification of Mehlich 2 extractant. *Soil Science and Plant Analysis*, **15**, 1409-1416.
- MOMBIELA, F., 1986. Importancia del abonado en la producción de los pastos de la zona húmeda española. *Pastos*, **16**, 27-55.
- MONTERROSO, C.; ÁLVAREZ, E.; FERNÁNDEZ MARCOS, M.L., 1999. Evaluation of Mehlich 3 reagent as a multielement extractant in mine soils. *Land Degradation and Development*, **10**: 35-47.
- MONTERROSO, C.; FERNÁNDEZ MARCOS, M.L.; ÁLVAREZ, E., 1996. Factors influencing phosphorus adsorption in mine soils in Galicia, Spain. *Sci. Total Environ.*, **180**, 137-145.
- RAU, B., 1994. New diagnostic techniques universal soil extractants. *Commun. Soil Sci. Plant anal.*, **25**, 799-816.
- SPSS, 2002. SPSS para windows, version 11.5. SPSS Inc. 1989-2002.
- TORRENT, J.; AFIF, E.; MATAR, A., 1991. Predicting the phosphate sorption characteristics of soils of the WANA region. En *Annual Report for 1990*, 105-110. Ed. Farm Resource Management Program. ICARDA. Aleppo (Syria).
- WALKLEY, S.J.; BLACK, I.A., 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Sci.*, **37**:29-38.

Efecto del suelo, nivel de fertilidad inicial y dosis de abonado sobre la retención de fósforo. Resultados preliminares

J. CASTRO INSUA¹, R. NOVOA MARTÍNEZ¹ y R. BLÁZQUEZ RODRÍGUEZ²

¹Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo. Apartado 10. 15080 A coruña. ²Laboratorio Agrario y Fito-patológico de Galicia. Mabegondo. A Coruña

RESUMEN: Se estudia la capacidad de retención de fósforo de cuatro tipos de suelo originados sobre granitos, sedimentos arenosos, pizarras y gabros en función del nivel de fertilidad inicial y la dosis de abonado. Los resultados indican que suelos de origen sedimentario presentan un porcentaje de retención significativamente inferior al resto de los suelos estudiados. En todos los suelos la capacidad de retención es directamente proporcional a la dosis aplicada e inversamente proporcional al nivel de fertilidad inicial.

Se obtuvieron dos ecuaciones que permiten estimar el porcentaje de retención de fósforo teniendo en cuenta la dosis aplicada y el nivel de fertilidad inicial. La ecuación para suelos sobre sedimentos arenosos es : %Retención = $35,54 + 0,24D - 0,20P_i$ ($r^2 = 0,65$); obteniéndose para los suelos sobre granitos, pizarras y gabros que % Retención = $65,4 + 0,15D - 0,49P_i$ ($r^2 = 0,82$)

Palabras clave: Fijación de fósforo, recomendaciones de abonado, fertilidad del suelo.

Effect of soil type, initial fertility level and fertilizer rate on soil phosphorus retention. Preliminary results

SUMMARY: Phosphorus retention capacity has been studied in function of the of initial fertility level and the fertilizer applied in four kinds of soils, originates on four kinds of parental rock, (granites, sandy sediments, slates and gabros).

The results show that sandy sediments presents a retention percentage significantly lower to the rest of the soils, In all the soils, the retention capacity is directly proportional to the applied dose and indirectly proportional to the initial level of fertility.

Two equations were got, one for sandy sediments and another for the rest kinds of soils, that allow to estimate the percentage of phosphorus retention in function of applied dose of phosphorus and the initial soil phosphorus fertility. The equation for sandy sediments is : %Retención = $35,54 + 0,24D - 0,20P_i$ $r^2 = 0,6521$; for the rest kinds of soils the equation were got % Retención = $65,4 + 0,15D - 0,49P_i$ $r^2 = 0,82$

Key words: Phosphorus fixation, fertilizer recommendations, soil fertility.

INTRODUCCIÓN

Desde el punto de vista de la nutrición de las plantas, se pueden considerar diferentes componentes de fósforo en el suelo, en función de su distinta disponibilidad para la extracción por las raíces de las mismas (Mengel y Kirkby, 2001):

- El fósforo en la solución del suelo completamente accesible, que supone una pequeña fracción del fósforo total.
- El fósforo del suelo inaccesible o insoluble, denominado no lábil, que supone más del 90% del fósforo total y que se puede encontrar en los fosfatos minerales primarios, en el humus, en los fosfatos insolubles de calcio, hierro y aluminio y en óxidos e hidróxidos de hierro y aluminio.
- El fósforo insoluble pero accesible, denominado lábil, que está en equilibrio rápido con el fosfato de la solución del suelo y que se libera cuando el fósforo en solución es extraído por las raíces de las plantas.

Greenwood (1981), afirma que solo una pequeña cantidad, del orden del 15% del fósforo aplicado a los suelos, es utilizado por las cosechas de forma inmediata, el resto del fósforo se convierte en formas insolubles de la fracción no lábil, siendo cada vez más difícil la utilización de este fósforo por los cultivos en años

sucesivos. La disponibilidad del fósforo está regulada por diferentes factores (Schofield,1955): el factor cantidad (Q), el factor intensidad (I) y el factor buffer. El factor cantidad se refiere a la cantidad potencial disponible de un determinado nutriente; el factor intensidad nos indica la concentración de un determinado nutriente disponible en la solución del suelo, y el factor buffer nos indicaría la capacidad del suelo de mantener la intensidad (capacidad buffer = variación de Q/variación de I).

Suelos con alta capacidad buffer tienen una proporción de desadsorción alta, así pues la concentración óptima de fósforo en la solución del suelo puede ser baja si la capacidad buffer es alta y viceversa; esto explica que cultivos desarrollados sobre suelos, cuyos análisis dan un contenido en fósforo bajo, no presenten deficiencia de este elemento debido a que la extracción de la solución efectuada por las raíces se ve compensada por una renovación procedente de la fase sólida del suelo.

El fenómeno de la retención o fijación depende de las diferentes condiciones edáficas que convierten las formas asimilables del fósforo en formas no asimilables. En suelos muy ácidos, pueden aparecer fosfatos de hierro y aluminio que son insolubles, así mismo pueden quedar bloqueados los fosfatos que se introducen en el interior de algunas arcillas expandibles y los adsorbidos sobre los coloides arcillosos, cuando estos evolucionan hacia formas cristalinas insolubles (Duchaufour,1975).

La ecuación básica de la fertilización es un balance de masa (Rémy y Marin-Lafleche,1974, Rémy 1982, Colomb,1982,Clerc et al,1982, Balland,1984, Quemener et al,1985, Rémy 1985 y Guigou,1989, citados por Saña Vilaseca et al.,1996):

Fertilización = Extracción \pm Variación de la reserva asimilable \pm Variación de la reserva no asimilable + Pérdidas

En las recomendaciones de abonado habituales sólo se contempla la extracción de los cultivos y un porcentaje de ésta, que se suma o resta según convenga mejorar la reserva asimilable de un determinado elemento fertilizante del suelo pobre, o reducir la de uno excesivamente rico respectivamente.

El objetivo de este ensayo es ajustar las recomendaciones de abonado fosfórico a la diferente capacidad de retención de fósforo de distintos suelos gallegos.

MATERIAL Y METODOS

Se planteó un ensayo en macetas con 4 tipos de suelo originados a partir de 4 rocas madre: granitos (Palas de Rei, Lugo), pizarras (Monfero, A coruña), sedimentos arenosos (Castro de Rei, Lugo) y rocas básicas (Tordoia, A coruña). Para cada tipo de suelo se seleccionaron 3 niveles diferentes de fertilidad fosfórica inicial (Pi), (Olsen): nivel bajo (suelos de monte), nivel medio (pradera) y nivel alto (pradera) según se muestra en la tabla 1.

Tabla 1. Niveles de fertilidad fosfórica inicial de los suelos seleccionados

Origen del suelo	Nivel bajo (ppm)	Nivel medio (ppm)	Nivel alto (ppm)
Rocas básicas	1	51	78
Materiales sedimentarios	4	51	184
Pizarras	5	28	79
Granitos	8	10	75

A partir de la base de datos del CIAM se localizaron las parcelas representativas de los tipos de suelos y de los niveles iniciales de fertilidad; en cada una de estas parcelas se extrajo la tierra de los 10 primeros centímetros, tomando pequeñas cantidades en distintos puntos de las parcelas hasta conseguir la cantidad de tierra necesaria. Se homogeneizó la tierra y se tamizó con luz de malla de 2 mm; posteriormente se llenaron cada una de las macetas con 750 g de tierra y se colocaron en un invernadero, aplicando a cada suelo y a cada

uno de los tres niveles, 4 dosis diferentes de fósforo: 0, 50, 100 y 200 kg P₂O₅ ha⁻¹ respectivamente. Estableciendo 3 repeticiones de cada uno de los tratamientos lo que supuso un total de 144 macetas.

La preparación de la dosis para cada una de las macetas se hizo de forma proporcional a la superficie (346,18 cm²) pesando la cantidad correspondiente de fósforo que se disolvió en 50 cc de agua con la que se regó de forma manual las macetas. Así mismo, se realizó un abonado de fondo en todas las macetas con 60 y 100 kg ha⁻¹ de N y K₂O respectivamente y se encaló con 2500 kg ha⁻¹ de carbonato cálcico (98 %) en los suelos de monte y de 1000 kg ha⁻¹ en los demás suelos, preparando la dosis para cada una de las macetas de la misma forma que en el caso anterior.

Posteriormente cada una de las 144 macetas fue sembrada con 30 kg ha de raigrás italiano (*Lolium multiflorum* lam.), variedad promenade. Se dieron 5 cortes a lo largo del año 2001: 4 mayo, 6 de junio, 4 julio, 30 de julio y 4 de septiembre; se midió la producción (materia seca y materia verde) y se analizó el contenido de fósforo en la planta (Método PE/LAFIGA/AF04) para calcular las extracciones (Pex). Después de cada uno de los cortes, se efectuó una aplicación de nitrógeno de 50 kg ha⁻¹ en cada una de las macetas.

Las macetas se regaron durante todo el año, variando las dosis según la época. Transcurridos 12 meses se muestreó cada una de las macetas, tomando 3 submuestras en cada una de ellas con un pequeña sonda y se volvió a determinar el fósforo en la solución del suelo en cada una de las macetas (Pf) por el método Olsen (Método PE/LAFIGA/SU05).

Para la obtención empírica del porcentaje de retención de cada tipo de suelo se planteó el modelo siguiente:

% retención = P retenido / ((Pi) + (Pap)) * 100, donde el fósforo retenido se obtiene de la siguiente forma:

P retenido = P inicial en solución (Pi) + P aportado (Pap) - P extraído por las plantas (Pex) - P final en solución (Pf)

Los datos que se obtuvieron se analizaron con la aplicación PROC GLM DE SAS.

La comparación entre medias se hizo con el est LSD (diferencia mínima significativa).

RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados del ANOVA, reflejado en la Tabla 2, muestran que existen diferencias significativas entre suelos de origen distinto y entre dosis de fósforo aplicado; las repeticiones y la interacción suelo*dosis no resultó ser significativa.

Tabla 2. Resultado del anova para la retención.

Factores de variación	M.S
Repetición	24,06 n.s.
Origen suelo	2235,92**
Dosis	5887,92**
Suelo*Dosis	164,60 n.s

MS :cuadrados medios; ** significativo p < 0,001 ;
n.s.: no significativo

El suelo desarrollado sobre sedimentos arenosos es significativamente diferente a todos los demás Tabla 3, es decir, la capacidad de retención de este suelo es significativamente inferior a los otros tipos de suelos, para todas las dosis de abonado aplicado y partiendo de los tres niveles iniciales de fertilidad.

Los suelos cuyo origen son pizarras, gabros y granitos no muestran diferencias significativas lo que contradice trabajos anteriores que afirman que los suelos sobre gabros y anfibolitas son más retentivos que los formados sobre granitos pizarras y esquistos (Fernández y Castro,1996; Castro y Mateo, 1997), aunque se debe hacer la salvedad de que estos datos se han obtenido en el laboratorio (Saunders,1964) y no de forma directa como los que se acaban de exponer.

Tabla 3. Diferencia entre medias

Origen suelo	Retención media %
Rocas básicas	66,8 a
Granito	63,8 a
Pizarras	61,4 a
Sedimentario	44,5 b

Suelos con letras diferentes difieren significativamente (LSD)

Se obtuvieron ecuaciones que permiten estimar la retención de fósforo en los 4 suelos estudiados, en función del nivel inicial de fertilidad del suelo y las dosis de fósforo aplicadas; se desarrollaron sólo dos ecuaciones lineales para los cuatro tipos de suelos por haber únicamente dos grupos significativamente diferentes.

– Ecuación para suelos sobre sedimentos arenosos:

$$\% \text{ Retención} = 35,54 + 0,24D - 0,20P_i$$

$$r^2 = 0,6521 \quad p < 0,001$$

(D = dosis; P_i = nivel de fósforo inicial del suelo).

– Ecuación para suelos sobre granitos, pizarras y gabros,

$$\% \text{ Retención} = 65,4 + 0,15D - 0,49P_i$$

$$r^2 = 0,82 \quad p < 0,001$$

Se observa que el porcentaje de retención del suelo es directamente proporcional a la dosis aplicada e inversamente proporcional al nivel de fósforo inicial.

La estimación de la retención mediante estas ecuaciones es de utilidad para calcular las pérdidas en el suelo en el momento de efectuar las recomendaciones de abonado basadas en los ciclos de nutrientes, permitiendo un mayor ajuste a la hora de cubrir las necesidades de la planta con la dosis mínima.

Se comprueba que los distintos suelos gallegos tienen un comportamiento diferente al abonado fosfórico por lo que se recomienda ajustar las recomendaciones de abonado y revisar los niveles críticos de fertilidad en función del tipo de suelo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRADY, N. C.; WEIL, R. R., 1999. *The nature and properties of soils*. Twelfth edition. Prentice Hall, 881pp. USA.
- CASTRO, J.; MATEO, E., 1997. Evolución del fósforo en el suelo en praderas fertilizadas mediante un modelo basado en el ciclo de nutrientes. En *Actas de la XXXVII Reunión Científica de la SEEP*, 317-323.
- CHEN, C.R.; SINAJ, S.; CONDRON, L.M.; FROSSARD, E.; SHERLOCK, R.R.; DAVIS, M.R., 2003. Characterization of phosphorus availability in selected New Zealand grassland. *Soils nutrient cycling in agroecosystems*, **65**, 89-100.
- FERNÁNDEZ VÁZQUEZ, J.A.; CASTRO INSUA, J., 1996. Evolución de la fertilidad del suelo en pastizales procedentes de matorral. En *Actas de la XXXVI Reunión Científica de la SEEP*, 263-267.
- GREENWOOD, D. J., 1981. Fertilizer food production: world scene. *Fertilizer Research*, **2**, 31-51
- GUNARY, D.; SUTTON, C. D., 1967. Soil factors affecting plant uptake of phosphate. *J. Soil Sci*, **18**, 167-173
- MENGEL, K.; KIRKBY, A., 2001. *Principles of plant nutrition*. Kluwer Academic Publishers, 849 pp. Dordrecht (The Netherlands).
- SAÑA VILASECA, L.; MORÉ RAMOS, J.; COHÍ RAMON, A.; 1996. *La gestión de la fertilidad de los suelos*. Ministerio de agricultura pesca y alimentación, 277 pp. Madrid (España).
- SAUNDERS, W., 1964. Phosphate retention by New Zealand soils and its relationship to free sesquioxides, organic matter, and other soil properties. *New Zealand J. agric. Res.* **8**, 30-57.
- SCHOFIELD, R.K., 1955. Can a precise meaning be given to "available" soil phosphorus?. *Soil and Fertilizers* **28**, 373-375.

Comparación de la ceniza de madera con la caliza molida en el establecimiento de praderas en suelos ácidos

M^a.C. SANTOALLA¹, N. DÍAZ², J. PIÑEIRO², A. TELLA³ y A. MERINO³

¹Servicio de Infraestructuras Agrarias. Delegación Provincial da Consellería de Política Agroalimentaria e Desenvolvemento Rural. Plaza Luis Seoane, s/n. 15008 A Coruña (España). ²Centro de Investigacións Agrarias de Mabegondo. Apartado 10. 15080 A Coruña (España) ³Departamento de Edafología y Química Agrícola. Escola Politécnica Superior. Universidad de Santiago de Compostela. Avenida de Madrid s/n. 27001 Lugo (España)

RESUMEN: En Galicia existen numerosas industrias forestales que queman corteza de los árboles para generar energía para su proceso productivo, lo que genera gran cantidad de cenizas que en su mayor parte se envían a vertederos autorizados. Para comprobar su posible utilización como abono y enmienda de suelos ácidos en el establecimiento de praderas se sembró, en septiembre de 2001, una mezcla de gramíneas y leguminosas a la que se le aplicaron distintas dosis de abonos y cenizas. El diseño experimental fue el de bloques al azar con ocho tratamientos y cuatro repeticiones: 1) Testigo (sin cal, cenizas o fertilizantes), 2) Fertilizante [F (kg/ha) = 40N-120P₂O₅-120K₂O] sin cal, 3) Caliza3 (3 t/ha caliza molida), 4) Caliza3+F, 5) Ceniza6 (6 t/ha ceniza), 6) Ceniza6+F, 7) Ceniza12 (12 t/ha ceniza) y 8) Ceniza12+F. Se hicieron tres aprovechamientos en 2002 y tres en 2003. Se determinó la producción total y su composición botánica en gramíneas y leguminosas, sembradas y espontáneas, y otras especies, y se tomaron muestras de suelo para conocer la evolución de los parámetros químicos. Tanto el análisis del suelo como los resultados de producción demuestran que las cenizas tienen un claro efecto fertilizante y corrector de la acidez del suelo.

Palabras clave: Acidez, fertilidad del suelo, gramíneas, leguminosas.

Comparison between wood ash and ground limestone in the establishment of leys in acid soils

SUMMARY: Galician forestry industries (NW Spain) burn bark to generate energy to be used in the factory process. This leads to the generation of big amounts of ash that in most cases is disposed in authorised land-fields at high cost without any use. In order to investigate its value as fertiliser and as soil acidity corrector for the establishment of pastures in acid soils, a grass-legume mixture was sown in September 2001 using different rates of ash and fertilisers. A randomised block design with eight treatments and four replications was established: 1) Control (no lime, no ash, no fertilisers), 2) Fertilisers [F(kg/ha) = 40N-120P₂O₅-120K₂O] without lime, 3) Limestone3 (3 t/ha of ground limestone), 4) Limestone3+F, 5) Ash6 (6 t/ha of wood ash), 6) Ash6+F, 7) Ash12 (12 t/ha of wood ash) and 8) Ash12+F. Three cuts were given in 2002 and three in 2003. Yield and its botanical composition in grasses and legumes, sown and native, and other species were recorded. Also, soil samples were collected to follow the evolution of soil nutrients content. Soil analysis and yield results show that ash has a clear fertiliser and liming effect.

Key words: Acidity, soil fertility, grasses, legumes

INTRODUCCIÓN

La naturaleza de la roca madre y la abundancia de precipitaciones hacen que la baja fertilidad de los suelos de las áreas no cultivadas de Galicia sea uno de los factores más importantes a tener en cuenta para el establecimiento de praderas. La acidez generalizada, con un alto contenido de aluminio en el complejo de cambio, y la falta de fósforo son los aspectos más sobresalientes de su baja fertilidad (Mombiola, 1983 y 1986).

Las cenizas obtenidas de la combustión de la madera presentan un elevado contenido en nutrientes limitantes para la producción agrícola, principalmente Ca, Mg y P (presente como fosfato mixto de Ca y Mg de solubilidad intermedia). Este hecho, junto a su elevado contenido en carbonatos y elevados valores de pH, hace que puedan ser empleadas como fertilizantes y encalantes de suelos ácidos. Además, las cenizas presentan varias ventajas con respecto a otros residuos agroindustriales, como es el bajo contenido en N (menor riesgo de contaminación por NO₃⁻) y bajos contenidos en metales pesados, tanto totales como asimilables.

En Galicia existen, al menos, 11 grandes empresas de transformación de la madera, entre las que destacan las dedicadas a la elaboración de tableros y pasta de papel. En dichas empresas se produce energía a partir de la quema de restos no maderables de árboles, fundamentalmente corteza. Las producciones de cenizas diarias en cada industria oscilan entre 3 y 10 t (Merino y Fernández, 2002). A falta de una salida viable, estas plantas acumulan grandes cantidades de cenizas procedentes de las calderas, con el consiguiente perjuicio económico, de espacio y de manipulación, siendo su utilización como fertilizante y enmendante de suelos ácidos una posible solución. En este momento, la mayor parte de las cenizas se envían a vertederos, si bien se empiezan a utilizar algunas en suelos agrícolas y forestales, mezcladas con lodos de plantas de aguas residuales urbanas, o en la recuperación de suelos degradados. Para disponer de más información local sobre su posible uso en terrenos agrícolas, se estableció un experimento con el objetivo de conocer las posibilidades de las cenizas generadas en plantas de bioenergía como sustancias enalantes y fertilizantes de suelos ácidos para el establecimiento de praderas.

MATERIAL Y MÉTODOS

El experimento se localizó en la Finca que el Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo (CIAM) posee en Marco da Curra (Monfero, A Coruña) situada a 650 m de altitud, con suelo de esquistos, sobre un terreno que albergaba una pradera de raigrás inglés, raigrás híbrido y trébol blanco, sembrada en 1978 sobre tierras previamente ocupadas por matorral. Esta pradera, que se aprovechaba básicamente para ensilar, necesitaba renovación porque estaba muy deteriorada por pérdida de la mayoría de las especies sembradas. En el momento inicial el pH (H₂O) del suelo era de 5,1; el contenido en P de 28 mg kg⁻¹ (método Olsen, extracción en CO₃HNa 0,5 M) y en K de 79 mg kg⁻¹ (extracción en NO₃NH₄ 1N), y la saturación del complejo de cambio por Al del 52% (extracción en Cl₂Ba 0,6N). Con estos datos de partida se recomendaría la corrección de la acidez y el abonado con fósforo y potasio en el establecimiento de una nueva pradera. Eran, por tanto, esperables respuestas a la enmienda y al abonado.

Para facilitar el proceso de laboreo previo a la siembra de la nueva pradera, se trató la vieja con *roundup* (producto activo: glifosato) en julio de 2001, a razón de 5 L ha⁻¹ de producto comercial para eliminar la vegetación existente, en la que predominaban *Agrostis capillaris* L. y *Holcus lanatus* L. En agosto y septiembre se gradeó y el 29 de octubre se aplicaron los 8 tratamientos siguientes: 1) Testigo (sin cal, cenizas o fertilizantes); 2) Fertilizante (F= 40-120-120 kg ha⁻¹ de N-P₂O₅-K₂O) sin cal; 3) Caliza3 (3 t ha⁻¹ caliza molida); 4) Caliza3 + F; 5) Ceniza6 (6 t ha⁻¹ ceniza); 6) Ceniza6 + F; 7) Ceniza12 (12 t ha⁻¹ ceniza) y 8) Ceniza12 + F. El N se aportó en forma de nitrato amónico cálcico del 20,5 % y el P y K en forma de complejo 0-14-14. Las calizas utilizadas tenían una riqueza mínima del 90% de CO₃Ca y estaban finamente molidas (el 100 % pasaban por un tamiz de 0,25 mm). La ceniza utilizada era muy fina y fue suministrada por la empresa TAFIBER (Betanzos, A Coruña). Su composición química figura en la Tabla 1. No se aplicaron ni enmiendas ni fertilizantes en ninguna de las parcelas en el período que va desde el establecimiento hasta final del año 2003.

Tabla 1. Composición química de la ceniza

pH (en agua)	11,50
P total (g/kg)	4,16
K total (g/kg)	29,20
Ca total (g/kg)	120,75
Mg total (g/kg)	34,40

El diseño experimental utilizado fue de bloques al azar con 4 repeticiones, siendo la parcela elemental de 7 m de largo por 4,5 m de ancho. Las distintas repeticiones se separaron por pasillos de 3 m de ancho.

Para cuantificar el valor como enmienda se compararon dos niveles de aplicación de ceniza (6 y 12 t/ha) con un nivel de caliza molida (3t/ha). Asimismo, para valorar el efecto fertilizante cada uno de los niveles de enmienda se aplicó sólo o se complementó con un abonado de 40-120-120 kg/ha de N-P₂O₅-K₂O. La dosis de 3 t/ha de caliza molida suele recomendarse en suelos con analítica similar al de este experimento, con base en trabajos previos realizados por Piñeiro *et al.* (1977) y Mombiela y Mateo (1984).

El abono, la ceniza y la caliza se esparcieron manualmente en cada parcela. Después de su aplicación se pasó un rotovator pequeño para enterrarlos ligeramente. A continuación, se sembró manualmente cada parcela con una mezcla de raigrás inglés (*Lolium perenne* L.), raigrás híbrido (*Lolium x boucheanum* Kunth), trébol blanco (*Trifolium repens* L.) de hoja intermedia y trébol blanco de hoja grande. La semilla se enterró con ayuda de un rastrillo manual y posteriormente se pasó un rulo pequeño, también manualmente.

El procedimiento seguido para la toma de muestras de la vegetación y posterior análisis de laboratorio fue el siguiente: Para eliminar efectos de borde en sentido transversal, se cortó con una motosegadora dotada de un peine de 0,90 m una franja de 0,90 m centrada sobre la línea del lado menor de cada una de las parcelas elementales, con lo que se retiró el forraje de una franja de 0,45 m en cada uno de los extremos de la parcela, reduciendo con ello la longitud de muestreo a $7-2 \times 0,45 = 6,10$ m. Después de retirar este forraje, se cortaron dos franjas longitudinales de 0,90 m de ancho y 6,10 m de largo en cada una de las parcelas, centradas aproximadamente sobre líneas situadas a 1,5 m de los bordes longitudinales, resultando una superficie de muestreo de 10,98 m² por parcela, eliminando con este procedimiento también el efecto de borde longitudinal. Se pesó en campo toda la producción correspondiente a esas dos franjas, se mezcló bien y se tomó una muestra abundante de la producción obtenida (aproximadamente 2 kg) que se envió al laboratorio para análisis. Después se cortaron las superficies restantes y se retiró el forraje para que toda la parcela quedase en las mismas condiciones, dispuesta para un rebrote homogéneo. Se realizaron tres aprovechamientos en el año 2002 (24/6, 01/08 y 04/12) y otros tres en 2003 (09/06, 19/08 y 20/11).

En el laboratorio se hicieron dos submuestras: una de 300 g y otra de unos 150 g. La de 300 g se secó en estufa a 80 °C durante 17 horas para determinar el contenido en materia seca. Con la submuestra de 150 g se realizó manualmente una separación botánica gramíneas y leguminosas sembradas (raigrás inglés e híbrido y trébol blanco) y especies espontáneas (agrostis, holco, otras especies). Cada uno de los componentes de la mezcla se pesó en verde y se secó en estufa siguiendo el mismo procedimiento utilizado con la muestra de 300 g con el objeto de determinar la materia seca de cada una de las especies.

El 1 agosto de 2002 se tomaron muestras de suelo del perfil 0-10 cm para determinar pH, contenido en P y K y % de Al en el complejo de cambio.

Para el análisis de varianza de los datos y la separación de medias, por el método de Duncan, se utilizó el procedimiento GLM del programa estadístico SAS.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Tabla 2 muestra claramente el efecto de la aplicación de las calizas y las cenizas sobre la corrección de acidez del suelo (pH y saturación del complejo de cambio por Al). Puede deducirse que el efecto de aplicar 3 t ha⁻¹ de caliza sobre el pH fue intermedio entre el efecto de 6 y 12 t ha⁻¹ de cenizas, mientras que su acción sobre el porcentaje de saturación de Al estuvo próximo al de 12 t ha⁻¹ de cenizas. Estos datos ponen de manifiesto un claro poder encalante de las cenizas sobre los parámetros del suelo, como se demostró en experimentos previos realizados con cenizas procedentes de diferentes industrias madereras gallegas (Solla-Gullón *et al.*, 2001; Lastra *et al.*, 2002).

Tabla 2. Acidez del suelo (pH en agua) y % de saturación de aluminio en muestras tomadas el 1 de agosto de 2002, después del 2º corte del 1º año

Tratamiento	pH	% Saturación de Al
Testigo	5,1 a	54,2 a
Fertilizante	5,1 a	53,2 a
Caliza3	5,7 cd	13,5 c
Caliza3 + F	5,7 c	16,4 c
Ceniza6	5,5 b	28,4 b
Ceniza6 + F	5,5 b	25,8 b
Ceniza12	5,9 e	13,0 c
Ceniza12 + F	5,8 de	12,9 c

Las cantidades seguidas de igual letra, dentro de una misma columna, no son estadísticamente diferentes ($P < 0,05$)

Los distintos tratamientos influyeron tanto en la producción como en la composición botánica de la pradera (Tablas 3, 4 y 5) como era de esperar en este tipo de suelos, muy ácidos y deficientes en el contenido de potasio asimilable. Durante el primer año (2002) las principales gramíneas presentes fueron el raigrás inglés y el raigrás híbrido, sobre todo en el 1^{er} y 2^o corte. A partir del 3^{er} corte y durante el 2^o año (2003) el holco nativo fue desarrollándose progresivamente hasta convertirse en la gramínea dominante excepto en las parcelas Caliza3+F, Ceniza6+F, Ceniza12 y Ceniza12+F, lo que indica que una buena presencia del raigrás sembrado exige que se corrija la acidez y que se fertilice adecuadamente con fósforo y potasio (Tabla 4 y 5).

Tabla 3. Producción (t/ha, MS) total obtenida en cada corte y anual

Tratamiento	Producción año 2002				Producción año 2003			
	1 ^{er} corte	2 ^o corte	3 ^{er} corte	Total	1 ^{er} corte	2 ^o corte	3 ^{er} corte	Total
Testigo	0,4	1,2	1,0	2,7	3,3	1,2	0,3	4,8
Fertilizante	0,7	1,5	1,5	3,7	4,4	1,4	0,3	6,1
Caliza3	1,1	1,5	1,5	4,1	3,8	1,2	0,6	5,6
Caliza3 + F	1,3	2,3	1,8	5,3	4,7	1,7	0,7	7,1
Ceniza6	1,3	2,1	1,9	5,3	5,0	1,8	0,7	7,5
Ceniza6 + F	1,2	2,5	1,9	5,6	6,3	1,9	0,7	8,9
Ceniza12	1,5	2,3	2,1	5,9	6,1	2,3	1,0	9,4
Ceniza12 + F	1,4	2,6	2,2	6,2	6,4	2,9	1,0	10,3

Tabla 4. Producción total y composición botánica (t/ha, MS) en 1er año (2002)

Tratamiento	Gramíneas			Trébol blanco	Leguminosas		Otras ³	Total
	Raigrás ¹	Holco	Total		Otras leguminosas ²	Total		
Testigo	1,2 a	1,2 ab	2,4 a	0,1 a	0,07 abc	0,17 a	0,09 ab	2,66 a
Fertilizante	1,7 ab	1,4 a	3,1 ab	0,4 a	0,12 a	0,52 a	0,05 ab	3,67 ab
Caliza3	2,3 bc	1,3 ab	3,6 bc	0,4 a	0,07 abc	0,47 a	0,05 ab	4,12 b
Caliza3 + F	2,7 c	1,1 ab	3,8 bcd	1,4 b	0,05 bc	1,45 c	0,02 b	5,27 c
Ceniza6	2,9 c	1,4 a	4,3 cdc	0,9 c	0,11 ab	1,01 b	0,03 ab	5,34 c
Ceniza6 + F	2,9 c	1,3 ab	4,2 cde	1,3 b	0,03 c	1,33 c	0,10 a	5,63 c
Ceniza12	3,7 d	0,9 b	4,6 de	1,3 b	0,03 c	1,33 c	0,03 ab	5,96 c
Ceniza12 + F	3,8 d	0,9 b	4,7 e	1,4 b	0,05 bc	1,45 c	0,02 b	6,17 c

¹ Raigrás inglés y raigrás híbrido

² Otras leguminosas, fundamentalmente trébol violeta

³ Otras especies de hoja ancha

Las cantidades seguidas de igual letra, dentro de una misma columna, no son estadísticamente diferentes ($P < 0,05$)

Tabla 5. Producción total y composición botánica (t/ha, MS) en 2^o año (2003)

Tratamiento	Raigrás ¹	Gramíneas			Trébol blanco	Leguminosas		Otras ³	Total	
		Holco	Agrostis	Total		Loto	Otras legum ²			
Testigo	0,4 a	1,9 a	0,7 a	3,0 a	0,6 a	1,00 a	0,15 ab	1,75 ac	0,1 a	4,85 a
Fertilizante	1,0 ab	1,9 ab	0,2 b	3,0 a	1,2 abc	1,53 b	0,15 ab	2,88 b	0,1 a	6,08 b
Caliza3	1,7 bc	2,3 abc	0,3 b	4,3 b	0,9 ab	0,07 c	0,06 ab	1,03 c	0,2 a	5,53 ab
Caliza3 + F	3,3 de	2,2 abc	0,1 b	5,6 c	1,1 abc	0,03 c	0,19 a	1,32 ac	0,2 a	7,12 c
Ceniza6	2,6 cd	3,0 bc	0,1 b	5,7 c	1,4 abc	0,07 c	0,01 ab	1,48 ac	0,3 a	7,48 c
Ceniza6 + F	4,3 ef	2,8 abc	0,1 b	7,2 d	1,3 abc	0,05 c	0,00 b	1,35 ac	0,4 a	8,95 d
Ceniza12	4,1 e	3,1 c	0,3 b	7,5 d	1,7 bc	0,03 c	0,03 ab	1,76 ac	0,2 a	9,46 d
Ceniza12 + F	5,4 f	2,5 abc	0,1 b	8,0 d	1,9 c	0,02 c	0,04 ab	1,96 a	0,3 a	10,26 e

¹ Raigrás inglés y raigrás híbrido

² Otras leguminosas, fundamentalmente trébol violeta

³ Otras especies de hoja ancha

Las cantidades seguidas de igual letra, dentro de una misma columna, no son estadísticamente diferentes ($P < 0,05$)

La ausencia de abonado nitrogenado de mantenimiento durante los años 2001 y 2002 permitió un buen establecimiento del trébol blanco en las parcelas que recibieron cenizas y en la parcela encalada y abonada (Caliza3+F) (Tabla 4), lo que demuestra el efecto encalante y fertilizante de las cenizas. El loto espontáneo comenzó a establecerse durante el primer año en algunas parcelas, sobre todo en aquellas sin caliza o cenizas. Su contribución a la producción fue, sin embargo, prácticamente nula en este año. Por el contrario, y según se observa en la Tabla 5, en el segundo año fue la leguminosa dominante en las parcelas en las que no se corrigió la acidez (Testigo y Fertilizante).

En relación con la producción total de materia seca (MS) se observó un efecto similar al anteriormente señalado para las gramíneas y leguminosas sembradas. En el primer año, todas las parcelas que recibieron cenizas, incluidas aquellas que no recibieron fertilizante, forman parte del grupo significativamente más productivo en el que está también la parcela encalada y abonada (Caliza3+F). Esto demuestra una vez más el efecto encalante y fertilizante de la ceniza. En el segundo año, el grupo de las parcelas más productivas del primer año se subdivide en tres estadísticamente diferentes entre sí, estableciéndose el siguiente orden de mayor a menor producción total (letras e, d y c en Tabla 5): Ceniza12+F > Ceniza12, Ceniza6+F > Ceniza6, Caliza3+F, lo que refleja el efecto residual de las parcelas que han recibido dosis mayores en el establecimiento.

CONCLUSIONES

Los resultados expuestos en este artículo demuestran que la ceniza de madera generada en industrias forestales tuvo un claro efecto enmendante y fertilizante en establecimiento de praderas de raigrás y trébol blanco en suelos ácidos.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo es parte del Proyecto "Utilización de cenizas de madera procedente de plantas de bioenergía como enmendante y fertilizante de suelos agrícolas", con financiación del Ministerio de Medio Ambiente, que los autores agradecen.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- LASTRA, B.; OTERO, V.; SOLLA-GULLÓN, F.; CONDE, P.; SENDRA, E.; GALLEGOS, P.; MERINO, A., 2002. Fertilization of a kiwi plantation with wood ash: nutritional status and production. En *IX Simposio Ibérico sobre Nutrición Mineral de las Plantas*, 195-198.
- MERINO, A.; FERNÁNDEZ, A., 2002. Utilización de cenizas de madera procedentes de plantas de bioenergía como enmendante y fertilizante de suelos agrícolas. En *A borralla de madeira como enmenda e fertilizante de pradeiras sementadas en solos acedos*, 3. Seminarios CIAM 2002. Centro de Investigaciones Agrarias de Mabe-gondo. Abegondo (A Coruña)
- MOMBIELA, F., 1983. El estudio de la fertilidad del suelo en Galicia. Apuntes históricos y problemática general de la investigación sobre la acidez y la falta de fósforo. *Cuadernos del Área de Ciencias Agrarias. I Jornadas de Estudo sobre os Recursos básicos da Agricultura Galega*, 75-118. Publicaciones del Seminario de Estudios Gallegos. Santiago de Compostela.
- MOMBIELA, F.; MATEO, M.E., 1984. Necesidades de cal para praderas en terrenos "a monte". I) Su relación con el Al cambiante en suelos sobre granitos y pizarras de Galicia. *Anales INIA: Serie Agrícola*, 25, 129-143.
- MOMBIELA, F., 1986. Importancia del abonado en la producción de los pastos de la zona húmeda española. En *XXVI Reunión Científica de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos. Ponencias y Comunicaciones I*, 213-242. Oviedo (Asturias)

- PIÑEIRO, J.; GONZÁLEZ, E.; PÉREZ, M., 1977. Acción del fósforo, potasio y cal en el establecimiento de praderas en terrenos procedentes de monte. En *III Seminario INIA/SEA sobre Pastos, Forrajes y Producción Animal*, 53-82. Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias (INIA). Centro Regional de Investigación y Desarrollo Agrario de Galicia (CRIDA 01). A Coruña.
- SOLLA-GULLÓN, R.; RODRÍGUEZ-SOALLEIRO, R.; MERINO, A., 2001. Evaluación del aporte de cenizas de madera como fertilizante en un suelo ácido mediante un ensayo en laboratorio. *Investigación Agraria: Producción y Protección Vegetal*, **16(3)**, 379-393.

Efecto del encalado y de la fertilización fosfórica en pastos de montaña del Parque Natural de Gorbeia (Bizkaia) sobre las actividades enzimáticas del suelo

I. MIJANGOS¹, I. ALBIZU¹, I. AMEZAGA², S. MENDARTE¹, A. GALERA³ y C. GARBISU¹

¹NEIKER, A.B. C/ Berreaga, 1. 48160 Derio (Bizkaia) ²Dpto. Biología Vegetal y Ecología. Universidad del País Vasco. Apdo. 644. 48080 Bilbao ³Diputación Foral de Bizkaia. Dpto. de Agricultura. Servicio de Conservación y Espacios Naturales Protegidos. Avda. Madariaga, 1-1º. 48014 Bilbao

RESUMEN: La actividad pastoral arraigada en el Parque Natural (PN) de Gorbeia ha conformado ecosistemas complejos en los que la actual gestión se orienta a la compatibilidad del aprovechamiento ganadero con la conservación de los recursos naturales y la biodiversidad. En este contexto, la valoración de las actuaciones de mejora de pastos (fertilización y encalado, fundamentalmente) son importantes en la planificación de las mismas. El objetivo del presente trabajo es la evaluación del impacto de dichas prácticas sobre la salud del suelo a través de distintos indicadores físico-químicos y biológicos.

Para ello se establecieron dos ensayos en las dos comunidades pascícolas mayoritarias del área de estudio: pasto silíceo (Kurtzegán) y pasto montano (Arraba). El material parental, responsable de las diferencias observadas en las comunidades pascícolas, tiene asimismo un efecto claro sobre las actividades enzimáticas deshidrogenasa, β -glucosidasa, arilsulfatasa y ureasa, siendo significativas las diferencias para las dos primeras. La modificación del pH causada por los tratamientos enmendantes calizos tiene un efecto positivo sobre la población microbiana viable. Las actividades enzimáticas son una herramienta útil para evaluar el efecto de las prácticas agrarias sobre la salud de los suelos de los pastos de montaña.

Palabras clave: Salud suelo, pasto silíceo, pasto montano, conservación.

Effect of liming and phosphoric fertilization on soil enzyme activities in rangelands of Gorbeia Natural Park (Biscay)

SUMMARY: The grazing activity in the Gorbeia Natural Park has led to the formation of highly complex ecosystems whose management is currently being focused towards both conservation and animal production. In this respect, the assessment of the impact of different agricultural practices (*i.e.*, liming, fertilization) on soil health is an essential step, prior to the establishment of sound management practices. The aim of the current work was to evaluate the impact of these practices on soil health through the quantification of physicochemical and biological indicators.

In order to do so, two assays were established in two of the most important grassland communities present in the area, *i.e.*, Kurtzegán (siliceous pasture) and Arraba (mountainous pasture). The parent material, responsible for the observed differences in grassland structure, had also a marked effect on deshydrogenase, β -glucosidase, arylsulphatase and urease activities. As a matter of fact, the effect of the parent material on deshydrogenase and β -glucosidase was statistically significant. The pH change caused by liming and sand treatments had a significantly positive effect on the population of viable microbial cells. Biological indicators (*i.e.*, soil enzyme activities) appear to be useful tools for the evaluation of the impact of agricultural practices on soil health in rangelands.

Key words: Soil health, siliceous pasture, mountainous pasture, conservation.

INTRODUCCIÓN

A menudo, las diversas funciones del suelo (e.g., provisión de alimentos, fibra y combustible; descomposición de la MO; reciclaje de nutrientes; fijación de N_2 ; detoxificación de contaminantes; depuración del agua y aire; etc.) se ignoran y se contempla el suelo como un ente inanimado compuesto por minerales y sustancias químicas. Asimismo, la unión existente entre la biota del suelo, su salud, y la de las plantas, animales y seres humanos, raramente es tenida en consideración.

En este contexto, es clara la importancia de la existencia de unos indicadores de la salud del suelo para poder cuantificar su estado y así poder tomar las decisiones y medidas necesarias que aseguren su preservación. Tradicionalmente, se ha focalizado la investigación sobre aquellos indicadores que reflejaban las propiedades físicas y químicas del suelo. Recientemente, los indicadores biológicos empiezan a mostrar su gran potencial, entre otras razones, debido a su carácter integrador, y su mayor sensibilidad y velocidad de respuesta frente los cambios en el sistema, con lo que se puede reaccionar con la antelación requerida antes de que se originen cambios y perturbaciones irreversibles.

Entre los diversos bioindicadores de la salud del suelo, los enzimas actúan como mediadores y catalizadores de la mayoría de los procesos del suelo y, por lo tanto, presentan un gran potencial para suministrarnos una evaluación integradora de la salud del suelo. Aunque es bien cierto que algunos enzimas existen únicamente en células viables, suministrando así información sobre la actividad del componente biológico de los suelos, la mayoría de los enzimas están presentes tanto en las células viables como en forma de enzimas extracelulares en la solución del suelo o complejadas a la matriz del mismo (Burns y Dick, 2002). Gracias a esta última característica tenemos la oportunidad de incorporar un componente "histórico" a nuestros ensayos enzimáticos, de forma que se reflejen los cambios acumulados en el tiempo sobre la salud del suelo.

En este trabajo, se ha estudiado la posibilidad de utilizar diversas actividades enzimáticas para cuantificar el efecto de diferentes prácticas agrarias en los pastos del Parque Natural de Gorbeia.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se establecieron ensayos en dos zonas que albergan los dos tipos de comunidades pascícolas dominantes en Gorbeia: pasto silicícola en la zona de Kurtzegán (Orozko) y pasto montano en la zona de Arraba (Zeanuri) (Amezaga *et al.*, 2003).

En ambas zonas se diseñó un ensayo experimental con cuatro réplicas para cada tratamiento distribuidas en bloques al azar, siendo la dimensión de cada parcela de 10 x 10 m.

En el ensayo de Arraba se llevaron a cabo tres tratamientos; dos enmiendas calizas: cal viva (2429 kg ha⁻¹ de 92% CaO) y arena (4600 kg ha⁻¹ de arena de la cantera de Orozko, de 47,23% CaO) y un control. En total el ensayo albergaba una superficie de 30 x 40 m (3 tratamientos x 4 réplicas = 12 parcelas).

En la zona de Kurtzegán se añadieron dos nuevos tratamientos a los ya descritos para Arraba, que consistieron en la aplicación de dos tipos de abono fosfórico: uno certificado como ecológico (Eurobio 26% P₂O₅ y 42% CaO) y otro no ecológico (Superfosfato cálcico con una riqueza de 18% P₂O₅ y 21% CaO). Con objeto de aplicar la misma dosis de fósforo (23 Kg P₂O₅ ha⁻¹) en ambos tratamientos, se emplearon 88,5 kg ha⁻¹ y 127,8 kg ha⁻¹, respectivamente. La superficie total del ensayo fue de 50 x 40 m (5 tratamientos x 4 réplicas = 20 parcelas).

Se realizó un primer muestreo el 15 de abril de 2003, justo antes del establecimiento de los ensayos. Posteriormente, se llevaron a cabo muestreos mensuales siendo el último el 20 de octubre de 2003, coincidiendo con el fin del periodo de pastoreo.

Se tomó una muestra de suelo de cada una de las parcelas del ensayo, compuesta por aproximadamente 15 submuestras que fueron recogidas al azar con ayuda de una sonda (corer) de 2,5 cm de diámetro y 10 cm de profundidad (Robertson *et al.*, 1999).

En un periodo no superior a 15 días, las muestras se desmenuzaron manualmente para proceder a su secado en estufa a 30°C durante 2-3 días. Se tamizaron (2 mm) y se almacenaron a 4°C hasta la fecha de análisis.

Se realizó el análisis físico-químico de dichas muestras determinándose los siguientes parámetros: pH, materia orgánica, N total, relación C/N, P Olsen, K extraíble, Ca y Mg intercambiable, % Saturación de Al y capacidad de intercambio catiónico.

Se analizaron las actividades de los siguientes enzimas: deshidrogenasa, arilsulfatasa, ureasa, fosfatasa ácida y β-glucosidasa. El análisis de la actividad deshidrogenasa se realizó en muestras de suelo fresco por lo que en su preparación se obvió el paso de secado a 30°C anteriormente descrito.

Para la cuantificación de estas actividades enzimáticas se empleó el método basado en la determinación colorimétrica de sus productos de hidrólisis bajo condiciones controladas de laboratorio, según en los procedimientos descritos por Dick *et al.* (1996) y Taylor *et al.* (2002).

Los datos de las actividades enzimáticas se expresan en porcentaje respecto al valor máximo encontrado para cada actividad. Estos valores máximos fueron: arilsulfatasa = 1160 mg 4-Nitrofenol kg⁻¹ suelo seco hora⁻¹; b-glucosidasa = 311 mg 4-Nitrofenol kg⁻¹ suelo seco hora⁻¹; fosfatasa ácida = 3164 mg 4-Nitrofenol kg⁻¹ suelo seco hora⁻¹; Ureasa = 472 mg N-NH₄⁺ kg⁻¹ suelo seco 2 hora⁻¹; deshidrogenasa = 202 mg INTF kg⁻¹ suelo seco 20 hora⁻¹.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los suelos de Arraba y Kurtzegan muestran diferencias significativas (p < 0,05) entre sí en la mayoría de los parámetros analizados, tanto físico-químicos como biológicos, con independencia del tipo de tratamiento aplicado (Tabla 1). Las diferencias más acusadas entre ambas zonas se basan en la acidez/basicidad del suelo (pH, Ca y Al) y la mineralización de la materia orgánica (MO) (porcentaje de MO y N total), lo cual influye asimismo en las diferencias observadas en los parámetros biológicos integradores de estas condiciones (Burns y Dick, 2002). El suelo de Arraba, debido a su formación sobre material calizo, muestra un pH medio significativamente más elevado que el de Kurtzegan, valor asociado a un contenido en calcio y aluminio significativamente mayor y menor, respectivamente.

Sin embargo, tras las enmiendas calizas, estas diferencias entre áreas dejan de ser significativas para los contenidos de Ca y % Sat. Al, y para el pH sólo en las parcelas tratadas con arena caliza; al tiempo que las parcelas tratadas con cal viva y arena caliza en Kurtzegan presentan una acidez, pH y parámetros relacionados, significativamente menor que las parcelas control (Tabla 1).

La mayor acidez natural de los suelos de Kurtzegan puede estar contribuyendo a ralentizar la actividad microbiana de la biota del suelo, de la que depende la tasa de descomposición de la materia orgánica, como se refleja en los contenidos en MO y N total significativamente mayores encontrados en Kurtzegan (Tabla 1). No obstante, las muestras de esta zona presentaban una gran densidad de raíces que no pudieron ser extraídas en su totalidad del suelo (sí fue posible en los suelos de Arraba) por lo que pueden estar contribuyendo a sobredimensionar los ya de por sí altos valores de MO en Kurtzegan.

Tabla 1. Valores medios (±EE) de los parámetros físico-químicos significativos y las actividades enzimáticas frente a los distintos tratamientos en los ensayos de Arraba y Kurtzegan en octubre de 2003

	ARRABA			KURTZEGAN		
	Control	Cal viva	Arena	Control	Cal viva	Arena
pH	4,63±0,03 ^{aa}	4,70±0,10 ^{ba}	4,63±0,03 ^{aa}	4,20±0,10 ^{bb}	4,50±0,00 ^{bb}	4,47±0,07 ^{aba}
Ca (mg/L)	775,7±60,65 ^{aa}	904,7±125,3 ^{aa}	951,7±215,7 ^{ba}	418,0±42,14 ^{bb}	1067±171,1 ^{ba}	864,7±145,3 ^{ba}
Al (%)	53,23±0,47 ^{aa}	47,03±2,49 ^{ba}	47,50±5,54 ^{aba}	70,80±1,62 ^{bb}	39,80±7,64 ^{ba}	49,20±3,93 ^{ba}
MO (%)	9,42±0,37 ^{aa}	9,86±0,10 ^{aa}	10,58±0,54 ^{aa}	32,24±2,49 ^{bb}	29,08±0,67 ^{bb}	30,48±2,48 ^{bb}
N total (%)	0,46±0,02 ^{aa}	0,49±0,01 ^{aa}	0,50±0,01 ^{aa}	0,94±0,02 ^{bb}	0,93±0,07 ^{bb}	0,97±0,07 ^{bb}
Deshidrogenasa %	55,43±3,93 ^{aa}	70,73±2,84 ^{ba}	72,56±6,99 ^{ba}	14,50±5,14 ^{bb}	27,79±0,47 ^{bb}	21,84±2,42 ^{bb}
Arilsulfatasa (%)	65,93±7,54 ^{aa}	75,39±2,25 ^{aba}	79,51±1,68 ^{ba}	45,53±17,89 ^{aa}	56,80±7,65 ^{bb}	58,74±6,36 ^{bb}
Ureasa (%)	37,58±2,61 ^{aa}	41,35±2,72 ^{aa}	43,69±2,91 ^{aa}	49,85±10,68 ^{ba}	74,37±13,75 ^{ab}	79,36±7,96 ^{bb}
Fosfatasa ácida (%)	56,84±3,94 ^{aba}	61,78±4,81 ^{ba}	51,63±1,57 ^{aca}	47,55±13,38 ^{ba}	73,73±13,19 ^{ba}	70,31±8,31 ^{bb}
β-Glucosidasa (%)	76,70±6,88 ^{aa}	86,49±6,98 ^{ba}	80,41±6,09 ^{aa}	48,19±8,71 ^{bb}	52,88±1,48 ^{bb}	51,88±2,34 ^{bb}
	Control			Control	Eurobio	Superfosfato
P Olsen (mg/L)	7,00±0,58 ^a			8,67±0,88 ^{bb}	6,33±1,45 ^a	8,67±1,20 ^a

Valores seguidos por la misma letra mayúscula dentro de cada área no difieren significativamente entre tratamientos (p < 0,05) según el test de U-Mann Whitney. Valores seguidos por la misma letra minúscula para cada tratamiento no difieren significativamente entre áreas (p < 0,05) según el test de U-Mann Whitney

La influencia del grado de acidez/ basicidad del suelo se ve también reflejada en las actividades enzimáticas analizadas: las actividades deshidrogenasa (indicadora de la población microbiana viable) y β -glucosidasa (cuyos productos de hidrólisis de polímeros de C constituyen una importante fuente de energía para los microorganismos del suelo) son siempre significativamente mayores en Arraba y, tras las enmiendas calizas, también lo es la actividad arilsulfatasa (que libera iones sulfato en forma disponible para plantas y microorganismos) (Burns y Dick, 2002). Las parcelas control también muestran mayor actividad arilsulfatasa en Arraba, pero la gran heterogeneidad de las parcelas control en Kurtzegán hace que estas diferencias no sea significativa.

Sin embargo, la actividad ureasa (que contribuye a la mineralización del nitrógeno contenido en forma orgánica-urea) (Burns y Dick, 2002) es significativamente mayor en Kurtzegán, pero únicamente en las parcelas enmendadas, que muestran además un notable incremento respecto a las de control. Esto, muy posiblemente, sea debido a que el contenido en N total en Kurtzegán es prácticamente el doble del de Arraba y, al mitigarse el efecto limitante que ejerce la acidez del suelo sobre esta actividad, los microorganismos pueden aprovechar esta abundancia de sustrato. Esta dependencia de la actividad ureasa con respecto al N total se observa con claridad en Arraba ($R^2=0,793$; $p<0,0001$) (Figura 1a), en donde el N total del suelo, aún siendo alto no alcanza valores tan elevados como en Kurtzegán, y la acidez no es tan limitante.

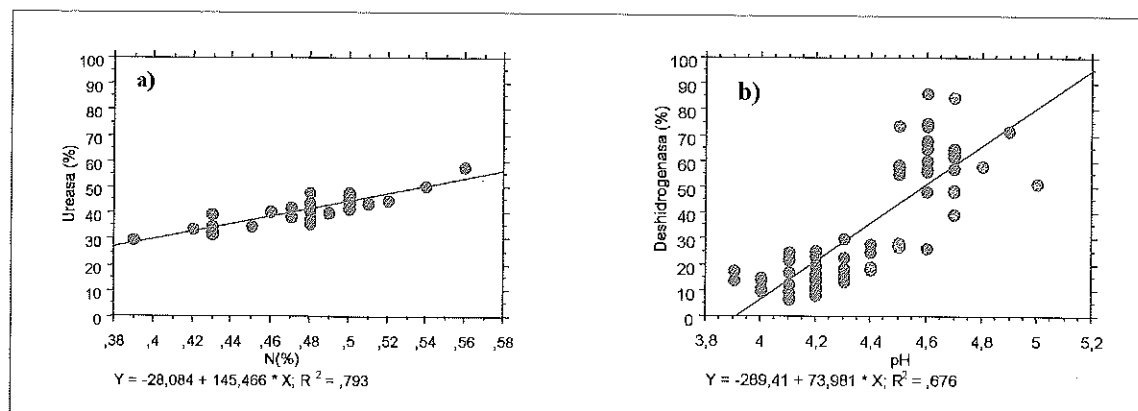


Figura 1 a). Relación entre el porcentaje de nitrógeno total y la actividad ureasa en el ensayo de Arraba.
b). Relación entre el pH y la actividad deshidrogenasa en los ensayos de Arraba y Kurtzegán

Las enmiendas calizas tienen también un efecto potenciador en las actividades enzimáticas: la actividad deshidrogenasa es significativamente mayor en los suelos enmendados tanto en Arraba como en Kurtzegán (excepto en las parcelas tratadas con arena en Kurtzegán, aunque también es mayor), y la actividad arilsulfatasa es significativamente mayor en las parcelas de Arraba tratadas con arena con respecto a las control (Tabla 1). En general, el resto de actividades también muestran valores siempre mayores en las parcelas enmendadas con respecto a las control, tanto en Arraba como en Kurtzegán, pero tal y como se ha dicho anteriormente, la variabilidad causada por la heterogeneidad natural de estos suelos hace que estas diferencias no sean estadísticamente significativas (Tabla 1). La razón que explica que los efectos más acusados se hayan observado en la actividad deshidrogenasa puede ser el que esta actividad es indicadora de la población microbiana viable en el momento; con una menor inercia histórica, por tanto, es más sensible a los cambios a corto plazo. Es muy probable que si se repitiesen los tratamientos aplicados, los incrementos apuntados en el resto de actividades enzimáticas acabasen mostrándose estadísticamente significativos. De hecho, sí se han obtenido correlaciones positivas significativas ($p<0,05$) en Kurtzegán entre el pH (y el Ca) y las actividades deshidrogenasa, ureasa y fosfatasa siendo la primera de nuevo la más alta (Coeficiente de Correlación de Spearman, $R = 0,558$; $p=0,0002$). Estas correlaciones han sido también significativas, pero lógicamente de signo negativo, con respecto al % Sat. de Al.

La estrecha relación positiva entre el pH y la actividad deshidrogenasa se observa tanto en Arraba como en Kurtzegane ($R^2=0,676$; $p<0,0001$) (Figura 1b).

El análisis de componentes principales resume gráficamente las relaciones anteriormente enunciadas (Figura 2a). Así, la mayor parte de la variabilidad explicada por el factor 1 está marcada por el pH, el calcio y las actividades deshidrogenasa y arilsulfatasa en un extremo, y el aluminio, la MO y el N total en el otro. Esto también se observa en la Figura 2b, en donde se agrupan por separado los datos correspondientes a Arraba y Kurtzegane. En este mismo análisis se observa el efecto más acusado de los tratamientos de enmiendas calizas en Kurtzegane (Figura 2b)

El factor 2 en la Figura 2a nos muestra la correlación negativa entre el fósforo inorgánico y la actividad fosfatasa. Esto era previsible ya que la actividad fosfatasa, la cual suministra fósforo a las plantas al liberar iones fosfato, se ve retroinhibida en condiciones de abundancia de fosfatos (Nannipieri *et al.*, 1979).

En relación a los tratamientos de fertilización fosfatada, no se han detectado diferencias significativas en el contenido en fósforo respecto a las parcelas control (Tabla 1), como cabía esperar dada la fuerte acidez de los suelos y la cantidad relativamente baja de fósforo aportada

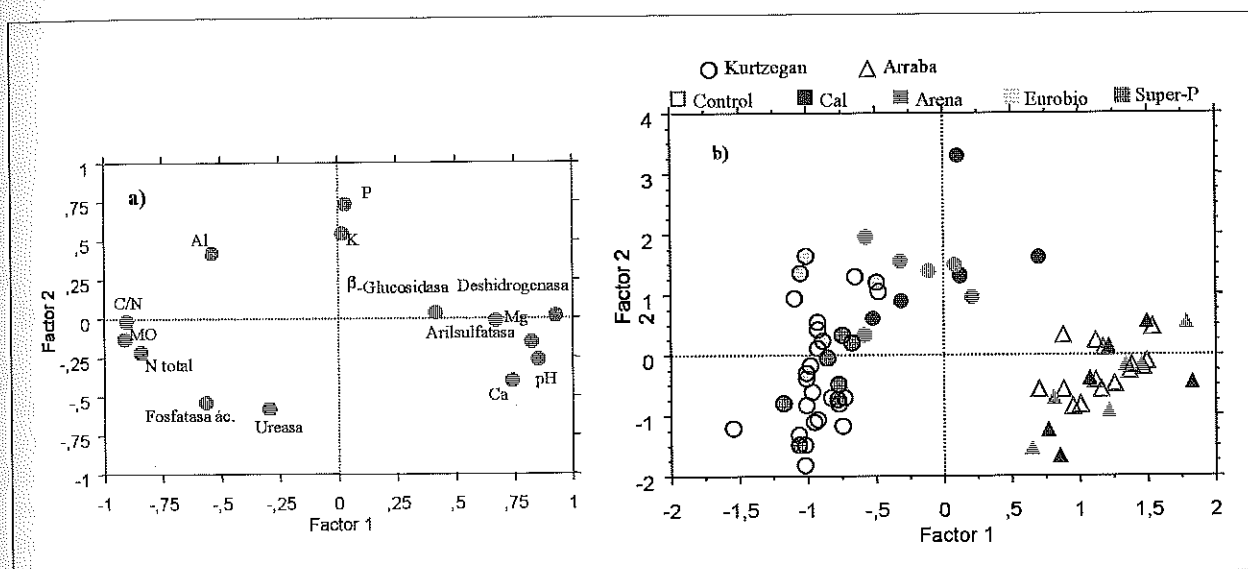


Figura 2 a). Análisis de Componentes Principales (ACP) de los indicadores físico-químicos y biológicos en los ensayos de Arraba y Kurtzegane. b) ACP de los distintos tratamientos en los ensayos de Arraba y Kurtzegane

CONCLUSIONES

El material parental de los suelos (*i.e.* Kurtzegane-silíceo, Arraba-calizo) se presenta como el factor más determinante de las diferencias observadas.

Los tratamientos de enmienda caliza tienen un efecto significativo sobre los indicadores físico-químicos y biológicos de la salud del suelo.

Los indicadores biológicos (actividades enzimáticas) son una herramienta útil para evaluar el efecto de las prácticas agrícolas sobre la salud del suelo de los pastos de montaña.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMEZAGA, I.; ALBIZU, I.; DURO, I.; MENDARTE, S., 2003. Identificación de factores determinantes en el valor pastoral y estructura de los pastos del parque natural de Gorbeia (Bizkaia). En *Pastos, desarrollo y conservación*, 729-734. Ed. Junta de Andalucía, Consejería de Agricultura y Pesca. Granada (España).
- BURNS, R.G.; DICK, R.P., 2002. *Enzymes in the environment*. Ed. Marcel Dekker, Inc., 614 pp. New York (EEUU)
- DICK, R.P.; BREAKWELL, D.P.; TURCO, R.F., 1996. Soil enzyme activities and biodiversity measurements as integrative microbiological indicators. En *Methods for assessing soil quality*, 247-271. Ed. J.W. DORAN & A.J. JONES. SSSA, Madison, Wisconsin (EEUU)
- NANNIPIERI, P.; PECHOZZINI, F.; ARCADA, P.G.; PIONARELLI, C., 1979. Changes in amino acids, enzyme activities and biomass during soil microbial growth. *Soil Science*, **127**, 26-34.
- ROBERTSON, G.P.; COLEMAN, D.C.; BLEDSOE, C.S.; SOLLINS, P., 1999. *Standard Soil Methodes for Long-Term Ecological Research*. Oxford University Press. New York (EEUU)
- TAYLOR, J.P.; WILSON, B.; MILLS, M.S; BURNS, R.G., 2002. Comparison of microbial numbers and enzymatic activities in surface soils and subsoils using various techniques. *Soil Biology and Biochemistry*, **34**, 387-401.

Cartografía de los recursos pascícolas de La Rioja

J.A. GARCÍA-MORRÁS¹, A. ALFARO¹, I. MARCOS¹, L.M. MEDRANO² y L. TORRANO¹

¹Laboratorio Regional de la C.A. La Rioja. Ctra. Burgos, km. 6 Finca "La Grajera". 26071 Logroño (España). E-mail: lagrajera@larioja.org ²C/M^a Teresa Gil de Gárate. 26002 Logroño (España). E-mail: lmedrano@reterioja.net

RESUMEN: En este trabajo se presenta la cartografía de los recursos pascícolas, tanto agrícolas como naturales, de La Rioja. Paralelamente, se han clasificado los municipios riojanos en función de las superficies de cultivos, caracterizándose cada una de las comarcas obtenidas. La cartografía elaborada muestra la dicotomía existente entre la Sierra y el Valle: las tierras agrícolas se concentran en el Valle siendo su presencia en la Sierra anecdótica. El trabajo revela también la distinta importancia de los cultivos en cada una de las comarcas diferenciadas y, en el caso de los pastos naturales, el predominio de los pastos arbustivos y con arbolado en el conjunto de la región, si bien la superficie de éstos probablemente esté sobrestimada frente a la de los pastos herbáceos.

Palabras clave: SIG, pastos naturales, pastos de origen agrícola, comarcas.

Cartography of pasture resources in La Rioja (Spain)

SUMMARY: The cartography of pasture resources (rangeland and agricultural surfaces) of La Rioja and the classification of municipalities based on cultivated surfaces are presented in this work. The cartography obtained has made evident the concentration of grassland of agricultural origin in the Valley areas and their relative importance in each local area previously established. Shrub pastures and grazed forestlands are the more abundant classes within the natural pastures, which are mainly localized in the mountain areas.

Key words: GIS, rangeland pastures, cultivated pastures, local areas.

INTRODUCCIÓN

La Rioja ocupa una superficie de 5034 km², lo que supone el 1 % de la superficie nacional. Está situada en una zona de contacto de tres grandes unidades fisiográficas: Cordillera Cantábrica, Depresión del Ebro y Sistema Ibérico. La altitud del territorio varía entre los 270 m en la parte nororiental y los 2276 m del pico de San Lorenzo (zona suroeste), siendo la altitud media de 835 m. Teniendo en cuenta este parámetro, la región queda dividida en dos partes bien diferenciadas: las tierras bajas, representadas por el Valle vertebrador del Ebro y sus afluentes, donde se concentra la población y, la parte alta, que recibe el nombre genérico de Sierra. El clima general de La Rioja se puede clasificar como mediterráneo con mayores o menores influencias oceánicas u topográficas. Estas diferencias en el medio físico, junto a otros condicionantes (litología, geomorfología, manejo,..), justifican la diversidad de pastos y cultivos existentes en La Rioja y sus distintos aprovechamientos.

El presente trabajo se enmarca en el proyecto "Tipificación, Cartografía y Evaluación de los Pastos Españoles" (INIA-CCAA), que tiene como uno de sus objetivos fundamentales la elaboración de la cartografía de los pastos de todas las CCAA.

La finalidad de este trabajo ha consistido en realizar la cartografía de los recursos pascícolas, tanto naturales como de origen agrícola, de la Comunidad Autónoma de La Rioja. Paralelamente, se han tipificado los municipios riojanos a partir de las superficies de cultivos, caracterizándose cada una de las comarcas obtenidas.

MATERIAL Y MÉTODOS

En la elaboración de este trabajo se ha procurado seguir, en lo esencial, el modelo presentado por Broca *et al.* (2002) en la realización de la cartografía de los recursos pascícolas de la provincia de Huesca.

A partir de los datos de superficies ocupadas por cultivos agrícolas del 2001 (Sección de Estadística, 2003) y, teniendo en cuenta el porcentaje de superficie agrícola útil (SAU) respecto a la superficie municipal, se clasificaron los municipios en clases o comarcas.

A continuación, se obtuvo la cartografía de los recursos pascícolas de las superficies agrícolas a partir de la fusión de la capa de información de las comarcas diferenciadas con la unidad "Cultivos" del Mapa Forestal de La Rioja (Gobierno de La Rioja, 1992-1993).

Finalmente, se elaboró la cartografía de los recursos pascícolas naturales de La Rioja a partir del Mapa Forestal de La Rioja. Se decidió utilizar este material de trabajo en lugar del II Inventario Forestal Nacional puesto que presenta una cartografía más detallada y, por otra parte, permite garantizar la coherencia de la información obtenida con la de los mapas de provincias adyacentes.

Los pastos naturales fueron clasificados según los criterios acordados por los responsables temáticos de "Tipificación de pastos naturales" de todas las CCAA.

Dentro de los pastos con arbolado, se consideraron dos clases en función del porcentaje de cobertura de copas (Fcc): pasto con arbolado denso ($Fcc > 20\%$) y pasto con arbolado ralo ($Fcc: 5 - 20\%$). Cada uno de estos grupos fue clasificado posteriormente según la especie arbórea dominante, distinguiendo, a su vez, si se trataba de bosque natural o de repoblación artificial.

Los pastos arbustivos se clasificaron inicialmente en tres grupos: de alta montaña, seriales de alto nivel evolutivo y seriales de bajo nivel evolutivo. Los primeros se separaron tomando como referencia la curva de nivel de 1700 m (límite altitudinal entre el piso supramediterráneo y oromediterráneo en La Rioja). Posteriormente, cada grupo se dividió teniendo en cuenta criterios fisiognómicos.

Los pastos herbáceos fueron clasificados en cuatro grupos: de alta montaña, mesofíticos, xero-mesofíticos y xerofíticos. No se ha podido diferenciar cartográficamente la clase de pastizales terofíticos debido a su escasa presencia en la región.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tipificación de todos los municipios y caracterización de las comarcas

Se han tipificado todos los municipios de La Rioja en función de sus cultivos dominantes y codominantes y la SAU (Figura 1), clasificándose el terreno en 7 clases o comarcas:

Comarca 1: Sierra (Superficie agrícola inferior al 15 %)

La comarca está situada al Sur de La Rioja y comprende la mayoría de las Sierras situadas en esta comunidad. La zona, con una altitud media de 1178 m, está constituida por 53 municipios y supone el 41 % de la superficie total de la región. Una de las características más diferenciales de estos municipios es la escasa disponibilidad de tierra cultivable, siempre inferior al 15 %. En el conjunto de la comarca, la superficie cultivada supone solamente el 2 % de la superficie total, siendo los cultivos forrajeros los cultivos principales. El regadío es irrelevante y está dedicado a la horticultura de autoconsumo.

Comarca 2: Cereal de invierno, viña y frutales de secano

Ocupa el 15,2 % de la superficie de La Rioja y está situada en los piedemontes de la Sierra centro-oriental de la región. Está formada por 19 municipios, siendo la altitud media de 673 m. Aproximadamente, el 40 % de la superficie corresponde a cultivos (fundamentalmente, en régimen de secano).

Comarca 3: Cereal de Invierno

Esta zona está situada en los piedemontes de las Sierras Occidentales de La Rioja, ocupando la parte más alta del valle, con una altitud media de 755 m. Está integrada por 32 municipios que ocupan un 10,5 % de la superficie total de la región. El porcentaje de SAU es alto, con cifras próximas al 60 %, siendo el cereal de invierno el cultivo principal (80 % de la SAU).

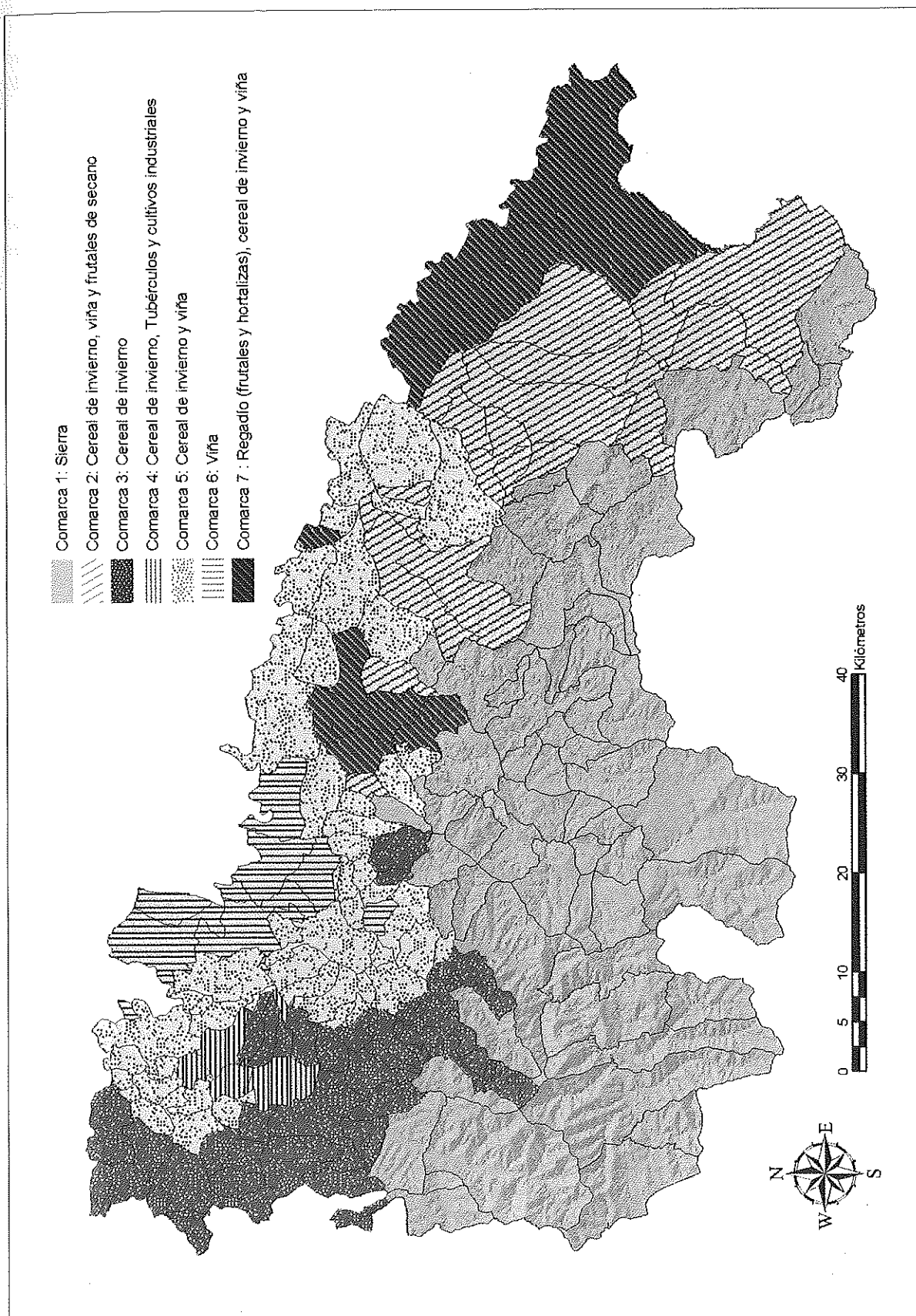


Figura 1.—Cartografía de los municipios de La Rioja por comarcas en función de los cultivos dominantes y de la superficie agrícola.

Comarca 4: Cereal de invierno, tubérculos y cultivos industriales

Los cuatro municipios que componen esta zona están situados en las zonas bajas de los valles de la parte noroccidental y representan únicamente el 1,4 % de la superficie total de La Rioja. Su altitud media es de 543 m. La SAU es superior al 90 %, con similar representación del secano y regadío.

Comarca 5: Cereal de invierno y viña

Esta zona está situada al Norte de La Rioja y ocupa la parte central del valle del Ebro en La Rioja. Los 44 municipios que constituyen esta comarca ocupan un 16,5 % de la superficie total de la región. La altitud media de la zona es de 524 m. Son pueblos de vocación agrícola con una SAU superior al 60 %, en los cuales los cultivos principales son cereales de invierno y viña. El regadío suele ser menor del 20 % de la SAU.

Comarca 6: Viña

Los 10 municipios que componen esta zona están situados en la parte noroeste de la Comunidad Autónoma. La comarca, con una altitud media de 505 m, representa el 4,3 % de la superficie de La Rioja. La SAU es alta, en torno al 63 % de la superficie de la zona; la viña es el principal cultivo ocupando más del 70 % de la SAU.

Comarca 7: Regadío (frutales y hortalizas), cereal de invierno y viña

Esta comarca está situada en zonas de valle de la parte nororiental y centro-norte de La Rioja. Está constituida por 11 municipios que ocupan el 9,8 % de la superficie de la comunidad. La altitud media de la zona es de 395 m. La SAU supone un 57 % de la superficie de la zona con unos regadíos establecidos desde antiguo donde coinciden los riegos a manta (hortalizas) con los riegos por goteo (frutales); ocupan el 50 % de la SAU y marcan el carácter productivo de estos pueblos.

Cartografía de los recursos pascícolas agrícolas

En la Figura 2 se ha representado gráficamente la cartografía de los pastos de origen agrícola de la región. En ella se evidencia la concentración de la superficie de cultivos en la zona de valle y los principales recursos pascícolas de origen agrícola en cada una de las zonas establecidas.

Cartografía de los recursos pascícolas naturales

La elaboración de la cartografía de los pastos naturales (PN) ha permitido alcanzar un nivel de detalle elevado en la diferenciación de las distintas clases. No obstante, para su representación en esta comunicación (Figura 3) y, con el fin de facilitar la lectura del mapa, se ha optado por seguir un criterio más general, agrupando los distintos tipos de recursos en clases más amplias. La superficie ocupada por pastos naturales (326 511 ha) supone el 65 % del total de la región. El mapa muestra la extensa superficie ocupada por pastos arbustivos (188 726 ha) y por pastos con arbolado (133 441 ha) que, en conjunto, representan el 98,6 % de la superficie de PN de la región.

En el caso de los pastos con arbolado, destaca el predominio de pasto con arbolado denso (99,6 % de la superficie) frente a la escasa superficie de pasto con arbolado ralo. Las tres cuartas partes del pasto con arbolado corresponden a bosque natural en el que figuran, por orden de importancia en su extensión, rebollares, hayedos y carrascales, seguidos de pinares de *Pinus sylvestris* y quejigares. El 25 % restante de superficie arbolada son repoblaciones realizadas, principalmente, con coníferas.

En relación a los pastos arbustivos, los seriales de bajo nivel evolutivo son la principal clase (44 % de la superficie de PN) seguidos por los pastos arbustivos de alto nivel evolutivo (11 %). Entre los primeros destacan aulagares, jarales, matorral mediterráneo y brezales de montaña; los escobonales son la principal clase dentro del segundo grupo. Los pastos arbustivos de alta montaña se extienden en una pequeña superficie (2 % de la superficie de PN).

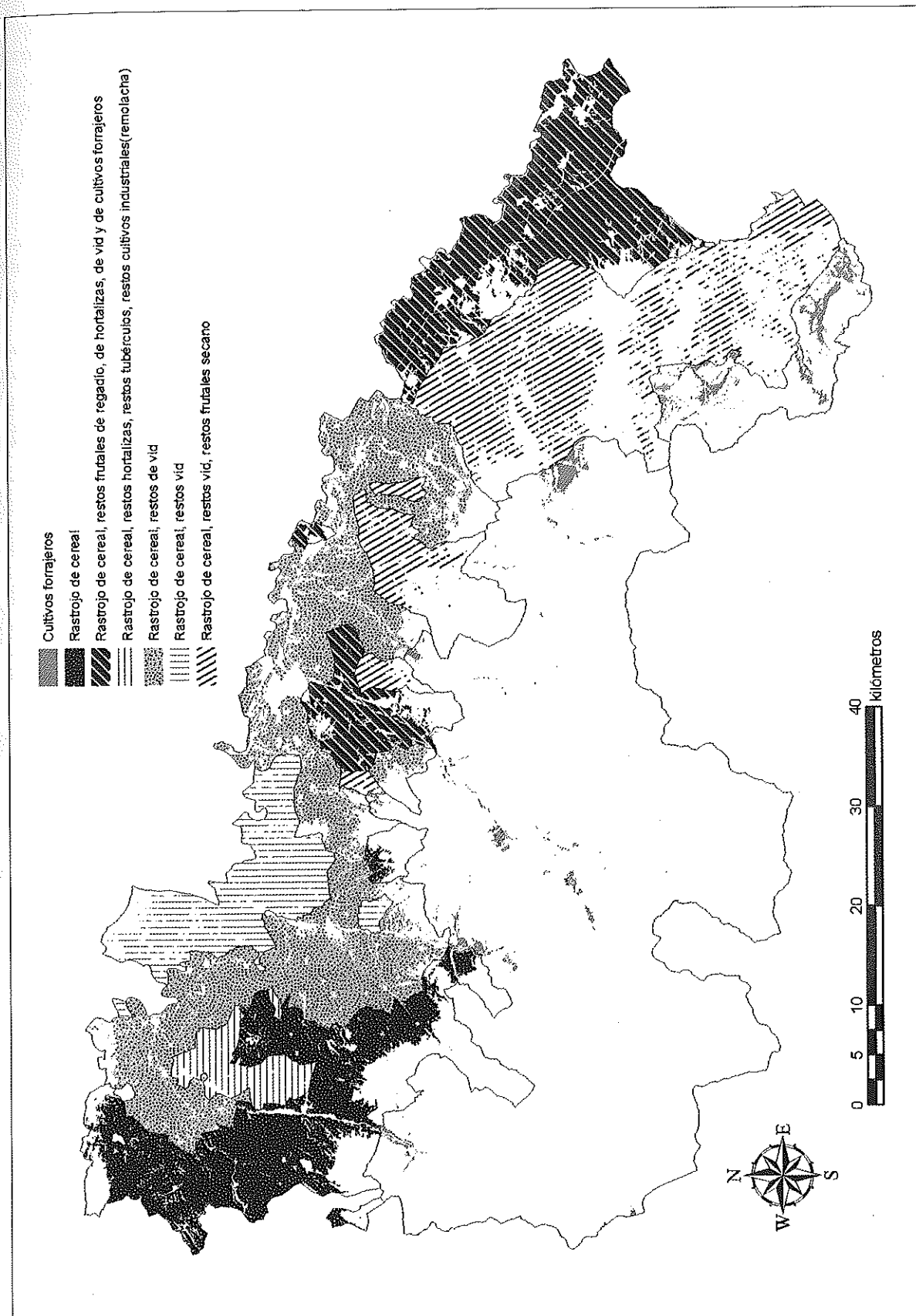


Figura 2.-Cartografía de los recursos pascícolas de origen agrícola en La Rioja.

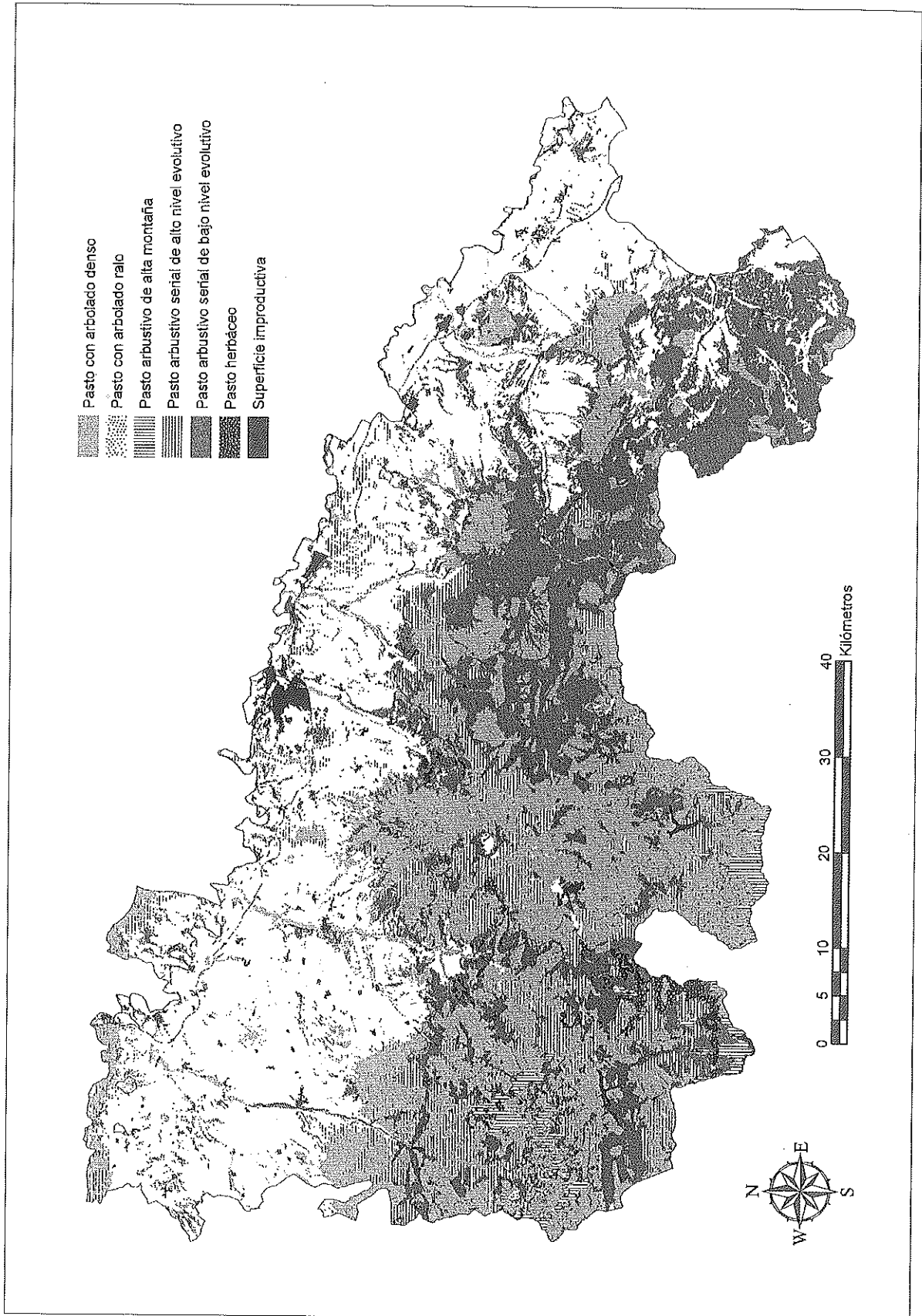


Figura 3.- Cartografía de los recursos pascícolas naturales en La Rioja.

La superficie ocupada por pastos herbáceos es muy baja, solamente el 1,4 % del área de los PN, aunque probablemente esta cifra esté infravalorada al encontrarse entremezclados con otras unidades en manchas de tamaño no cartografiables a la escala utilizada. Dentro de este grupo destacan, por su extensión en La Rioja, los pastizales xeromesofíticos y mesofíticos.

CONCLUSIONES

La cartografía elaborada permite evidenciar la dicotomía existente en La Rioja entre la Sierra y el Valle. Las tierras agrícolas se concentran en el Valle siendo su presencia en la Sierra anecdótica (2 % de la superficie de la zona). El trabajo muestra también la distribución y la distinta importancia que los cultivos representan en cada comarca establecida.

En relación a los pastos naturales, destaca el predominio de los pastos arbustivos y de los pastos con arbolado en la región. Por otra parte, la baja superficie de pastos herbáceos probablemente se encuentre subestimada ya que, con frecuencia, éstos se encuentran entremezclados con otras unidades de vegetación.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por el proyecto OT00-037-C17 (INIA-CCAA).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BROCA, A.; FERRER, C.; MAESTRO, M., 2002. Cartografía preliminar de recursos piscícolas en Aragón. La provincia de Huesca como ejemplo. En *Actas de la XLII Reunión Científica de la S.E.E.P.*, Lleida, 237-243.
- GOBIERNO DE LA RIOJA, 1992-1993. *Mapa forestal de La Rioja*. Revisión en 2001.
- SECCIÓN DE ESTADÍSTICA, 2003. *Base de datos de superficies ocupadas por cultivos agrícolas en La Rioja, 2001*. Consejería de Agricultura y Desarrollo Económico, Gobierno de La Rioja.

Evaluación de los recursos pascícolas de origen agrícola en La Rioja

A. ALFARO, J.B. CHÁVARRI y J.A GARCÍA-MORRÁS

Laboratorio Regional de la C.A. La Rioja. Ctra. Burgos, km.6 Finca "La Grajera" 26071. Logroño (España).
E-mail: lagrajera@larioja.org.

RESUMEN: En esta comunicación se presenta una descripción y una estimación de la oferta pascícola potencial procedente de cultivos agrícolas en la Comunidad Autónoma de La Rioja en el ámbito del proyecto "Tipificación, Cartografía y Evaluación de los Pastos Españoles". Los valores globales obtenidos se han distribuido mensualmente para elaborar el calendario anual de recursos pascícolas de origen agrícola de cada una de las comarcas. El estudio de este calendario nos ha mostrado que la mayor parte de la producción pascícola anual procedente de cultivos se concentra en verano y otoño, poniendo de manifiesto la importancia que el uso de estos recursos podría suponer para la alimentación del ganado en las épocas de déficit de pasto natural.

Palabras clave: oferta pascícola potencial, pastos agrícolas, comarcas, calendario.

Evaluation of agricultural pasture resources in La Rioja (Spain)

SUMMARY: This paper deals with an evaluation of the potential pasture resources from cultivated surfaces in La Rioja (Spain) within the context of the project "Characterisation, Cartography and Evaluation of Spanish Pastures". The calculated total values have been distributed along the year to obtain an annual calendar of agricultural resources in each previously established local area. The study of this calendar shows that the most part of the annual pasture production of agricultural origin occurs in summer and autumn, making evident the interest of these resources as a supplementary feed for livestock in months with low rangeland production.

Key words: potential pasture production, cultivated surfaces, local areas, calendar.

INTRODUCCIÓN

Este trabajo forma parte del proyecto "Tipificación, Cartografía y Evaluación de los Pastos Españoles" (INIA-CCAA) que tiene como objetivo fundamental tipificar y evaluar los pastos, tanto naturales como de origen agrícola, considerando aspectos de producción, calidad y estacionalidad.

En la comunicación de García-Morrás *et al.* (2004) sobre cartografía de los recursos pascícolas de La Rioja se ha presentado la región dividida en siete comarcas diferenciadas según los cultivos dominantes y codominantes y la proporción de superficie agrícola útil respecto de la superficie municipal (Figura 1).

En esta comunicación se pretende describir y cuantificar los recursos pascícolas de origen agrícola disponibles en cada una de las comarcas previamente determinadas.

MATERIAL Y MÉTODOS

Para el cálculo de la oferta pascícola potencial de origen agrícola se ha partido de los datos de superficies de cultivos agrícolas en el año 2001 proporcionados por la Sección de Estadística de la Consejería de Agricultura y Desarrollo Económico de La Rioja. A partir de estos datos se han calculado las unidades forrajeras (UF) aportadas por cada pasto agrícola utilizando los valores reflejados en la Tabla 1. Esta Tabla se ha elaborado a partir de la base de datos de recursos pascícolas (pendiente de publicación) del Servicio de Análisis Agroalimentarios (2003) y del trabajo presentado por Maestro *et al.* (2003).

Los principales recursos pascícolas de los cultivos presentes en La Rioja y su época de aprovechamiento por parte del ganado son:

Cereales: aprovechamiento de los rastrojos de cereales de invierno (principalmente, trigo y cebada) durante el verano y de los restos de cosecha de cereales de verano (maíz) en otoño.

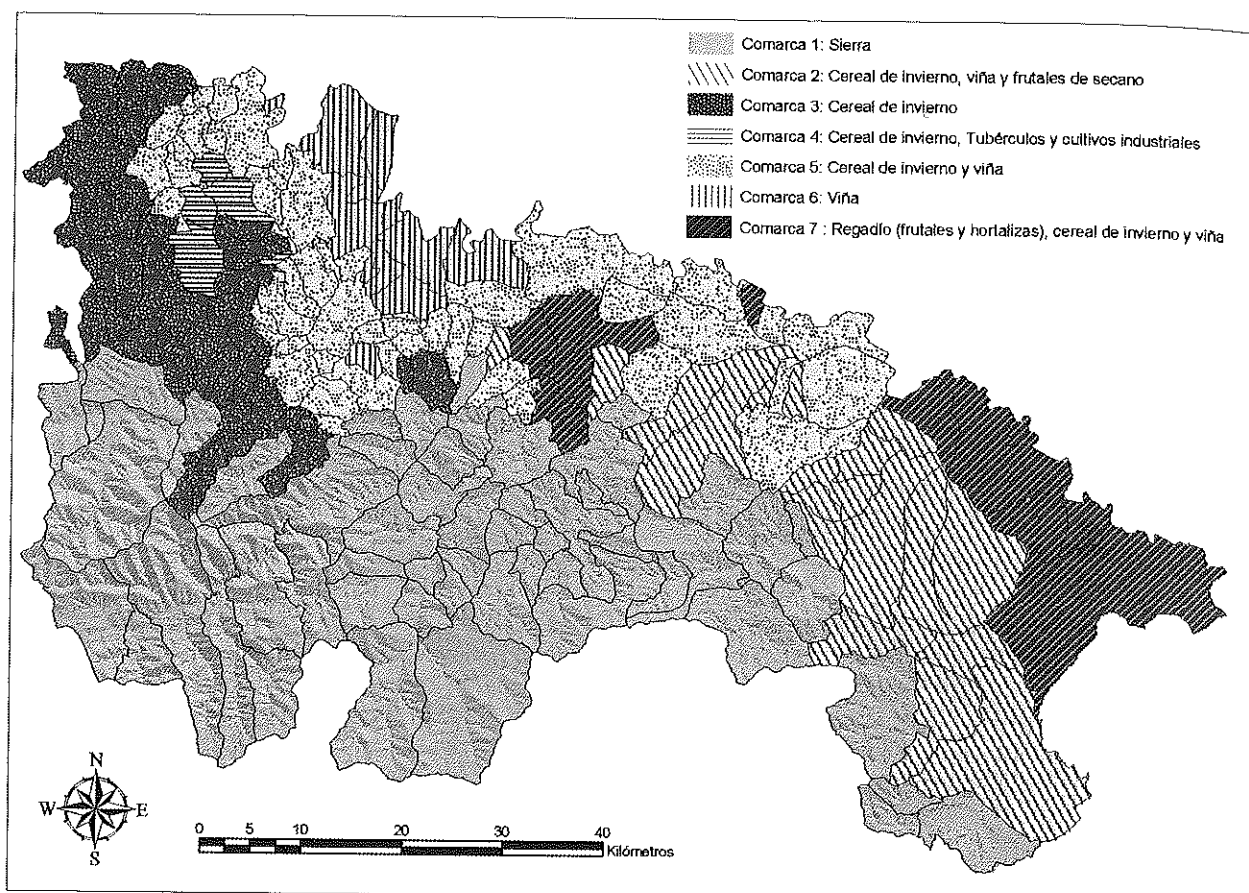


Figura 1. Mapa de comarcas según cultivos dominantes y superficie agrícola en La Rioja (García-Morrás et al., 2004).

Tabla 1. Producciones de recursos pacícolas de las superficies agrícolas en la Comunidad Autónoma de La Rioja.

		Sistema de aprovechamiento	Producciones UF/ha-año
Rastrojo de cereal de invierno	Secano	Pastoreo	488
	Regadío	Pastoreo	488
Barbechos	Secano	Pastoreo	475
Cultivos forrajeros	Secano	Heno-2c ¹	5000
		Pastoreo	5000
	Regadío	Heno-5c ¹	5000
Campos de cultivo abandonados	Secano	Pastoreo	5000
Leguminosas grano	Regadío	Pastoreo	488
Rastrojo de cereal de verano	Regadío	Pastoreo	3414
Tubérculos	Regadío	Pastoreo	163
Cultivos industriales	Regadío	Pastoreo	1220
Coliflor, Guisante verde, Judía verde	Regadío	Pastoreo	976
Restos de hortalizas	Regadío	Pastoreo	98
Frutales	Regadío	Pastoreo	488
	Secano	Pastoreo	95
Viña	Regadío	Pastoreo	95
	Secano	Pastoreo	95

¹Heno-2c/5c: número total de cortes

Hortícolas: restos de cosechas, fundamentalmente de coliflor, guisante verde y judía verde. La oferta se ha repartido proporcionalmente a lo largo del año por ser la época en la que estos recursos están disponibles variable en función del cultivo y de la variedad.

Cultivos industriales: restos de cosechas de remolacha azucarera durante los meses de noviembre y diciembre.

Tubérculos: restos de cultivo de la patata en agosto, septiembre y octubre.

Cultivos forrajeros: henificado o aprovechamiento directo por el ganado de parcelas de alfalfa y veza para forraje.

Frutales: restos de cosechas, podas y pastoreo del estrato herbáceo. De almendro, durante septiembre, octubre y noviembre; de olivo, en diciembre, enero y febrero y, en el caso de los frutales de regadío (manzano y peral, principalmente) en los meses de agosto y septiembre.

Viña: restos de cosecha de la vid durante octubre, noviembre y parte de diciembre.

Campos de cultivo abandonados: aprovechamiento directo por el ganado durante todo el año.

Una vez obtenidos los valores globales se han distribuido mensualmente para obtener el calendario anual de recursos pascícolas de origen agrícola de cada municipio riojano. Posteriormente, estos datos se han agrupado por comarcas para obtener el calendario y la producción pascícola de cada una de las zonas. A su vez, se ha comparado la oferta pascícola agrícola con la total de la comarca teniendo en cuenta los resultados obtenidos para los pastos naturales en la comunicación "Evaluación de los recursos pascícolas de origen natural en La Rioja" presentada por Marcos *et al.* (2004). Finalmente, se ha dividido la oferta de cada comarca por su superficie de cultivos agrícolas, obteniéndose de esta forma la producción por "hectárea tipo agrícola".

RESULTADOS

En este apartado se describen los principales recursos pascícolas procedentes de cultivos en cada comarca y, como ejemplo, se muestran dos figuras (Figuras 2 y 3) en las que se presenta de forma gráfica el calendario anual de la oferta pascícola en dos de ellas. Asimismo, se presentan, a modo de resumen, los valores de oferta pascícola potencial anual para cada una de las zonas y la contribución de cada uno de los recursos a dicha oferta (Tabla 2).

Comarca 1: Sierra (Superficie Agrícola inferior al 15 %)

Los principales recursos pascícolas procedentes de la superficie agrícola provienen del aprovechamiento directo por el ganado de parcelas de cultivos forrajeros de pequeño tamaño y campos de cultivo abandonados. La siega y conservación de la hierba sólo está implantada en las zonas más húmedas. Se ha estimado que las 4021 ha de superficie agrícola de la zona aportan 2 815 552 UF, lo que supone solamente el 3 % de la oferta pascícola total de la comarca a pesar de presentar una mayor producción por unidad de superficie (700 UF/ha agrícola) que otras comarcas. La distribución de la oferta (Figura 2) es muy irregular a lo largo del año, con un pico en los meses de junio y julio en los que el aporte principal procede de cultivos forrajeros y rastrojos de cereal de invierno.

Comarca 2: Cereal de invierno, viña y frutales de secano

Los recursos pascícolas están constituidos por cereales de invierno, campos de cultivo abandonados, podas y restos de cosechas, destacando la cáscara carnosa de la almendra. Las 29 074 ha de superficie agrícola aportan 9 897 337 UF, lo que supone una baja producción (340 UF/ha agrícola) y representa el 35 % de la oferta pascícola total de la comarca. La máxima producción (Figura 3) se da en los meses centrales del año, junio y julio, principalmente con el aprovechamiento del rastrojo de cereal de invierno y de los cultivos forrajeros de secano. El resto del año el aporte agrícola es menos importante si bien en los meses de septiembre, octubre y noviembre se cuenta con los restos de cosecha de los frutales de secano y de la vid.

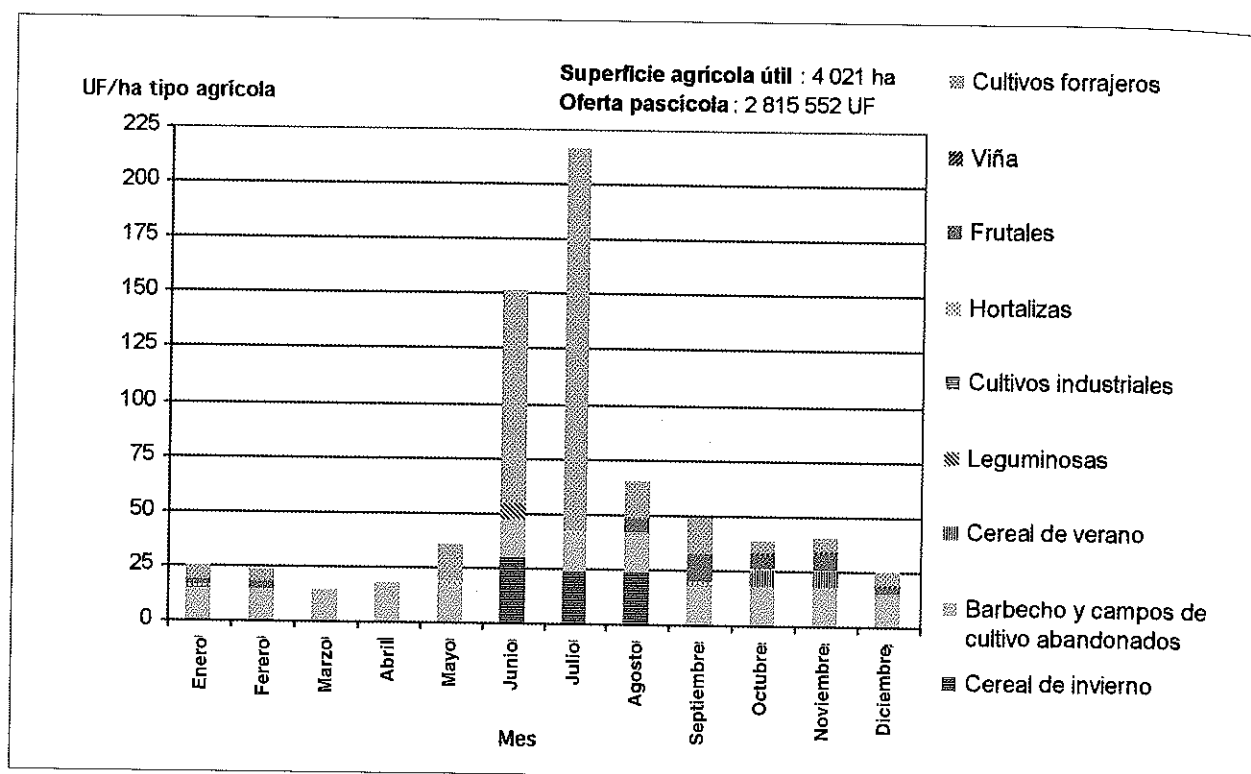


Figura 2.—Distribución de la oferta pascícola (UF/ha tipo agrícola) de pastos agrícolas en la comarca "Sierra" (Superficie agrícola inferior al 15 %).

Comarca 3: Cereal de invierno

Los recursos pascícolas más relevantes son los procedentes de los restos de cultivo de cereales de invierno. Las 31 767 ha de superficie agrícola aportan 17 671 118 UF, lo que representa 556 UF/ha agrícola y supone el 71 % de los recursos pascícolas totales de la comarca. La oferta pascícola se agrupa fundamentalmente en los meses de rastrojera (julio, agosto, septiembre), siendo en su conjunto una oferta muy desequilibrada, con un exceso en verano respecto a la escasez del resto del año.

Comarca 4: Cereal de invierno, tubérculos y cultivos industriales

Los principales recursos pascícolas proceden de restos de cosechas, bien de cereal de invierno, bien de hortalizas, tubérculos, cultivos industriales y leguminosas. Las 6257 ha de superficie agrícola aportan 3 490 566 UF, lo que supone 558 UF/ha agrícola y representa el 96 % de los recursos pascícolas totales de la comarca. La distribución es muy irregular, dándose un pico en los meses de junio, julio y agosto coincidiendo con el aprovechamiento del rastrojo de cereal.

Comarca 5: Cereal de invierno y viña

Los principales recursos proceden del rastrojo de cereal de invierno, residuos del cultivo de viña, de cosechas de las pequeñas zonas irrigadas dedicadas a policultivo hortícola y de cultivos forrajeros. La superficie agrícola de la zona (51 280 ha) aporta 23 094 845 UF, lo que supone 450 UF/ha agrícola y representa el 67 % de los recursos pascícolas totales de la comarca. En la distribución a lo largo del año existen dos picos; el más importante durante los meses de rastrojera (junio, julio y agosto) y el segundo, de menor cuantía, en los meses finales del año con los restos de cosecha de la viña, de cultivos industriales y de cereales de verano.

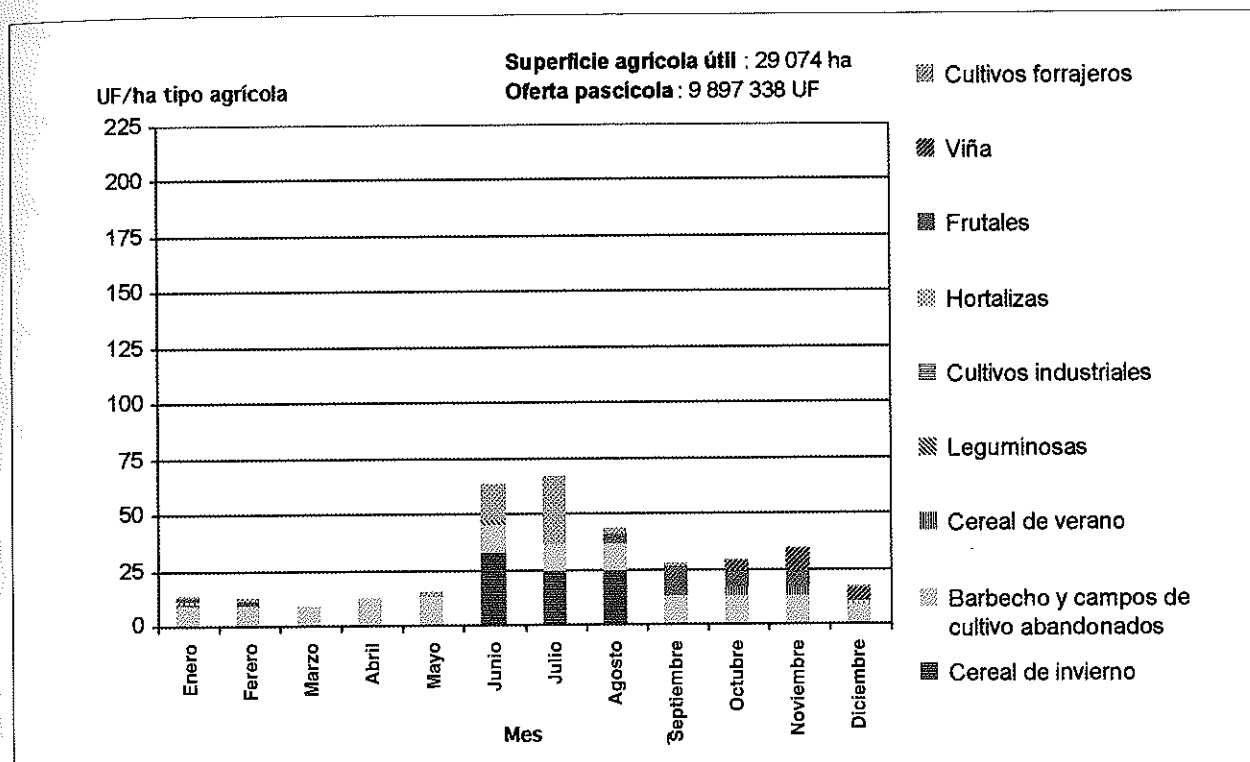


Figura 3.—Distribución de la oferta pascícola (UF/ha tipo agrícola) de pastos agrícolas en la comarca “Cereal de invierno, viña y frutales de secano”.

Comarca 6: Viña

Los recursos principales disponibles son los debidos a restos de cosecha de la vid. Se ha estimado que las 13 668 ha de superficie agrícola aportan 3 027 119 UF, lo que supone 221 UF/ha agrícola. Esta producción representa la mitad de la oferta pascícola total de la zona. Se distinguen dos picos en la oferta pascícola; uno, en los meses de verano (especialmente, en junio), con el aporte del rastrojo de los cereales de invierno tanto de secano como de regadío y de los cultivos forrajeros y, un segundo pico, en los tres últimos meses del año con los restos de la vid.

Comarca 7: Regadío (frutales y hortalizas) , cereal de invierno y viña

Los recursos pascícolas en esta zona proceden de los restos de cosecha de cultivos tanto de secano como de regadío: rastrojo de cereal de invierno y verano, frutales de regadío, hortalizas, cultivos forrajeros y viña. Las 28 031 ha de superficie agrícola de esta zona aportan 18 032 420 UF, lo que representa una producción de 643 UF/ha agrícola y supone el 72 % de la oferta pascícola total de la comarca. En la distribución de esta oferta a lo largo del año se comprueba que la producción agrícola desde el mes de mayo hasta noviembre es importante, siendo en este periodo bastante homogénea.

DISCUSIÓN

La estimación de la oferta pascícola potencial procedente de cultivos agrícolas en La Rioja indica la relevancia que estos recursos podrían suponer para la alimentación del ganado ya que en algunas comarcas (“Cereal de invierno, tubérculos y cultivos industriales”, “Cereal de invierno”, “Cereal de invierno y viña”,

Tabla 2. Contribución de los recursos pascícolas de origen agrícola a la oferta pascícola potencial anual (UF/ha tipo agrícola) en cada una de las comarcas:

CULTIVOS	Comarca 1	Comarca 2	Comarca 3	Comarca 4	Comarca 5	Comarca 6	Comarca 7
Cereal de invierno	74,40	79,73	345,13	255,58	177,41	43,99	58,13
Cereal de verano	14,43	6,22	9,46	1,09	20,04	3,50	140,31
Barbecho	28,89	26,64	28,76	7,08	25,97	6,52	23,51
Campos de cultivo							
Abandonados	171,57	107,54	24,60	3,02	54,25	34,97	57,71
Leguminosas	7,52	1,39	24,53	48,75	7,75	2,07	2,44
Cultivos industriales	1,21	0,25	18,20	57,52	24,14	3,48	9,62
Tubérculos	2,47	0,44	7,26	16,27	2,31	0,68	0,81
Hortalizas	5,07	3,09	21,34	119,59	10,1	1,89	69,12
Frutales Regadío	12,74	9,03	36,56	0,62	4,49	1,39	72,23
Frutales Secano	27,81	29,06	0,04	0,06	3,16	0,23	4,54
Viña	3,43	18,38	2,71	4,33	31,13	74,83	25,37
Cultivos Forrajeros	350,66	58,64	37,7	43,95	89,61	47,92	179,52
TOTAL	700,21	340,42	556,27	557,87	450,37	221,47	643,30

Comarca 1: Sierra (Superficie agrícola inferior al 15%)

Comarca 2: Cereal de invierno, viña y frutales de secano

Comarca 3: Cereal de invierno

Comarca 4: Cereal de invierno, tubérculos y cultivos industriales

Comarca 5: Cereal de invierno, viña

Comarca 6: Viña

Comarca 7: Regadío (frutales y hortalizas), cereal de invierno y viña

“Regadío (frutales y hortalizas), cereal de invierno y viña” y “Viña”) la oferta pascícola agrícola supone más del 50 % de la total de la zona. No obstante, la realidad nos muestra que esta oferta pascícola está infrautilizada, debido a varias causas: por una parte, las restricciones que los agricultores ponen a la entrada del ganado en sus campos; por otro lado, la elevada mecanización en algunos cultivos, fundamentalmente en los extensivos, deja unos periodos intercultivos muy cortos impidiendo su uso por los animales. Además, la propia maquinaria agrícola provoca, como sucede en la recogida de la remolacha, que los residuos utilizables sean mínimos y difícilmente aprovechables por el ganado.

La industria conservera riojana, instalada en el valle, genera restos vegetales (tomate, coliflor, guisantes, etc) que son utilizados por algunos ganaderos de la zona. Aún así este uso podría generalizarse más, llegando a la sierra, pero el acondicionamiento de estos restos y su posterior transporte suponen una traba económica para su aplicación.

CONCLUSIONES

El método utilizado ha permitido valorar los recursos pascícolas de origen agrícola y estimar su oferta pascícola potencial, comprobando de esta manera la importancia que su uso podría suponer para la alimentación del ganado, sobre todo en algunas comarcas eminentemente agrícolas. En este trabajo se ha determinado el calendario anual de oferta pascícola y los recursos que contribuyen a ella en cada zona, convirtiéndose en una herramienta muy útil para la planificación racional del aprovechamiento de los pastos. El estudio del calendario anual nos ha mostrado que la mayor parte de la producción pascícola anual procedente de cultivos se concentra en verano y otoño, mientras que el resto del año existen notables carencias en todas las zonas. Considerando que La Rioja, debido a su climatología, tiene escasez de pasto natural durante el periodo estival como consecuencia del agostamiento de la vegetación herbácea, el aprovechamiento de los recursos de origen agrícola en esta época supondría un buen complemento a la alimentación del ganado.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Sección de Estadística de la Consejería de Agricultura y Desarrollo Económico del Gobierno de La Rioja los datos facilitados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- GARCÍA-MORRÁS, J.A.; ALFARO, A.; MARCOS, I.; MEDRANO, L.M.; TORRANO, L., 2004. Cartografía de los recursos pascícolas en La Rioja. En *Actas de la XLIV Reunión Científica de la SEEP*, Salamanca (en este volumen).
- MAESTRO, M.; DELGADO, I.; BROCA, A.; FERRER, C., 2003. Evaluación de los recursos pastables y forrajeros de las superficies agrícolas de la provincia de Huesca. En *Actas de la XLIII Reunión Científica de la SEEP*, Granada, 803-809.
- MARCOS, I.; GARCÍA-MORRÁS, J.A.; MEDRANO, L.M.; TORRANO, L., 2004. Evaluación de los recursos pascícolas de origen natural en La Rioja. En *Actas de la XLIV Reunión Científica de la SEEP*, Salamanca (en este volumen)
- SERVICIO DE ANÁLISIS AGROALIMENTARIOS (2003). Base de datos de Recursos Pascícolas. Gobierno de La Rioja.

Evaluación de los recursos pascícolas naturales en La Rioja

I. MARCOS¹, J.A. GARCÍA-MORRÁS¹, L.M. MEDRANO² y L. TORRANO¹

¹Laboratorio Regional de La Rioja. Crta. Burgos km 6. Finca "La Grajera". 26071 Logroño (España). E-mail: lagrajera@larioja.org ²C/ Maria Teresa Gil de Gárate. 26002 Logroño (España). E-mail: lmedrano@reterioja.net

RESUMEN: En este trabajo se ha realizado una valoración de los recursos pascícolas naturales riojanos, en el marco del proyecto SEEP-INIA "Tipificación, Cartografía y Evaluación de los Pastos Españoles". Para ello se ha estimado, por comarcas, el valor pascícola potencial de los pastos naturales, describiéndose los recursos que más contribuyen a la oferta pascícola en cada una de ellas. Asimismo, se ha elaborado el calendario anual de la oferta pascícola en cada comarca, considerado como una herramienta fundamental para la planificación del aprovechamiento de los pastos.

Palabras clave: oferta pascícola potencial, pastos naturales, calendario, comarcas.

Evaluation of natural pasture resources in La Rioja (Spain)

SUMMARY: This work evaluates the natural pasture resources of La Rioja, as a part of the project "Characterisation, Cartography and Evaluation of Spanish Pastures". The potential production of rangelands in each local area has been estimated, the main pasture resources have been described and the annual calendar of pasture offer has been elaborated. The use of these data is considered a basic management tool for pasture utilization.

Keywords: Potential production, rangelands, calendar, local areas.

INTRODUCCIÓN

El estudio se enmarca dentro del proyecto SEEP-INIA de "Tipificación, Cartografía y Evaluación de los Pastos Españoles", que tiene como uno de sus objetivos fundamentales la evaluación de los pastos de todas las Comunidades Autónomas.

En el trabajo sobre Cartografía de los recursos pascícolas de La Rioja presentado por García-Morrás *et al.* (2004), se muestra la división del territorio en siete comarcas homogéneas según los recursos pascícolas disponibles (Figura 1). Un estudio más detallado de los pastos de La Rioja puede realizarse mediante la descripción, para cada una de estas comarcas, de las principales variables que determinan los tipos de pastos, su potencial pascícola y aprovechamiento.

El objetivo de esta comunicación es la descripción y cuantificación, por comarcas, de los recursos pascícolas naturales de la Rioja, así como la presentación del calendario de oferta pascícola de los pastos a lo largo del año en cada una de ellas.

MATERIAL Y MÉTODOS

La base cartográfica utilizada en este trabajo ha sido la elaborada por el equipo de trabajo de La Rioja a partir del Mapa Forestal de la región y presentada en la comunicación de cartografía de los recursos pascícolas (García-Morrás *et al.*, 2004). A partir de dicha cartografía digitalizada, se ha calculado la superficie ocupada por cada clase de recurso natural. Posteriormente, se ha estimado el valor pascícola potencial de los pastos naturales en unidades forrajeras (UF), teniendo en cuenta los valores de producción y calidad pascícolas así como el recubrimiento de la vegetación herbácea (Tabla 1) procedentes de la base de datos de recursos pascícolas de La Rioja (Servicio de Análisis Agroalimentarios, 2003) y del trabajo realizado en Navarra por Ferrer (1999). Paralelamente, se ha estimado la oferta pascícola aportada por el estrato arbustivo y, en su caso, arbóreo, de acuerdo a su recubrimiento y al tipo de comunidad vegetal. A continuación, se han distribuido mensualmente los valores totales para obtener el calendario anual de oferta pascícola, teniendo en cuenta la dinámica general de producción de cada tipo de comunidad vegetal en La Rioja. La oferta pascícola potencial de cada comarca se ha dividido por su superficie de pastos naturales, obteniéndose el valor

pascícola expresado en UF/ha. Asimismo, la oferta potencial de pastos naturales se ha comparado con la oferta pascícola total de la comarca, considerando los resultados obtenidos por Alfaro *et al.* (2004) en la evaluación de los pastos agrícolas.

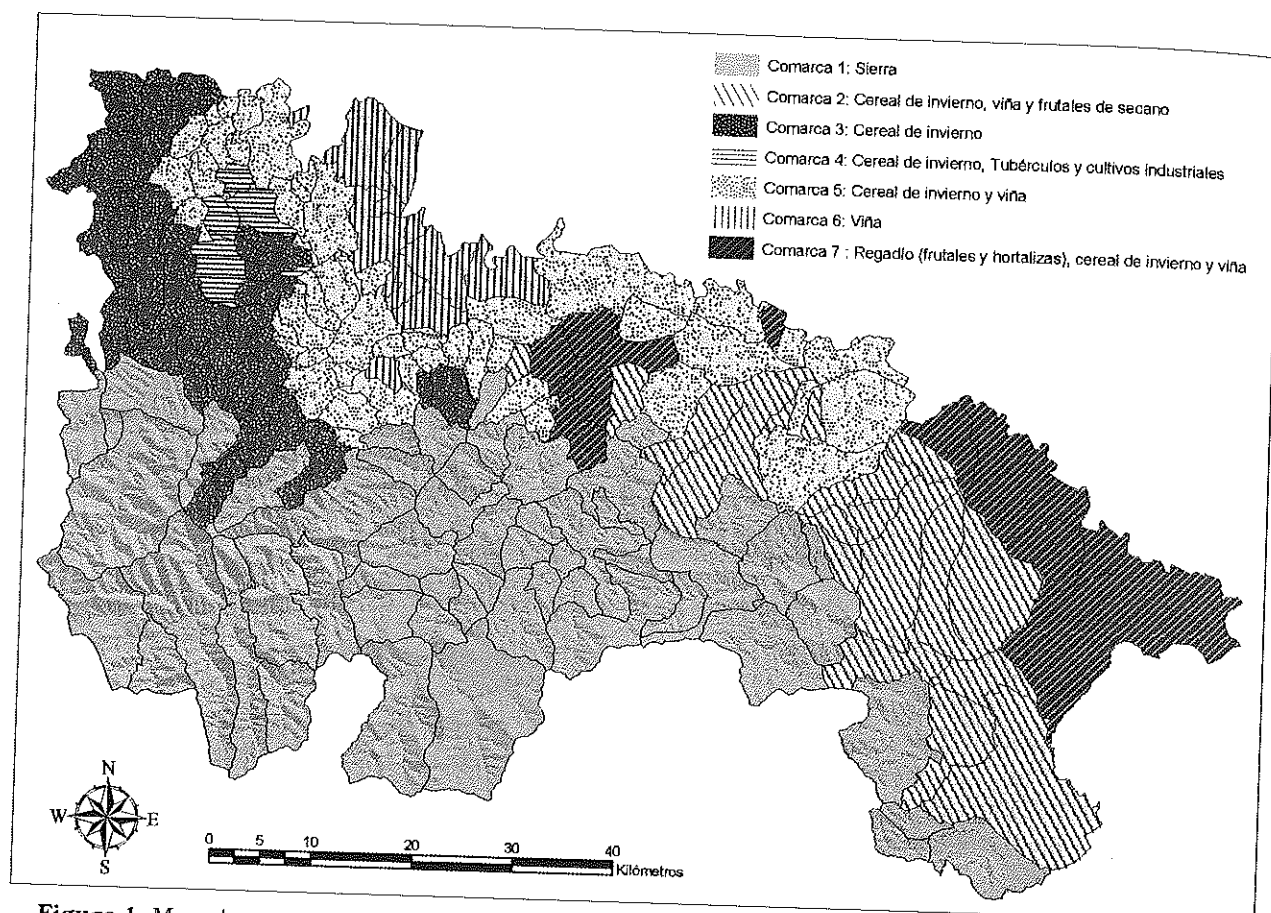


Figura 1. Mapa de comarcas según cultivos dominantes y superficie agrícola en La Rioja (García-Morrás *et al.*, 2004).

RESULTADOS

En el presente trabajo se evalúan los principales recursos pascícolas naturales de cada comarca (Tabla 2). Asimismo, se representa gráficamente, a modo de ejemplo, el calendario anual de la oferta pascícola potencial de los pastos naturales en la comarca "Sierra" (Figura 2). Los distintos tipos de pastos se han agrupado en clases más generales con el fin de facilitar el estudio de la información.

Comarca 1: Sierra (Superficie agrícola inferior al 15 %)

Los pastos arbustivos seriales de bajo nivel evolutivo, seguidos de los de alto nivel evolutivo y los pastos con arbolado natural, constituyen las clases de pastos naturales con mayor contribución al potencial pascícola de la comarca. La oferta pascícola de los pastos herbáceos supone solamente la cuarta parte de la oferta total de los pastos naturales, siendo los pastizales mesofíticos los recursos principales dentro de esta clase.

La distribución del valor pascícola de los pastos naturales a lo largo del año está muy condicionada por las condiciones climáticas existentes, con un pico máximo en primavera e inicio de verano y otro de menor entidad en otoño (Figura 2). En el primero de ellos destaca la oferta pascícola de los pastos arbustivos seriales de bajo nivel evolutivo y, en menor medida, los de alto nivel evolutivo y los pastos herbáceos. En el pico de otoño cobra mayor importancia el aporte de los pastos con arbolado, debido a la contribución de los frutos de quercíneas. El período de penuria corresponde a los meses de invierno.

Tabla 1. Valores de producción (media ± error estándar) y de calidad del pasto obtenidos en los muestreos de primavera y otoño, % de recubrimiento medio del estrato herbáceo (Rto.) y valor pascícola de la vegetación herbácea (Herb.), arbustiva-arbórea (Arb.) y valor pascícola total.

	Vegetación herbácea				Valor pascícola (UF/ha)				
	Producción (kg MS/ha)		Calidad (UF/ kg MS)		Rto.	N	Herb.	Arb.	Total
	P x̄ ± E.E.	O x̄ ± E.E.	P x̄	O x̄					
PASTOS CON ARBOLADO									
Denso									
Natural									150
Hayedo ³									300
Robledal ¹	350±107,7	130±18,6	0,35	0,18	35	3(2)	50	250	320
Quejigar ³									250
Carrascal ¹	423±67,3	90±23,5	0,43	0,22	25	2(1)	50	200	500
Bosque mixto de frondosas ³									500
Bosque de ribera ¹	1513	410	0,52	0,53	25	1(1)	250	250	500
Coníferas ³									100
Repoblación									
Riparia ³									500
Coníferas ¹	821±384,5	207±105,0	0,25	0,08	10	3(1)	22	28	50
Ralo									
Natural (Frondosas) ³									300-700
Repoblación (Coníferas) ³									200
PASTOS ARBUSTIVOS									
Pastos arbustivos de alta montaña³									
Seriales de alto nivel evolutivo									
Especies arbóreas porte arbustivo ³									400
Coscojar ²									270
Zarzal-espinar ¹	2292±481,8	521±73,6	0,61	0,52	50	4(3)	835	165	1000
Escobonal ¹	2306±565,0	679±140,0	0,48	0,48	30	3(2)	430	320	750
Bujedo ¹	391±132,0	240±65,0	0,39	0,38	35	2(2)	85	185	270
Enebral ¹	2384±611,0	778±114,0	0,43	0,45	40	1(3)	550	200	750
Seriales de bajo nivel evolutivo									
Brezal de montaña ¹	1204±257,0	691±175,0	0,57	0,47	11	3(2)	110	470	580
Aulagar montano ²									876
Biercolar ³									580
Brezal de piedemonte ³									580
Jaral ¹	778±192,3	173±82,8	0,45	0,55	25	6(1)	110	210	320
Matorral mediterráneo ³									400
Aulagar ¹	1321±478,3	430±98,7	0,49	0,41	40	4(2)	330	270	600
PASTOS HERBÁCEOS									
Pastizal mesofítico ¹	3956±406,3	1830±245,0	0,52	0,48	93	12(2)	2730	20	2750
Pastizal xeromesofítico ¹	1079±212,0	537±144,6	0,62	0,51	85	5(2)	800	100	900
Pastizal xerofítico ¹	362±64,9	212±53,5	0,48	0,35	60	3(2)	150	100	250
Pasto herbáceo alta montaña ¹	259±51,2	366±168,9	0,57	0,44	60	2(2)	185	85	270

P: muestreo de primavera; O: muestreo de otoño.

N: N° de puntos de muestreo y, entre paréntesis, número de años de toma de datos.

E.E.: error estándar.

Método empleado y fuente: ¹Siega (Servicio de Análisis Agroalimentarios, 2003); ²Valor pastoral (Ferrer, 1999); ³Estima aproximada (Servicio de Análisis Agroalimentarios, 2003).

Se ha estimado que las 206 667 ha de pastos naturales de esta comarca aportan 84 910 983 UF, lo que supone el 97 % del potencial pascícola total de la comarca. La oferta pascícola potencial resultante por unidad de superficie de pastos naturales es de aproximadamente 411 UF/ha.

Tabla 2. Estima de la contribución de los pastos naturales a la oferta pascícola (UF) en cada comarca.

Principales recursos	COMARCAS						
	1	2	3	4	5	6	7
Hayedo	3 262 782	20 960	546 086	0	65 823	9070	0
Robledal	8 149 693	861 805	1 250 642	0	445 038	2929	11 201
Quejigar	1 877 640	48 794	216 762	0	209 626	30 400	77 446
Carrascal	2 340 682	935 962	312 375	2404	439 323	179 195	194 795
Coníferas naturales	951 102	0	62	0	1584	1926	159
Repoblación de cooiferas	1 182 206	265 068	152 866	95	150 871	14 848	132 685
Bosque de ribera natural	609 452	311 014	96 857	12 823	390 881	145 085	291 822
Repoblación riparia	144 064	19 957	146 867	65 269	593 735	143 713	235 100
Bosque mixto de frondosas	1 663 213	4308	102 053	0	0	2919	734
Pasto arbustivo de alta montaña	1 886 227	0	48 645	0	0	0	0
Pasto arbustivo serial de alto nivel evolutivo	18 912 938	1 060 862	1 196 995	769	1 316 096	602 971	323 611
Pasto arbustivo serial de bajo nivel evolutivo	38 486 814	14 640 270	2 778 072	69 894	7 419 373	1 790 282	5 775 506
Pastizal mesofítico	3 396 316	0	357 047	0	163 888	0	0
Pastizal xerofítico	70 976	33 531	0	0	909	0	9673
Pastizal xeromesofítico	1 853 445	0	16 446	0	16 641	0	0
Pasto herbáceo de alta montaña	123 434	0	0	0	0	0	0
Total Pastos Naturales (UF)	84 910 983	18 202 924	7 221 773	151 254	11 213 788	2 923 338	7 052 734
Total (UF/ha)	411	394	361	440	418	413	364

Comarca 1: Sierra (superficie agrícola inferior al 15 %)

Comarca 2: Cereal de invierno, viña y frutales de secano

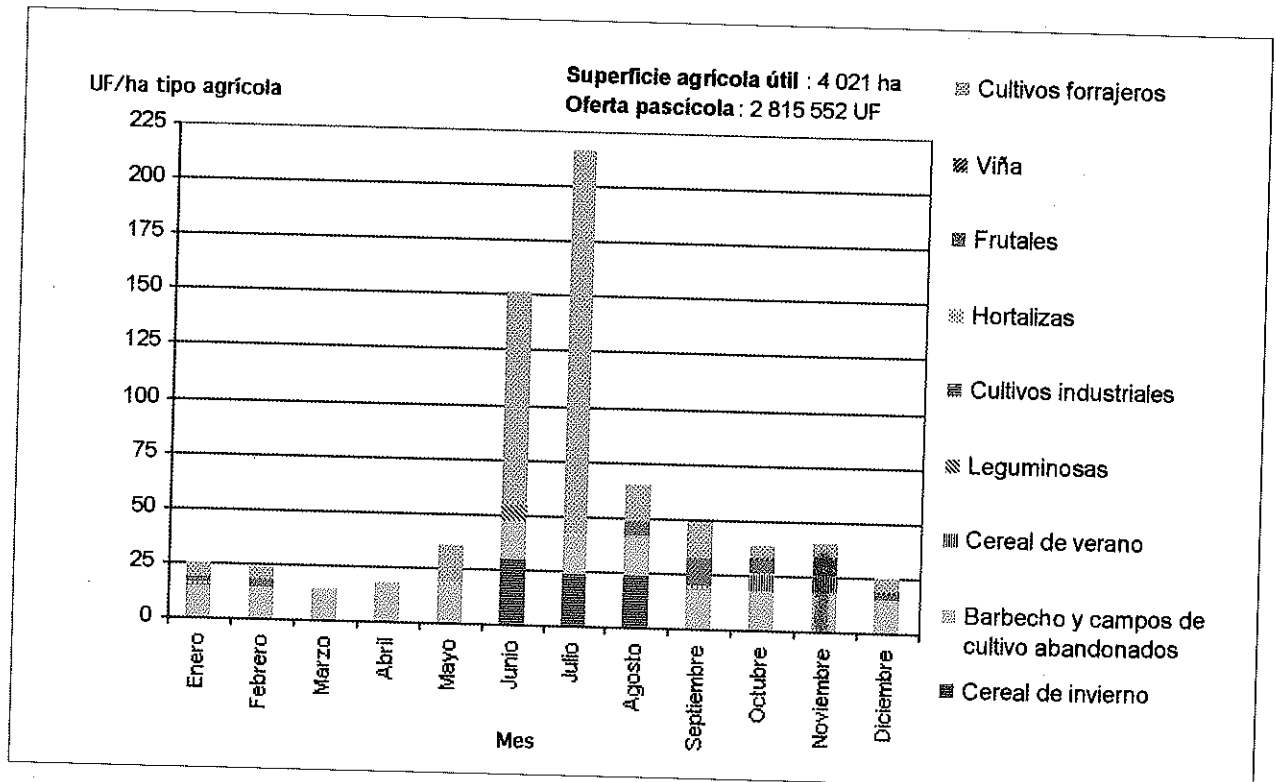
Comarca 3: Cereal de invierno

Comarca 4: Cereal de invierno, tubérculos y cultivos industriales

Comarca 5: Cereal de invierno y viña

Comarca 6: Viña

Comarca 7: Regadío (frutales y hortalizas), cereal de invierno y viña

**Figura 2.** Distribución de la oferta pascícola de pastos naturales (UF) en la Comarca "Sierra".

Comarca 2: Cereal de invierno, viña y frutales de secano

La oferta pascícola está supeditada fundamentalmente al aporte de los pastos arbustivos seriales de bajo nivel evolutivo (Tabla 2).

El potencial pascícola estimado para las 46 243 ha de superficie de pastos naturales es de alrededor de 18 202 531 UF; este valor representa el 65 % de la oferta pascícola total de la comarca y supone una oferta pascícola por unidad de superficie de 394 UF/ha de pastos naturales.

Comarca 3: Cereal de invierno

Entre los recursos vegetales con mayor contribución a la oferta pascícola destacan los pastos arbustivos seriales de bajo nivel evolutivo, seguidos del robledal y de los pastos arbustivos seriales de alto nivel evolutivo.

Se ha estimado que las 20 023 ha de pastos naturales de esta comarca producen 6 929 433 UF, lo que representa un aporte de 361 UF/ha de pastos naturales y el 29 % de la oferta pascícola potencial total de la zona.

Comarca 4: Cereal de invierno, tubérculos y cultivos industriales

En esta zona sobresalen, por su contribución a la oferta pascícola, los pastos arbustivos seriales de bajo nivel evolutivo y las repoblaciones riparias (choperas). La superficie de pastos naturales (344 ha) produce alrededor de 151 254 UF, lo que supone un valor pascícola potencial por unidad de superficie de pastos naturales de 440 UF/ha. Debido a la escasa superficie de pastos naturales de la zona, el aporte de éstos a la oferta pascícola total de la comarca es muy bajo (4%).

Comarca 5: Cereal de invierno y viña

Los pastos arbustivos seriales de bajo nivel evolutivo constituyen la clase de pasto natural con mayor contribución al potencial pascícola, seguidos de los pastos arbustivos seriales de alto nivel evolutivo. Se ha estimado que las 26 805 ha de pastos naturales de esta comarca producen

11 213 788 UF, lo que representa 418 UF/ha de pastos naturales y el 33 % de la oferta pascícola potencial total de la zona.

Comarca 6: Viña

Los pastos naturales con mayor aporte al potencial pascícola corresponden a los pastos arbustivos seriales de bajo nivel evolutivo y, en menor proporción, a los de alto nivel evolutivo.

Se ha estimado que las 7 079 ha de pastos naturales de esta comarca aportan 2 923 338 UF, lo que supone el 49 % del valor pascícola total de la comarca. La oferta pascícola potencial resultante por unidad de superficie de pastos naturales es de aproximadamente 413 UF/ha.

Comarca 7: Regadío (frutales y hortalizas), cereal de invierno y viña

Los pastos arbustivos seriales de bajo nivel evolutivo constituyen el principal aporte a la oferta pascícola de la zona, quedando en un segundo plano el resto de las clases de pastos naturales. La oferta pascícola estimada para las 19 350 ha de pastos naturales es de 7 052 734 UF, lo que representa el 28 % de la oferta potencial total de la comarca y supone un aporte de 364 UF/ha de pastos naturales.

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos muestran las diferencias existentes entre comarcas en relación a la contribución de los pastos naturales a la oferta pascícola total en cada una de ellas. La **Sierra**, con sólo el 2 % de la superficie ocupada por cultivos, es la comarca con mayor aporte de los pastos naturales al potencial pascí-

cola total de la comarca (97 %). En el extremo opuesto, se encuentra la comarca **Cereal invierno, tubérculos y cultivos industriales**, eminentemente agrícola, en la que el valor pascícola de los pastos naturales representa sólo el 4 % de la oferta total de la comarca.

La distribución de la oferta pascícola de los pastos naturales a lo largo del año en las distintas comarcas sigue una tendencia general determinada por las condiciones climáticas existentes, destacando un pico de máximo valor pascícola en los meses de primavera e inicio de verano y otro, menos marcado, en otoño.

Cabe destacar la importancia que tienen los pastos arbustivos seriales de bajo nivel evolutivo en cuanto a su contribución a la oferta de pasto en todas las comarcas, ya que ocupando el 44 % de la superficie de pastos naturales, suponen el 60 % del valor pascícola de estos recursos en La Rioja.

CONCLUSIONES

En este trabajo se han descrito los recursos pascícolas naturales y se ha evaluado la oferta pascícola potencial procedente de estos recursos en cada una de las comarcas establecidas.

Destaca la importancia que tienen los pastos arbustivos seriales de bajo nivel evolutivo en cuanto a su contribución al valor pascícola en todas las comarcas, debido, fundamentalmente a la extensión que ocupan.

El calendario anual de la oferta pascícola en cada comarca muestra los principales recursos disponibles a lo largo del año, convirtiéndose en una herramienta útil para una mejor planificación del aprovechamiento de los pastos.

AGRADECIMIENTOS

A la Consejería de Turismo, Medio Ambiente y Política Territorial del Gobierno de La Rioja por poner a disposición el Mapa Forestal, que sirvió de base para la elaboración de la cartografía utilizada en este trabajo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- GARCÍA-MORRÁS, J.A.; ALFARO, A.; MARCOS, I.; MEDRANO, L.M.; TORRANO, L., 2004. Cartografía de los recursos pascícolas de La Rioja. En *Actas de la XLIV Reunión Científica de la S.E.E.P.* Salamanca.
- SERVICIO DE ANÁLISIS AGROALIMENTARIOS (2003). Base de datos de recursos pascícolas. Gobierno de La Rioja.
- FERRER, V., 1999. *Valoración forrajera de los recursos pascícolas del Municipio de Urraúl Bajo*. Gobierno de Navarra. Departamento de Agricultura, Ganadería y Alimentación. 158 pp.
- ALFARO, A.; CHÁVARRI, J.B.; GARCÍA-MORRÁS, J.A., 2004. Evaluación de los recursos pascícolas de origen agrícola en La Rioja. En *Actas de la XLIV Reunión Científica de la S.E.E.P.* Salamanca, (en este volumen).

Tipificación y cartografía de los pastos de superficies agrícolas en Aragón

M. MAESTRO¹, A. BROCA², O. BARRANTES² y C. FERRER²

¹Instituto Pirenaico de Ecología (CSIC). Avenida de Montañana 1005. E-50059 Zaragoza. ²Departamento de Agricultura y Economía Agraria. Universidad de Zaragoza. Miguel Servet 177, E-50013 Zaragoza (España).

RESUMEN: Se presenta la cartografía de recursos pascícolas de superficies agrícolas que el equipo de investigación de Aragón ha realizado en el ámbito del Proyecto INIA-CCAA sobre "Tipificación, Cartografía y Evaluación de los Pastos Españoles". En primer lugar se hace una tipificación de todos y cada uno de los municipios en función de los cultivos dominantes o codominantes, a partir de la información de superficies ocupadas (1-T Municipal 2000) proporcionada por el Departamento de Agricultura del Gobierno de Aragón. Esta información se ha superpuesto sobre la cartografía del II Inventario Forestal Nacional y, en concreto, sobre la capa de uso "Cultivos", lo que da como resultado una cartografía de las superficies agrícolas (mecanizables) en función de los recursos pascícolas derivados de la actividad agrícola (prados, cultivos forrajeros, barbechos, rastrojos, etc.).

Palabras clave: Prados, cultivos forrajeros, rastrojos, barbechos, regadío, secano.

Characterization and cartography of agricultural grasslands in Aragón (Spain)

SUMMARY: The cartography of the agricultural grasslands of Aragón (Spain) is presented, in the context of the Project "Characterization, Cartography and Evaluation of Spanish pastures" (INIA-CCAA). Firstly, a characterization of each municipality based on the type of dominant or co-dominant crops has been done. The main crops of each municipality have been obtained from the information of the "covered areas" (1-T Municipal 2000), provided by the Department of Agriculture of the Aragón Government. This information has been put on the II National Forestry Inventory cartography and, specifically, on the "Crops" layer. As a result, a cartography of the agricultural (mechanized) land is achieved, based on the grassland resources that come from the agricultural activities (meadows, forage crops, fallows, stubbles, etc.)

Key words: Meadows, Forage crops, Fallows, Stubbles, Irrigated land, Dry land.

INTRODUCCIÓN

Este trabajo se enmarca en el Proyecto sobre "Tipificación, Cartografía y Evaluación de los Pastos Españoles" que actualmente lleva a cabo la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos (SEEP), con financiación del Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA) y las Comunidades Autónomas (Proyecto OTOO-037-C17). De acuerdo con el Nomenclátor básico de pastos en España (Ferrer *et al.* 2001) éstos pueden dividirse en pastos de monte (espontáneos o de repoblación forestal) y en pastos de origen agrícola (praderas, cultivos forrajeros monofitos, rastrojos y barbechos). En este trabajo se presenta la tipificación y cartografía de los pastos de origen agrícola en Aragón.

MATERIAL Y MÉTODOS

La metodología utilizada se ajusta a lo convenido por el equipo de responsables temáticos de "Cartografía" de todas las CCAA, en su reunión de 9 de marzo de 2001. Se ha realizado (Broca *et al.* 2002) una caracterización de todos y cada uno de los municipios de Aragón en función de los cultivos "dominantes" o "codominantes" en sus respectivas superficies agrícolas municipales (SAM). Para ello se ha contado con la información cuantificada de superficies ocupadas (1-T Municipal 2000), proporcionada por el Departamento de Agricultura e Instituto Aragonés de Estadística (2001), calculando porcentajes de cultivos (o grupos de cultivos) sobre la SAM. Esta capa de información, "caracterización agrícola" de los municipios (considerando las superficies municipales como píxeles), se ha superpuesto con la unidad "Cultivos" de la capa de "Usos" del II Inventario Forestal Nacional (IFN) a escala 1: 250 000 (Base de Datos de la Naturaleza de la Dirección General de Conservación de la Naturaleza, 1996). De este modo quedan reflejadas las superficies agrícolas reales, que son atribuidas, a escala municipal, a uno de los tipos establecidos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La tipificación agrícola de los 729 municipios de Aragón (Figura 1) se ha basado en la dominancia de cinco tipos de cultivos (1.- cereales de invierno-barbechos-tierras retiradas al cultivo, 2.- prados-praderas-cultivos forrajeros monofitos, 3.- regadío: alfalfa-maíz-praderas, 4.- olivo-almendro, 5.- vid-fruta dulce) y la codominancia del primer tipo con los otros cuatro. En total, pues, se han establecido nueve grupos de municipios (Figuras 1 y 2), cuya ocupación agrícola viene reflejada en la Tabla 1.

Grupo 1. Cereales de invierno (más barbechos y tierras retiradas al cultivo)

Queda caracterizado por la dominancia absoluta del cultivo de cereal de invierno y de la práctica del barbecho, puesto que el regadío sólo implica al 5,9% de la SAM; se trata de zonas típicas de "secano". Estas superficies, junto con las tierras retiradas al cultivo suponen un 86,8% del total de las SAM. Los recursos pascícolas más relevantes de esta unidad son, lógicamente, los **rastrojos de verano** y los **barbechos**. Es el grupo que implica a más municipios de Aragón: 369, más del 50% del total (Figura 2, G1).

Grupo 2. Prados, praderas y cultivos forrajeros monofitos

Son municipios típicamente de **montaña**, donde la agricultura ocupa los fondos de valle y sólo supone el 3,5% de la Superficie Total Municipal (STM). Se trata de municipios situados (Figura 2, G2) en los Altos Valles del Pirineo (Zona Axial y Sierras Interiores Prepirenias), salvo Arcos de Las Salinas al sur de Teruel. La agricultura se dedica fundamentalmente (el 85,9% de la SAM) a prados, praderas y cultivos forrajeros monofitos, especialmente alfalfa, es decir, cultivos dedicados al pastoreo o a la producción de forraje conservado para la alimentación invernal del ganado. Aunque el regadío supone "oficialmente" el 14,4% de la SAM, muchas parcelas no se riegan por falta de mantenimiento de las redes.

Grupo 3. Regadío: alfalfa, maíz y praderas

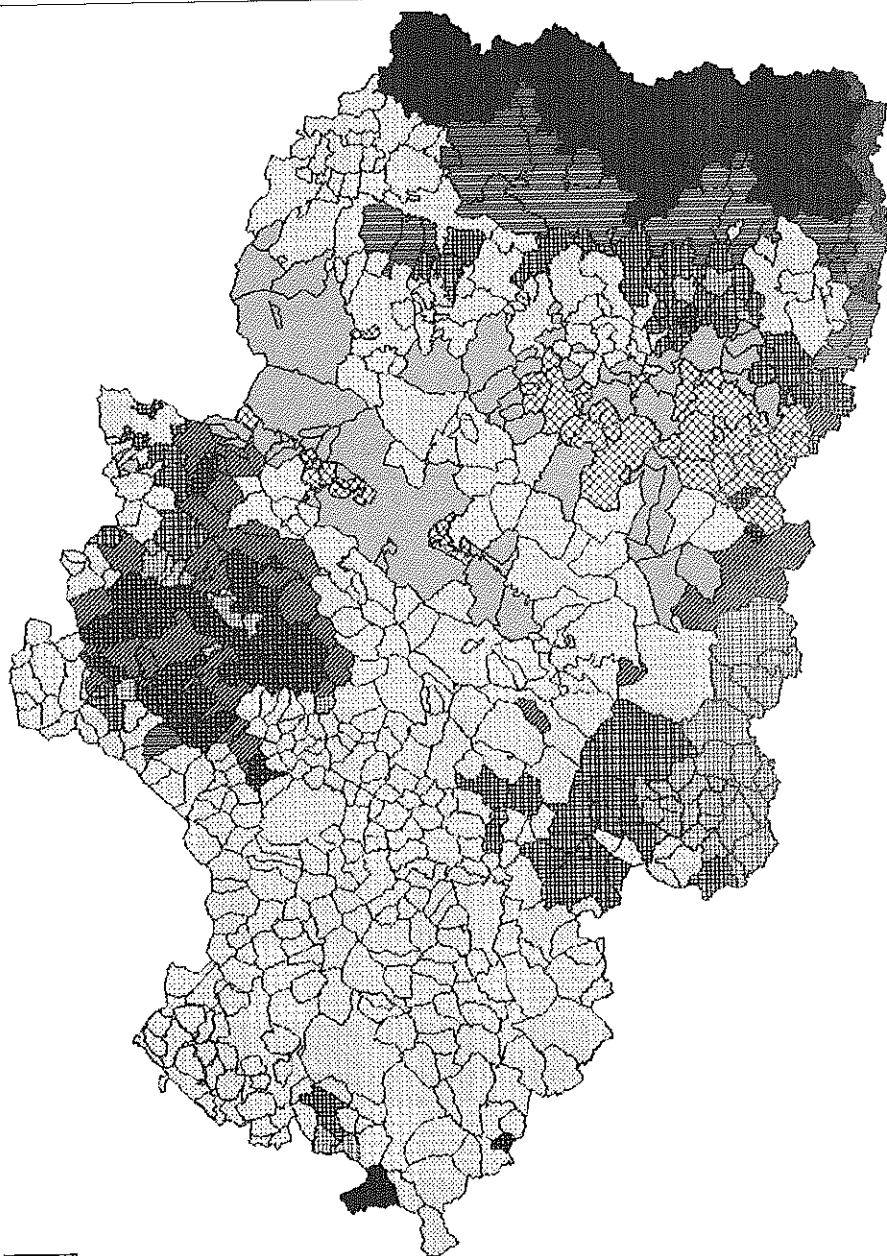
Estos municipios destacan, en primer lugar, por su carácter eminentemente agrícola (la SAM supone el 67% de la STM) y, en segundo, por la importancia del regadío, que supone el 84,8% de la SAM. Se ubican fundamentalmente (Figura 2, G3) en la provincia de Huesca (comarcas de Monegros, Cinca y La Litera) y en la de Zaragoza (ribera del Ebro). Los cultivos de alfalfa, maíz y praderas suponen el 46,5% de la SAM. El maíz se cultiva fundamentalmente para grano y de él se puede aprovechar, como pasto, el **rastrojo de otoño**. En el regadío de estas zonas también son importantes los cereales de invierno y, en menor proporción, frutales.

Grupo 4. Olivo-almendro

Se trata de un grupo de municipios en cuyas superficies agrícolas domina el olivo, el almendro o ambos cultivos arbóreos: el 73% de la SAM. La mayor parte de los municipios implicados se ubican al este (Figura 2, G4): comarcas del Bajo Aragón (Zaragoza) y del Matarraña (Teruel). En Huesca hay tres municipios en el Somontano y, en el oeste de Zaragoza, algunos otros en las zonas del Aranda y del Jalón. Son municipios de "secano" puesto que el regadío no afecta más que al 5,2% de la SAM. Los recursos pascícolas agrícolas de este grupo son fundamentalmente el **estrato herbáceo bajo el vuelo de los olivos o almendros**.

Grupo 5. Vid-fruta dulce

Viene caracterizado agrícolamente por la dominancia de la vid, de la fruta dulce o de ambos cultivos leñosos: el 55,3% de la SAM. El regadío es relativamente importante en este grupo pues supone el 21,9% de la SAM. Estos municipios se ubican fundamentalmente (Figura 2, G5) en la provincia de Zaragoza (comarcas de Calatayud, Cariñena, Daroca y Borja), hay cuatro municipios en Huesca (Somontano y Bajo Cinca) y en Teruel sólo es relevante una pequeña superficie en el Jiloca. Actualmente, en las superficies dedicadas a la vid o a los frutales no se suele dejar entrar el ganado. Los **recursos pascícolas en la SAM** de estos municipios son, por tanto, **muy limitados** y se deben fundamentalmente a unas 11 000 ha de rastrojos de cereal y barbechos.



- 1.- Cereales de invierno.
- 2.- Prados, praderas y cultivos forrajeros monofitos.
- 3.- Regadío: alfalfa, maíz y praderas.
- 4.- Olivo-almendro.
- 5.- Vid y fruta dulce.
- 6.- Prados, praderas, cultivos forrajeros monofitos y cereales de invierno.
- 7.- Regadío (alfalfa, maíz y praderas) y cereales de invierno.
- 8.- Olivo-almendro y cereales de invierno.
- 9.- Vid-fruta dulce y cereales de invierno.

Figura 1.—Caracterización de los municipios de Aragón en función de los cultivos dominantes o codominantes en las superficies agrícolas (mecanizables).

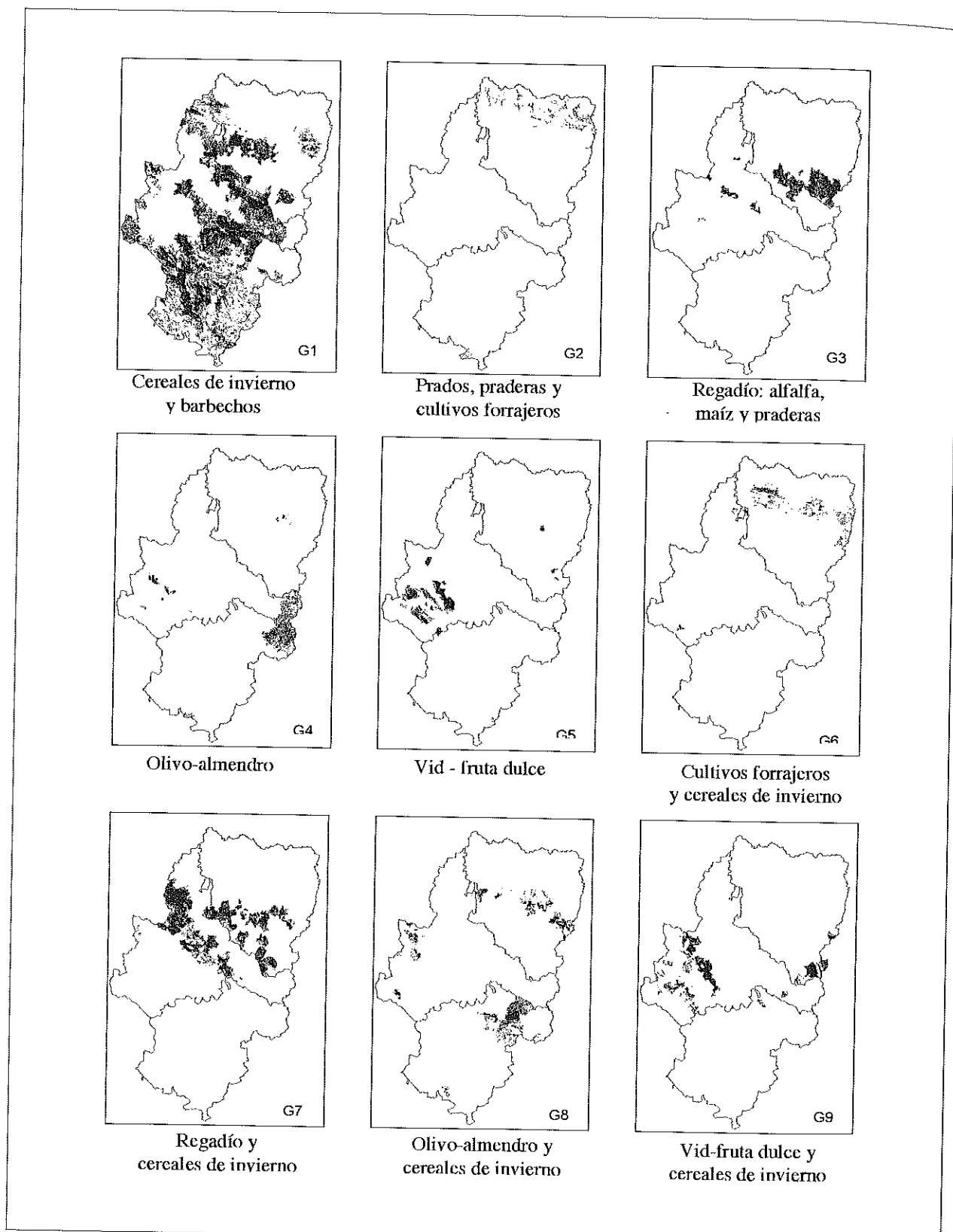


Figura 2.—Recursos pascícolas de las superficies agrícolas en función de los cultivos dominantes o codominantes a escala municipal.

Tabla 1. Distribución superficial de los principales cultivos o grupos de cultivos en los nueve Grupos de municipios (G) establecidos en Aragón en función de los recursos pastables de las superficies agrícolas.

	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	
Nº Municipios:										
Huesca		43	47	30	3	4	16	32	24	3
Zaragoza		134	0	17	15	45	3	28	16	33
Teruel		192	1	0	24	3	0	0	15	1
ARAGÓN		369	48	47	42	52	19	60	55	37
Total SAM (ha) S+R		908.009	14.219	132.209	65.429	71.558	36.349	305.796	101.760	112.425
% SAM sobre STM		37,6	3,5	67,0	30,8	43,9	13,2	58,5	30,3	47,7
% de Regadío sobre SAM		5,9	14,4	84,8	5,2	21,9	3,9	42,5	8,6	20,7
Cereales Invierno: rastrojos (ha) S+R		469.239	1.223	21.098	3.583	5.966	16.070	111.407	34.783	28.556
Barbechos (ha) S+R		318.537	432	16.641	3.504	5.261	5.123	72.549	25.647	27.365
% sobre SAM		86,8	11,6	28,5	10,8	15,7	58,3	60,2	59,4	49,7
Prados montaña (ha) R		0	1.133	0	0	0	0	0	0	0
Prados montaña (ha) S		0	7.651	0	0	0	0	0	0	0
Praderas montaña (ha) R		0	771	0	0	0	493	0	0	0
Praderas montaña (ha) S		0	2.658	0	0	0	7.597	0	0	0
Alfalfa montaña (ha) R		0	0	0	0	0	470	0	0	0
Alfalfa montaña (ha) S		0	0	0	0	0	2.415	0	0	0
% sobre SAM		0,0	85,9	0,0	0,0	0,0	30,2	0,0	0,0	0,0
Alfalfa valle Ebro (ha) R		8.659	0	35.176	50	371	0	34.127	1.381	1.099
Alfalfa valle Ebro (ha) S		1.798	0	64	46	13	0	214	348	2
Praderas valle Ebro (ha) R		2.028	0	7.857	69	287	0	3.795	552	460
Praderas valle Ebro (ha) S		12.577	0	3.116	2.644	1.699	0	7.948	2.743	2.226
Maíz: rastrojos (ha) R		10.046	2	15.264	44	1.030	14	29.864	1.083	2.340
% sobre SAM		3,9	0,0	46,5	4,4	4,8	0,0	24,8	6,0	5,4
Olivo-Almendro (ha) S		24.982	40	2.431	47.752	12.023	509	5.620	25.525	8.436
% sobre SAM		2,8	0,3	1,8	73,0	16,8	1,4	1,8	25,1	7,5
Vid+Fruta Dulce (ha) S+R		13.200	13	8.501	6.993	39.564	155	4.514	5.063	30.465
% sobre SAM		1,5	0,1	6,4	10,7	55,3	0,4	1,5	5,0	27,1

SAM: Superficie Agrícola Municipal; STM: Superficie Total Municipal; S: Secano; R: Regadío.

Grupo 6. Prados, praderas, cultivos forrajeros monofitos y cereales de invierno

Es un grupo de municipios ubicados en el Prepirineo y, por tanto, fundamentalmente en la provincia de Huesca (Figura 2, G6). La SAM sólo supone el 13,2% de la STM. En este grupo hay una codominancia de los prados, praderas y cultivos forrajeros monofitos (**alfalfa, esparceta, veza**) que suponen un 30,2% de la SAM, y de cereales de invierno (**rastrojos**) y **barbechos**, que implican al 58,3%. Es un área de "secano" puesto que el regadío sólo afecta al 3,9% de la SAM; sin embargo, se trata de "secanos frescos" tanto por la humedad climática (zona de media montaña) como por la edáfica (fondos de valle).

Grupo 7. Regadío (alfalfa, maíz y praderas) y cereales de invierno

Son municipios de carácter agrícola, puesto que la SAM supone el 58,5% de la STM, donde además el regadío es importante (el 42,5% de la SAM). Hay una codominancia de los cultivos típicos de regadío (alfalfa, maíz, praderas), que suponen un 24,8% de la SAM y los cereales de invierno (**rastrojos**) y **barbechos**, que alcanzan un 60,2%. Los municipios de este grupo "rodean" a los del Grupo 3 (regadío) y se ubican (Figura 2, G7) en la provincia de Huesca (La Hoya, Monegros, Somontano y Cinca) y en la de Zaragoza (ribera del Ebro y el sur de Cinco Villas).

Grupo 8. Olivo-almendro y cereales de invierno

En este grupo la codominancia se da entre el cultivo de olivo-almendro (25,1% de la SAM) y el cereal de invierno y barbecho (59,4% de la SAM). Los recursos pascícolas de la SAM son, por tanto, el **estrato herbáceo**

bajo olivo o almendro, los rastrojos de verano y los barbechos. Hay tres zonas a destacar (Figura 2, G8): los Somontanos en la provincia de Huesca; el Bajo Aragón en la de Teruel; y la zona del Moncayo-Borja-Aranda, al oeste de la provincia de Zaragoza. Se trata de municipios de "secano" pues sólo el 8,6% de la SAM es de regadío.

Grupo 9. Vid-fruta dulce y cereales de invierno

En este caso la codominancia es de los cultivos leñosos de fruta dulce o vid (27,1% de la SAM) y los cereales de invierno (rastrojos) y barbechos (49,7%), constituyendo estos últimos (**rastrojos y barbechos**) los principales recursos pascícolas de este grupo. En estos municipios el regadío tiene bastante importancia (20,7% de la SAM). Podemos considerar dos zonas más relevantes (Figura 2, G9): La Litera y Bajo Cinca al SE de la provincia de Huesca; y Calatayud, Daroca, Cariñena, Valdejalón y Borja en el oeste de la provincia de Zaragoza.

CONCLUSIONES

La Cartografía, como se sabe, introduce simplificaciones de una realidad mucho más compleja pero tiene la ventaja de resaltar los rasgos más significativos. A la escala 1: 250 000, acordada para la cartografía definitiva en el Proyecto "Tipificación, Cartografía y Evaluación de los Pastos Españoles" (INIA-CCAA), el método de utilizar los municipios como píxeles de tipificación agrícola (por cultivos dominantes o codominantes según los I-T Municipales) da lugar, en Aragón, a una representación cartográfica excelente de los recursos pastables y forrajeros de las superficies agrícolas, obtenidas éstas, a su vez, de la capa de Usos ("Cultivos") del II Inventario Forestal Español.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BROCA, A.; FERRER, C.; MAESTRO, M., 2002. Cartografía preliminar de recursos pascícolas en Aragón. La Provincia de Huesca como ejemplo. En *XLII Reunión Científica de la SEEP*, Lleida, 237-243.
- DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA. INSTITUTO ARAGONÉS DE ESTADÍSTICA, 2001. *I-T Municipal 2000. Superficies ocupadas*. Ed. Diputación General de Aragón. Zaragoza (España).
- DIRECCIÓN GENERAL DE CONSERVACIÓN DE LA NATURALEZA, 1996. *II Inventario Forestal Nacional 1986-1995. Aragón*. Ed. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid (España).
- FERRER, C.; SAN MIGUEL, A.; OLEA, L., 2001. Nomenclátor básico de pastos en España. *Pastos*, **31(1)**, 7-44.

Evaluación de los pastos agrícolas en Aragón

M. MAESTRO¹, A. BROCA², O. BARRANTES² y C. FERRER²

¹Instituto Pirenaico de Ecología (CSIC). Avenida de Montañana 1005. E-50059 Zaragoza. ²Departamento de Agricultura y Economía Agraria. Universidad de Zaragoza. Miguel Servet 177, E-50013 Zaragoza (España).

RESUMEN: En este trabajo, realizado en el ámbito del Proyecto "Tipificación, Cartografía y Evaluación de los Pastos Españoles" (INIA-CCAA), se presenta una valoración unitaria y total de los principales recursos pastables y forrajeros de las superficies agrícolas de Aragón. Los rastrojos de cereal de invierno y los barbechos son recursos pastables muy repartidos por todo el territorio y ocupan del orden de 1 170 000 ha (un 67% de la superficie agrícola de Aragón). En el área pirenaica tienen importancia los prados, las praderas y los cultivos forrajeros monofitos (alfalfa, esparceta y veza). En los regadíos de las provincias de Huesca y Zaragoza destaca el cultivo de alfalfa, maíz-grano (cuyos rastrojos de otoño son pastables) y praderas. Finalmente cabe mencionar, en algunas zonas, el pasto herbáceo bajo cubierta de olivo o de almendro. Todos estos recursos suponen en Aragón del orden de 3,4 millones de t MS, 25,2 millones de GJ de EM, 1751 millones de UF y 0,4 millones de t PB.

Palabras clave: Prados, cultivos forrajeros, rastrojos, barbechos, valor nutritivo.

Evaluation of the agricultural grasslands of Aragon (Spain)

SUMMARY: In this work, settled in the context of the Project "Characterization, Cartography and Evaluation of Spanish pastures" (INIA-CCAA), a unitary and global evaluation of the main agricultural grassland resources of Aragon is presented. The winter cereal stubble and the fallows are grazing resources equally distributed all along the area, and amount about 1 170 000 ha (67% of the agricultural land of Aragon). In the Pyrenean area the meadows and the single-species forage crops (alfalfa, sainfoin and common vetch) are of major importance. In the irrigated land of Huesca and Zaragoza provinces, the most important crops are alfalfa, sweet corn (whose autumn stubble is grazeable) and sown meadows. Finally, the herbaceous pasture under the cover of tree olives and almonds can be mentioned in some areas. These resources amount about 3.4 million t DW (Dry Weight), 25.2 million GJ ME (Metabolizable Energy), 1751 million FU (Forage Units) and 0.4 million t CP (Crude Protein).

Key words: Meadows, Forage crops, Fallows, Stubbles, Nutritional Value.

INTRODUCCIÓN

El Proyecto "Tipificación, Cartografía y Evaluación de los Pastos Españoles" (INIA-CCAA), que actualmente está realizando la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos (SEEP), contempla los pastos de origen agrícola, tales como los prados, praderas, cultivos forrajeros monofitos, barbechos, rastrojos, etc. (véase el nomenclátor básico de pastos de Ferrer *et al.*, 2001). La tipificación y cartografía de los pastos agrícolas de Aragón se presenta en el trabajo de Maestro *et al.* (2004). Por otro lado, las producciones y los valores unitarios de producción y calidad de los distintos recursos pastables y forrajeros de origen agrícola en Aragón vienen reflejados en las publicaciones de Maestro *et al.* (2002, 2003). En este trabajo presentamos la valoración total anual de estos recursos, expresada en grandes unidades - t de Materia Seca (MS), t de Proteína Bruta (PB), GJ de Energía Metabolizable (EM) y Unidades Forrajeras (UF) - a partir de las superficies ocupadas por los diversos cultivos y de los valores unitarios citados. En posteriores trabajos se presentará la valoración estacional de estos recursos.

MATERIAL Y MÉTODOS

La metodología para la tipificación y cartografía de los pastos de origen agrícola y, por tanto, de su cuantificación superficial viene pormenorizada en los trabajos de Broca *et al.* (2002) y Maestro *et al.* (2004). La valoración unitaria de producción y calidad de dichos recursos se describe en los trabajos de Maestro *et al.* (2002, 2003). Por razones de espacio se han seleccionado los siguientes datos (Tabla 1): Número de hectáreas, Materia Seca, Proteína Bruta, Unidades Forrajeras y Energía Metabolizable, calculada asumiendo que la MOD tiene un valor energético de 15,58 (19*0,82) MJ.kg⁻¹ (Aguilera, 2001):

Tabla 1. Superficie, producciones unitarias ($\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$) y totales anuales de los principales recursos pastables o forrajeros de las superficies agrícolas (mecanizables) de Aragón.

		Superficie		Producción ($\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$)				Producciones totales anuales				
		ha	kgMS	kgPB	kgMOD	MJEM	UF	t MS	t PB	t MOD	GJEM	UF (millones)
Cereales Invierno (rastros)	S	637.378	1.867	75	430	6.699	488	1.189.985	47.803	274.073	4.270.050	311,0
Cereales Invierno (rastros)	R	54.547	2.535	120	950	14.801	920	138.277	6.546	51.820	807.350	50,2
Barbechos (ha)	S	475.059	556	90	383	5.967	475	264.133	42.755	181.948	2.834.744	225,7
Prados montaña	R	1.133	7.672	997	4.629	72.120	5.228	8.692	1.130	5.245	81.712	5,9
Prados montaña	S	7.651	5.297	616	3.090	48.142	3.313	40.527	4.713	23.642	368.336	25,3
Praderas montaña	R	1.264	11.440	1.775	6.980	108.748	7.790	14.460	2.244	8.823	137.458	9,8
Praderas montaña	S	5.312	6.758	887	4.010	62.476	4.428	35.898	4.712	21.301	331.871	23,5
Esparceta montaña	S	2.856	5.088	867	3.243	50.526	3.703	14.531	2.476	9.262	144.302	10,6
Veza montaña	S	2.087	3.647	508	2.278	35.491	2.660	7.611	1.060	4.754	74.070	5,6
Alfalfa montaña	R	470	9.020	1.730	5.831	90.847	6.510	4.239	813	2.741	42.698	3,1
Alfalfa montaña	S	2.415	6.772	1.335	4.405	68.630	4.955	16.354	3.224	10.638	165.741	12,0
Alfalfa-Valle Ebro	R	80.863	11.800	2.431	7.670	119.499	8.260	954.183	196.578	620.219	9.663.015	667,9
Alfalfa-Valle Ebro	S	2.485	6.772	1.335	4.405	68.630	4.955	16.828	3.317	10.946	170.545	12,3
Praderas- Valle Ebro	R	15.048	13.263	1.852	7.427	115.713	7.978	199.582	27.869	111.761	1.741.244	120,1
Praderas-Valle Ebro	S	32.953	2.200	451	1.347	20.986	1.589	72.497	14.862	44.388	691.560	52,4
Maíz (rastros)	R	59.687	7.220	390	3.740	58.269	3.414	430.940	23.278	223.229	3.477.914	203,8
Olivo-Almendro	S	127.318	110	18	77	1.200	95	14.005	2.292	9.803	152.738	12,1
TOTALES		1.508.526						3.422.744	385.672	1.614.592	25.155.350	1.751

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Figura 1 refleja la cartografía de las superficies agrícolas de Aragón, tipificadas en nueve grupos en función de los cultivos dominantes o codominantes y utilizando como píxeles las superficies municipales (Maestro *et al.*, 2004).

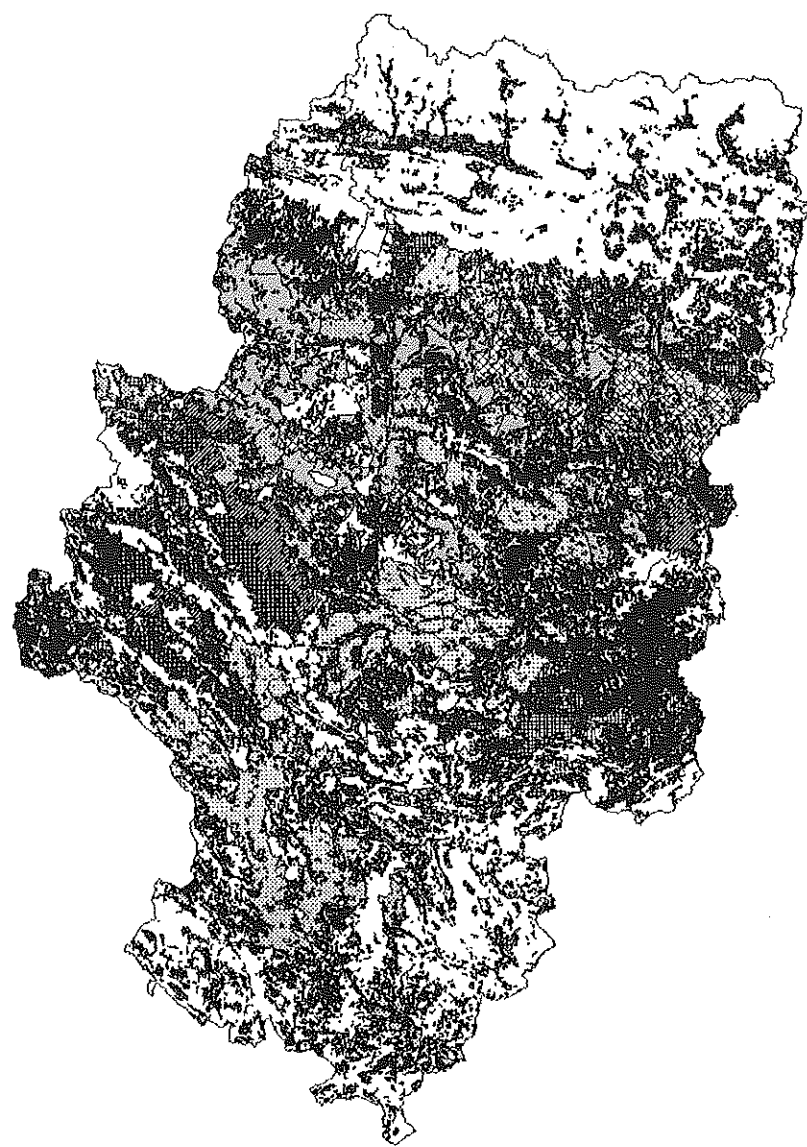
En la Tabla 1 vienen cuantificadas las superficies en hectáreas de cada uno de los cultivos considerados en la tipificación, y que aportan recursos pastables o forrajeros, así como sus producciones unitarias ($\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$) y producciones totales anuales. En la Figura 2 se presentan, por grupos de cultivos, las producciones totales anuales expresadas en porcentaje.

Destacamos que, en Aragón, el cultivo de alfalfa del valle del Ebro, fundamentalmente sobre regadío, representa sólo el 5,5% de las superficies consideradas (83 348 ha) pero, sin embargo, aporta el 52% de la PB y el 39% de la EM o de las UF de los recursos pascícolas de origen agrícola en Aragón.

La producción por hectárea de los rastros de cereal de invierno y de los barbechos es muy baja, pero dado que suponen una gran extensión, 1,17 millones de ha (el 77,4% de las superficies consideradas), ello se traduce en que aportan el 25,2% de la PB y el 32-33% de la EM o de las UF.

Los prados y los cultivos forrajeros (praderas, alfalfa, esparceta, veza) de la montaña pirenaica aportan unas cantidades relativamente pequeñas con respecto a Aragón pero muy importantes desde el punto de vista absoluto (142 314 t de MS y 95,8 millones de UF) para el mantenimiento de la ganadería de montaña, especialmente como complemento estacional del ganado que pasa el verano en los pastos de puerto.

Los recursos pastables bajo vuelo de olivos o almendros resultan de poca importancia tanto absoluta como relativa y la práctica de este tipo de aprovechamiento pastoral se ha ido perdiendo progresivamente.



- 1.- Cereales de invierno.
- 2.- Prados, praderas y cultivos forrajeros monofitos.
- 3.- Regadío: alfalfa, maíz y praderas.
- 4.- Olivo-almendro.
- 5.- Vid y fruta dulce.
- 6.- Prados, praderas, cultivos forrajeros monofitos y cereales de invierno.
- 7.- Regadío (alfalfa, maíz y praderas) y cereales de invierno.
- 8.- Olivo-almendro y cereales de invierno.
- 9.- Vid-fruta dulce y cereales de invierno.

Figura 1.-Recursos pascícolas de las superficies agrícolas en función de los cultivos dominantes o codominantes a escala municipal.

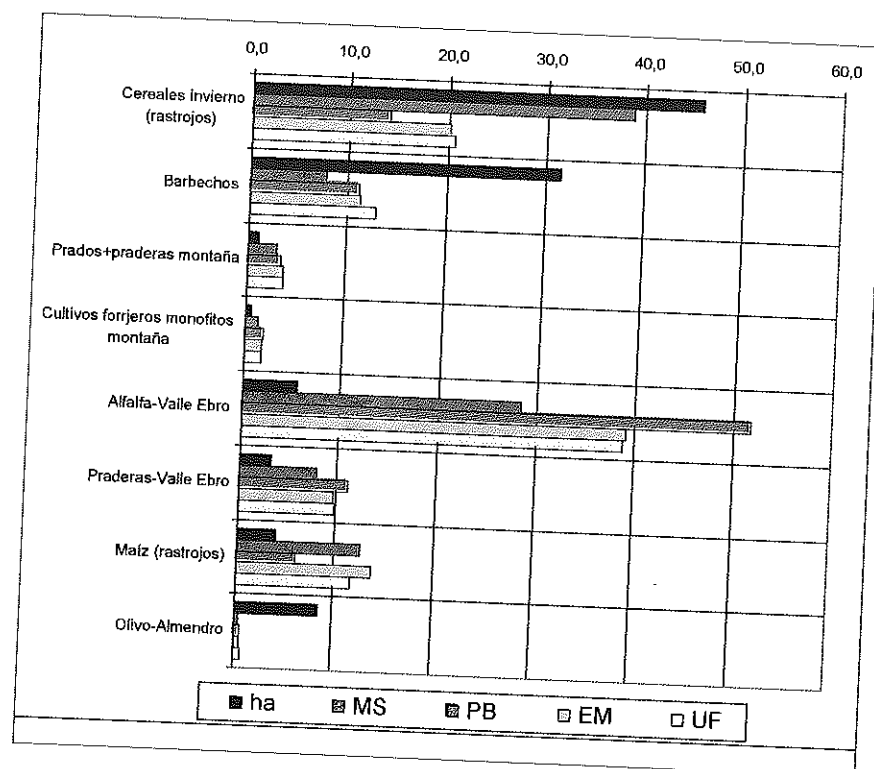


Figura 2.—Porcentajes de superficies y producciones totales (MS, PB, EM, UF) anuales de los recursos pascícolas de las superficies agrícolas en función de los cultivos dominantes o codominantes.

CONCLUSIONES

Las producciones totales anuales de recursos pastables y forrajeros de las superficies agrícolas de Aragón suponen del orden de 3,4 millones de toneladas de MS, 25 millones de GJ de EM, 1750 millones de UF y 0,39 millones de toneladas de PB. Con estas cifras podemos ya avanzar que se cubren la mayor parte de las necesidades alimenticias de la cabaña de rumiantes en Aragón, por lo que la práctica de pastoreo en el monte, incluido el aprovechamiento de los pastos de puerto, está teniendo cada vez menos relevancia, y ello fundamentalmente por razones socio-económicas ligadas al pastoreo extensivo con pastor.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUILERA, J.F., 2001. Aportaciones al conocimiento de la nutrición energética de pequeños rumiantes, con particular referencia al ganado caprino. *Arch. Zootec.*, **50**, 565-596.
- BROCA, A.; FERRER, C.; MAESTRO, M., 2002. Cartografía preliminar de recursos pascícolas en Aragón. La Provincia de Huesca como ejemplo. En *XLII Reunión Científica de la SEEP*, Lleida, 237-243.
- FERRER, C.; SAN MIGUEL, A.; OLEA, L., 2001. Nomenclátor básico de pastos en España. *Pastos*, **31(1)**, 7-44.
- MAESTRO, M.; FERRER, C.; BROCA, A., 2002. Presentación preliminar de una tabla de resultados productivos y analíticos de recursos pascícolas de Aragón. En *XLII Reunión Científica de la SEEP*, Lleida, 257-264.
- MAESTRO, M.; DELGADO, I.; BROCA, A.; FERRER, C., 2003. Evaluación de los recursos pastables y forrajeros de las superficies agrícolas de la provincia de Huesca. En *XLIII Reunión Científica de la SEEP*, Granada, 803-809.
- MAESTRO, M.; BROCA, A.; BARRANTES, O.; FERRER, C., 2004. Tipificación y cartografía de los pastos de superficies agrícolas en Aragón. En *XLIV Reunión Científica de la SEEP*, Salamanca (en este volumen).

Pastos arbustivos y pastizales del tipo lasto-timo-aliagar de la Depresión del Ebro en la provincia de Huesca. Tipificación, cartografía y valoración

O. BARRANTES, R. REINÉ, J. ASCASO, A. MENDOZA, A. BROCA y C. FERRER

Dpto. Agricultura y Economía Agraria. Universidad de Zaragoza. Miguel Servet, 177. E-50013 Zaragoza (España).

RESUMEN: Este trabajo se enmarca en el ámbito del Proyecto "Tipificación, Cartografía y Evaluación de los Pastos Españoles" (INIA-CCAA OTOO-037-C17), aportándose resultados a partir de las unidades fitocenológicas y cartográficas establecidas por Barrantes *et al.* (2003), el II Inventario Forestal Nacional (DGCN, 1996) y las especies dominantes del Mapa Forestal de España (DGCN, 2001). Se establecen inventarios-tipo que permiten la estimación de la producción de los pastos. Se tipifican aquí "lasto-timo-aliagares" de la Depresión del Ebro en la provincia de Huesca como un mosaico de *Thero-Brachypodium retusi*, *Rosmarino-Ericion multiflorae* y *Helianthemo italici-Aphyllanthion monspeliensis*. Estos pastos arbustivos ocupan en la zona 79 992 ha y se han valorado con una producción de 627 UF ha⁻¹ año⁻¹, lo que implica una producción total anual de 50 100 000 UF.

Palabras clave: Unidades fitosociológicas, Superficies (ha), Inventarios-tipo, Valor Pastoral, Unidades Forrajeras.

Shrub and rough grasslands ("false brome-thyme-genista type") in the Ebro Valley of the Huesca province (Spain). Characterization, cartography and evaluation

SUMMARY: This work is settled in the context of the Project "Characterization, Cartography and Evaluation of Spanish pastures" (INIA-CCAA OTOO-037-C17). Results of the characterization, cartography and evaluation by means of the phytocenologic and cartographic units established by Barrantes *et al.* (2003), the II National Forestry Inventory (DGCN, 1996) and the Forestry Map of Spain (DGCN, 2001) are presented. Considering the dominant species provided by the last mentioned work and the phytosociological characterizations, type-inventories are established, which allow an estimation of the pasture production. In this work the "false brome-thyme-genista types" have been typified as a mosaic of grasslands of *Thero-Brachypodium retusi*, *Rosmarino-Ericion multiflorae* and *Helianthemo italici-Aphyllanthion monspeliensis*. These shrub pastures amount 79 992 ha in the area and their production has been evaluated in 627 FU ha⁻¹ year⁻¹, meaning a total annual production of about 50 100 000 FU.

Key words: Phytosociologic units, Surface areas (ha), Type-Inventories, Pastoral Value, Forage Units (FU).

INTRODUCCIÓN

En el Proyecto "Tipificación, Cartografía y Evaluación de los Pastos Españoles" (INIA-CCAA), se presentan varios problemas a la hora de abordar los pastos arbustivos. En el II Inventario Forestal Nacional (IFN) (DGCN, 1996), en la capa de "Usos" referente a "Forestal desarbolado", el código "M" (matorral) se ha identificado a pastos arbustivos y el código "P" a pastizales, pero no hay más información sobre especies. Para tipificar o desagregar estos polígonos "M" y "P" es necesario recurrir a la superposición del Mapa Forestal de España (MFE) (DGCN, 2001) donde sí se informa sobre especies herbáceas y arbustivas dominantes. Con ello se habría resuelto el problema de la Tipificación y Cartografía. Sin embargo, en este tipo de pastos donde el ganado, además de consumir especies herbáceas, ramonea flores, frutos, hojas, ramón, rebrotes, etc. de especies arbustivas, no se puede utilizar para su valoración el sistema convencional de los pastos herbáceos: siega-pesada-análisis químico. Por ello se ha recurrido al método sintético del Valor Pastoral (VP). Pero, a su vez, para aplicar esta metodología es preciso partir de un inventario con las especies más abundantes y su contribución específica porcentual (Cs) al pasto. Por ello es necesario asociar las especies dominantes proporcionadas por el MFE a comunidades fitosociológicas previamente establecidas (Barrantes *et al.* 2003) que nos permitan establecer inventarios-tipo. Esto es lo que se hace en este trabajo para el estudio de los "lasto-timo-aliagares" de la Depresión del Ebro.

MATERIAL Y MÉTODOS

A las unidades de pastos arbustivos y pastizales obtenidas a partir del IFN (Barrantes *et al.*, 2003), se les ha superpuesto la base de datos del MFE a escala 1:200 000 (DGCN, 2001) en versión digital, donde aparecen especies dominantes: "rótulo_x" (x= 1 a 4) y, en su caso, "nombre". Para desagregar los pastos arbustivos y pastizales de la Depresión del Ebro en la provincia de Huesca se ha trabajado simultáneamente con información bibliográfica de carácter fitosociológico, especialmente la publicación de Braun-Blanquet y Bolòs (1957), actualizándola con la de Rivas-Martínez *et al.* (2002), y con la información proporcionada por el MFE. De este modo se han seleccionado las unidades fitosociológicas más relevantes que pudieran tener una fácil identificación a partir de las especies dominantes del MFE, estableciéndose para cada una de dichas unidades un inventario-tipo, y calculando el valor pastoral (VP) según la metodología de Daget y Poissonet (1972) y su desarrollo (Amella y Ferrer, 1979; Ascaso *et al.*, 1996). En los inventarios-tipo se ha prescindido de las especies con mera presencia (+). La frecuencia específica (Fs) de cada especie se ha calculado según la siguiente equivalencia de los índices de abundancia-dominancia: 1=2,5%, 2=15%, 3=37,5%, 4=62,5 y 5=87,5%. Puesto que la suma de porcentajes de Fs no suele sumar 100%, posteriormente se ha calculado la contribución específica (Cs) para llevar los datos a 100%: $Cs = Fs (100 - \% \text{ Suelo desnudo}) / \sum Fs$. El cálculo de UF en esta ecología se obtiene mediante: $UF \text{ ha}^{-1} \text{ estación}^{-1} = 15VP$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los "lasto-timo aliagares" de la Depresión del Ebro han sido asimilados (Tabla 1) a un mosaico de tres alianzas fitosociológicas: *Thero-Brachypodium retusi*, *Rosmarino-Ericion multiflorae* y *Helianthemo italicum-Aphyllanthion monspeliensis*, que implican a 1462 polígonos del IFN, y ocupan la mayor parte del territorio de monte en la Depresión del Ebro de la provincia de Huesca: 79 922 ha, según nuestra cartografía (Figura 1). Son formaciones más o menos arbustivas que aparecen como degradación de *Rhamno lycioidis-Quercetum cocciferae* al sur de la provincia o de *Quercion ilicis* al norte de la Depresión y ya en contacto con las Sierras Exteriores Prepirenaicas. Hemos considerado tres comunidades a nivel de alianza que tienen en común, con cobertura más o menos elevada, especies tales como "lastón ramoso" (*Brachypodium retusum*), "aliaga" (*Genista scorpius*), "tomillo" (*Thymus vulgaris*) y "avena de monte" (*Avenula bromoides*):

Tabla 1. Correspondencia entre unidades fitosociológicas y especies o formaciones dominantes en el Mapa Forestal de España (MFE) (DGCN, 2001).

Unidad fitosociológica	Ubicación	Rótulos o nombres del MFE
Mosaico de <i>Therobrachypodium</i> , <i>Rosmarino-Ericion</i> y <i>Aphyllanthion</i>	Depresión del Ebro	<i>Brachypodium retusum</i> , <i>Thymus vulgaris</i> , <i>Genista scorpius</i> , <i>Rosmarinus officinalis</i> , y combinaciones entre ellas y con otras especies, tales como <i>Juniperus oxycedrus</i> , <i>J. phoenicia</i> , <i>Buxus sempervirens</i> , etc.

Thero-Brachypodium retusi puede considerarse como un pastizal por la dominancia absoluta (Tabla 2) de *B. retusum* (41% de cobertura) y ocupa suelos más frescos y vertientes más umbrías que los albardinales (Barrantes *et al.*, 2004). En estos pastos destacan de lejos las matas de "gamón" (*Asphodelus cerasiferus*) y de *Ruta angustifolia*, que se ven favorecidas por el fuego repetido y el sobrepastoreo. El ganado aprovecha el rebrote o las hojas tiernas de *B. retusum* (gramínea hemipterofita). La producción anual de este pastizal es de 699 UF ha^{-1} , de las cuales 213 UF (un 30%) se producen en primavera. El resto de las estaciones siguen siendo relativamente productivas y no se dan diferencias marcadas entre ellas, debido a que las dos especies comestibles más abundantes (*B. retusum* y *T. vulgaris*) ofrecen alimento todo el año.

Rosmarino-Ericion multiflorae alterna en las laderas con la alianza anterior y prefiere sustratos calizos más o menos descarnados. En esta comunidad aparece el "romero" (*Rosmarinus officinalis*) y lo hace (Tabla 3) con una cobertura media del 11%. Son frecuentes los árboles dispersos de *Pinus halepensis* pero también

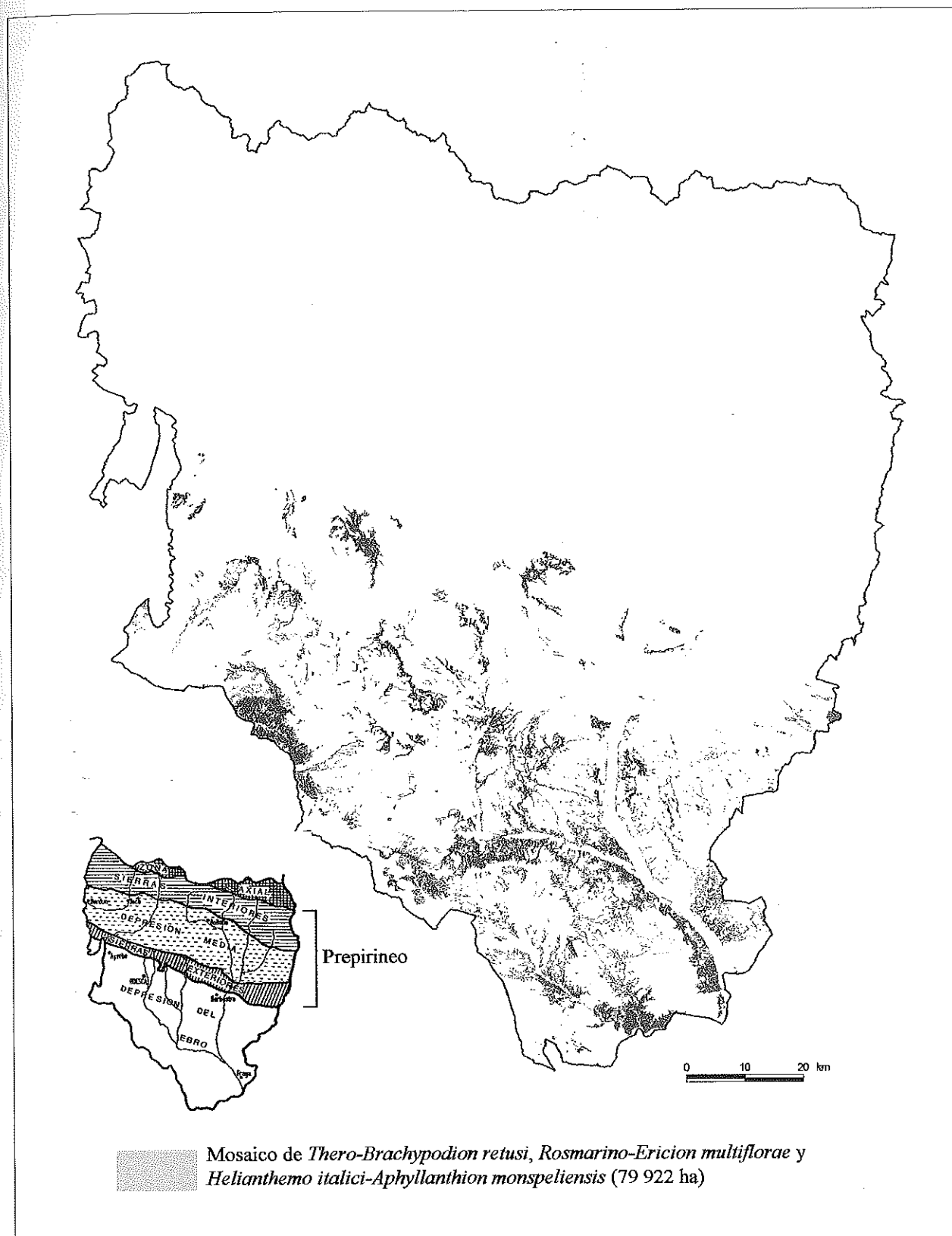


Figura 1.—Cartografía de los pastos arbustivos del tipo “lasto-timo-aliagar” de la Depresión del Ebro en la provincia de Huesca.

Tabla 2. Inventario-tipo y cálculo del valor pastoral de los pastos arbustivos pertenecientes a la alianza *Thero-Brachypodium retusi*

THERO-BRACHYPODION RETUSI	Cs	Is				Cs x Is			
		I	P	V	O	I	P	V	O
○ <i>Brachypodium retusum</i>	41,0	1	1	1	1	41,0	41,0	41,0	41,0
<i>Thymus vulgaris</i>	6,5	1	1	1	1	6,5	6,5	6,5	6,5
● <i>Phlomis lychnitis</i>	5,5	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Genista scorpius</i>	4,5	0	1	1	0	0	4,5	4,5	0
○ <i>Asphodelus cerasiferus</i>	3,5	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ruta angustifolia</i>	2,5	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Artemisia herba-alta</i>	2,0	0	2	0	0	0	4,0	0	0
<i>Asphodelus fistulosus</i>	2,0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Convolvulus lineatus</i>	2,0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Crucianella angustifolia</i>	2,0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Medicago minima</i>	2,0	0	2	1	0	0	4,0	2,0	0
<i>Plantago albicans</i>	2,0	1	1	0	1	2,0	2,0	0	2,0
× <i>Avenula bromoides</i>	1,5	0	2	1	2	0	3,0	1,5	3,0
<i>Anagallis arvensis</i>	1,0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Atractylis humilis</i>	1,0	0	1	0	0	0	1,0	0	0
○ <i>Dactylis glomerata subsp. hispanica</i>	1,0	0	2	1	2	0	2,0	1,0	2,0
<i>Echinaria capitata</i>	1,0	0	1	0	0	0	1,0	0	0
<i>Micropus erectus</i>	1,0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Plantago afra</i>	1,0	0	1	0	1	0	1,0	0	1,0
<i>Serratula flavescens</i>	1,0	0	1	0	0	0	1,0	0	0
<i>Sherardia arvensis</i>	1,0	0	0	0	0	0	0	0	0
Suelo desnudo	15,0								
Σ (Cs.Is)						49,5	71,0	56,5	55,5
VP = 0,2 Σ (Cs.Is)						9,9	14,2	11,3	11,1
UF ha ⁻¹ = 15VP						149	213	170	167
UF ha ⁻¹ año ⁻¹ : 699									

● = especies características de la alianza; × = especies características del orden *Lygea-Stipetalia*; ○ = especies características de la clase *Lygea-Stipetea*
 Cs = Contribución específica en % de recubrimiento, Is = Índices específicos, I = invierno, P = primavera, V = verano, O = otoño, VP = valor pastoral, UF = unidades forrajeras.

Tabla 3. Inventario-tipo y cálculo del valor pastoral de los pastos arbustivos pertenecientes a la alianza *Rosmarino-Ericion multiflorae*

ROSMARINO-ERICION MULTIFLORAE	Cs	Is				Cs x Is			
		I	P	V	O	I	P	V	O
<i>Brachypodium retusum</i>	18,0	1	1	1	1	18,0	18,0	18,0	18,0
○ <i>Rosmarinus officinalis</i>	11,0	0	1	0	0	0	11,0	0	0
○ <i>Thymus vulgaris</i>	8,0	1	1	1	1	8,0	8,0	8,0	8,0
× <i>Genista scorpius</i>	7,0	0	1	1	0	0	7,0	7,0	0
● <i>Linum suffruticosum</i>	5,0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Salvia officinalis</i>	5,0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Koeleria vallesiana</i>	4,0	0	1	1	1	0	4,0	4,0	4,0
× <i>Thymelaea tinctoria</i>	4,0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Avenula bromoides</i>	3,0	0	2	1	2	0	6,0	3,0	6,0
<i>Hedysarum humile</i>	2,0	0	2	1	1	0	4,0	2,0	2,0
● <i>Helianthemum marifolium subsp. marifolium</i>	2,0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Lithospermum fruticosum</i>	2,0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pinus halepensis</i>	1,5	0	0	0	0	0	0	0	0
○× <i>Fumana ericoides</i>	1,0	0	0	0	0	0	0	0	0
● <i>Helianthemum origanifolium</i>	1,0	0	0	0	0	0	0	0	0
○ <i>Bupleurum frutescens</i>	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0
Suelo desnudo	25,0								
Σ (Cs.Is)						26,0	58,0	42,0	38,0
VP = 0,2 Σ (Cs.Is)						5,2	11,6	8,4	7,6
UF ha ⁻¹ = 15VP						78	174	126	114
UF ha ⁻¹ año ⁻¹ : 492									

● = especies características de la alianza; × = especies características del orden *Rosmarinetalia officinalis*; ○ = especies características de la clase *Rosmarinetea officinalis*
 Cs = Contribución específica en % de recubrimiento, Is = Índices específicos, I = invierno, P = primavera, V = verano, O = otoño, VP = valor pastoral, UF = unidades forrajeras.

Tabla 4. Inventario-tipo y cálculo del valor pastoral de los pastos arbustivos pertenecientes a la alianza *Helianthemo italici-Aphyllanthion monspeliensis*.

HELIANTHEMO ITALICI- APHYLLANTHION MONSPELIENSIS	Cs	Is				Cs x Is			
		I	P	V	O	I	P	V	O
<i>Brachypodium retusum</i>	20,2	1	1	1	1	20,2	20,2	20,2	20,2
× <i>Genista scorpius</i>	16,7	0	1	1	0	0	16,7	16,7	0
○ <i>Thymus vulgaris</i>	6,8	1	1	1	1	6,8	6,8	6,8	6,8
<i>Koeleria vallesiana</i>	5,9	0	1	1	1	0	5,9	5,9	5,9
○ <i>Bupleurum frutescens</i>	4,7	0	0	0	0	0	0	0	0
○ <i>Aphyllanthes monspeliensis</i>	4,7	1	2	1	1	4,7	9,4	4,7	4,7
<i>Festuca ovina</i>	3,6	0	1	1	1	0	3,6	3,6	3,6
<i>Echinops ritro</i>	2,7	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Bromus erectus</i>	2,6	1	3	1	2	2,6	7,8	2,6	5,2
<i>Helianthemum marifolium</i> subsp. <i>marifolium</i>	2,6	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Avenula bromoides</i>	2,2	0	2	1	2	0	4,4	2,2	4,4
<i>Carduncellus monspeliensis</i>	2,0	0	1	0	0	0	2,0	0	0
<i>Potentilla neumanniana</i>	1,6	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Linum narbonense</i>	0,9	0	0	0	0	0	0	0	0
× <i>Teucrium capitatum</i>	0,9	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Atractylis humilis</i>	0,7	0	1	0	0	0	0,7	0	0
<i>Lotus corniculatus</i>	0,5	0	2	1	0	0	1,0	0,5	0
<i>Dorycnium pentaphyllum</i>	0,4	0	2	1	1	0	0,8	0,4	0,1
<i>Santolina chamaecyparissus</i>	0,4	0	0	0	0	0	0	0	0
× <i>Scorzonera hispanica</i>	0,4	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Eryngium campestre</i>	0,3	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Astragalus incanus</i>	0,3	0	2	1	1	0	0,6	0,3	0,3
<i>Centaurea conifera</i>	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Fumana procumbens</i>	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0
Suelo desnudo	18,5								
Σ (Cs.Is)						34,3	79,9	63,9	51,5
VP = 0,2 Σ (Cs.Is)						6,9	16,0	12,8	10,3
UF ha ⁻¹ = 15VP						104	240	192	155
UF ha ⁻¹ año ⁻¹ : 691									

× = especies características del orden *Rosmarinetalia officinalis*; ○ = especies características de la clase *Rosmarinetea officinalis*
 Cs = Contribución específica en % de recubrimiento, Is = Índices específicos, I = invierno, P = primavera, V = verano, O = otoño, VP = valor pastoral, UF = unidades forrajeras.

ejemplares de *Juniperus thurifera*, *J. oxycedrus*, *Quercus coccifera* y *Buxus sempervirens*. Su valor como pasto es menor que en el caso anterior: el lastón es aquí menos abundante (18%). Se ha calculado una producción anual de 492 UF ha⁻¹ de las que 174 UF (el 35%) se producen en primavera, siendo el invierno la estación más pobre con 78 UF (el 16%).

Helianthemo italici-Aphyllanthion monspeliensis, es una comunidad caracterizada por la presencia del "junquillo" o "chunqueta" (*Aphyllanthes monspeliensis*), liliácea de cierto valor pastoral. Se ubica claramente en el área climática del carrascal (*Quercion ilicis*) y, por tanto, en la zona norte de Huesca-Barbastro (Somon-tanos), pero también en cotas mayores de 500-600 m más al sur (Sierra de Alcubierre, Almudevar, etc.). Esta comunidad presenta (Tabla 4) una cobertura de lastón del 20,2%, pero también aparecen otras gramíneas con cierta abundancia (*Koeleria vallesiana*, *Festuca ovina*, *Bromus erectus*, *Avenula bromoides*) así como algunas leguminosas (*Lotus corniculatus*, *Dorycnium pentaphyllum*, *Astragalus incanus*). El valor total anual es de 691 UF ha⁻¹ de las que 240 UF (el 35%) se producen en primavera. Como vemos, muy parecido al del *Thero-Brachypodium retusi*.

Si consideramos el valor medio anual de este mosaico de pastos (627 UF ha⁻¹) y lo multiplicamos por las 79 922 ha que ocupa en la Depresión del Ebro de la provincia de Huesca, obtenemos una producción total anual de unas 50 100 000 UF, nada despreciable.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMELLA, A.; FERRER, C., 1979. *Utilización de un método fitológico en la determinación del valor nutritivo de pastos*. Trabajos del I.E.P.G.E., 37. CSIC-Universidad de Zaragoza, 10 pp. Zaragoza (España).
- ASCASO, J.; FERRER, C.; MAESTRO, M., 1996. Valoración estacional y anual de los recursos pastables en el Maestrazgo de Castellón. En *Actas de la XXXVI Reunión Científica de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos*, 161-166.
- BARRANTES, O.; ASCASO, J.; BROCA, A.; FERRER, C., 2003. Tipificación y cartografía fitocenológica de los pastos de monte en la provincia de Huesca. En *Pastos, desarrollo y conservación*, 161-166. Ed. A.B. ROBLES; M.E. RAMOS; M.C. MORALES; E. DE SIMÓN; J.L. GONZÁLEZ; J. BOZA. Granada (España).
- BARRANTES, O.; REINÉ, R.; MENDOZA, A.; BROCA, A.; FERRER, C. (2004). Pastizales (albardinales) y pastos arbustivos xerófilos (sisallares) de la depresión del Ebro en la provincia de Huesca. Tipificación, cartografía y valoración. En *Actas de la XLIV Reunión Científica de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos*.
- BRAUN-BLANQUET, J.; BOLÒS, O., 1957. *Les groupements vegetaux du bassin moyen de l'Ebre et leur dynamisme*. Anales de la Estación Experimental de Aula Dei, vol 5, nº 1-4, 266pp. Zaragoza (España).
- DAGET, P.; POISSONET, J., 1972. Un procédé d'estimation de la valeur pastorale des paturages. *Fourrages*, 49, 31-39.
- DGCN (Dirección General de Conservación de la Naturaleza), 1996. *II Inventario Forestal Nacional 1986-1995. Aragón*. Ed. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid (España).
- DGCN (Dirección General de Conservación de la Naturaleza), 2001. *Mapa forestal de España (versión digital)*. Ed. Organismo Autónomo Parques Nacionales. Madrid (España).
- RIVAS MARTÍNEZ, S.; RIVAS GONZÁLEZ, T.E.; FERNÁNDEZ GONZÁLEZ, F.; IZCO, J.; LOIDI, J.; LOUSA, M.; PENAS MERINO, A., 2002. Vascular plant communities of Spain and Portugal. *Itinera Geobotanica*, 15 (1) y (2), 5-922.

Pastizales (albardinales) y pastos arbustivos xerófilos (sisallares) de la Depresión del Ebro en la provincia de Huesca. Tipificación, cartografía y valoración

O. BARRANTES, R. REINÉ, J. ASCASO, A. MENDOZA, A. BROCA y C. FERRER

Dpto. Agricultura y Economía Agraria. Universidad de Zaragoza. Miguel Servet, 177. E-50013 Zaragoza (España).

RESUMEN: Este trabajo se enmarca en el ámbito del Proyecto "Tipificación, Cartografía y Evaluación de los Pastos Españoles" (INIA-CCAA OTOO-037-C17), aportándose resultados a partir de las unidades fitocenológicas y cartográficas establecidas por Barrantes *et al.* (2003), el II Inventario Forestal Nacional (DGCN, 1996) y las especies dominantes del Mapa Forestal de España (DGCN, 2001). Se establecen inventarios-tipo que permiten la estimación de la producción de los pastos. Se tipifican aquí los "albardinales" como unos pastizales de *Agropyro pectinatis-Lygeion sparti* y los "sisallares" como unos pastos arbustivos de *Salsolo vermiculatae-Peganion harmalae*, formando un mosaico que ocupa en la zona 5083 ha. La producción media se ha calculado en 654 UF ha⁻¹ año⁻¹, lo que implica una producción total anual de unas 3 325 000 UF.

Palabras clave: Unidades fitosociológicas, Superficies (ha), Inventarios-tipo, Valor Pastoral, Unidades Forrajeras.

Rough grasslands ("albardine-type") and xerophytic shrub pastures ("salwort-type") in the Ebro Valley of the Huesca province (Spain). Characterization, cartography and evaluation

SUMMARY: This work is settled in the context of the Project "Characterization, Cartography and Evaluation of Spanish pastures" (INIA-CCAA OTOO-037-C17). Results of the characterization, cartography and evaluation by means of the phytocenologic and cartographic units established by Barrantes *et al.* (2003), the II National Forestry Inventory (DGCN, 1996) and the Forestry Map of Spain (DGCN, 2001) are presented. Considering the dominant species provided by the last mentioned work and the phytosociological characterizations, type-inventories are established, which allow an estimation of the pasture production. In this work the "albardine-types" have been typified as rough grasslands of *Agropyro pectinatis-Lygeion sparti* and the "salwort-types" as shrub pastures of *Salsolo vermiculatae-Peganion harmalae*, making a mosaic of 5083 ha in the area. A mean production of 654 FU ha⁻¹ year⁻¹ has been calculated, amounting a total annual production of about 3 325 000 FU.

Key words: Phytosociologic units, Surface areas (ha), Type-Inventories, Pastoral Value, Forage Units (FU).

INTRODUCCIÓN

En el Proyecto "Tipificación, Cartografía y Evaluación de los Pastos Españoles" (INIA-CCAA), se presentan varios problemas a la hora de abordar los pastizales y los pastos arbustivos. En el II Inventario Forestal Nacional (IFN) (DGCN, 1996), en la capa de "Usos" referente a "Forestal desarbolado", el código "M" (matorral) se ha identificado a pastos arbustivos y el código "P" a pastizales, pero no hay más información sobre especies. Para tipificar o desagregar estos polígonos "M" y "P" es necesario recurrir a la superposición del Mapa Forestal de España (MFE) (DGCN, 2001) donde sí se informa sobre especies herbáceas y arbustivas dominantes. Con ello se habría resuelto el problema de la Tipificación y Cartografía. Sin embargo, en estos mosaicos de pastos donde el ganado, además de consumir especies herbáceas, ramonea flores, frutos, hojas, ramón, rebrotes, etc. de especies arbustivas, no se puede utilizar para su valoración el sistema convencional de los pastos herbáceos: siega-pesada-análisis químico. Por ello se ha recurrido al método sintético del Valor Pastoral (VP). Pero, a su vez, para aplicar esta metodología es preciso partir de un inventario con las especies más abundantes y su contribución específica porcentual (Cs) al pasto. Por ello es necesario asociar las especies dominantes proporcionadas por el MFE a comunidades fitosociológicas previamente establecidas (Barrantes

et al. 2003) que nos permitan establecer inventarios-tipo. Esto es lo que se hace en este trabajo para el estudio de los "albardinales" y "sisallares" de la Depresión del Ebro.

MATERIAL Y MÉTODOS

A las unidades de pastos arbustivos y pastizales obtenidas a partir del IFN (Barrantes *et al.*, 2003), se les ha superpuesto la base de datos del MFE a escala 1:200 000 (DGCN, 2001) en versión digital, donde aparecen especies dominantes: "rótulo_x" (x= 1 a 4) y, en su caso, "nombre". Para desagregar los pastos arbustivos y pastizales de la Depresión del Ebro en la provincia de Huesca se ha trabajado simultáneamente con información bibliográfica de carácter fitosociológico, especialmente la publicación de Braun-Blanquet y Bolòs (1957), actualizándola con la de Rivas-Martínez *et al.* (2002), y con la información proporcionada por el MFE. De este modo se han seleccionado las unidades fitosociológicas más relevantes que pudieran tener una fácil identificación a partir de las especies dominantes del MFE, estableciéndose para cada una de dichas unidades un inventario-tipo, y calculando el valor pastoral (VP) según la metodología de Daget y Poissonet (1972) y su desarrollo (Amella y Ferrer, 1979; Ascaso *et al.*, 1996). En los inventarios-tipo se ha prescindido de las especies con mera presencia (+). La frecuencia específica (Fs) de cada especie se ha calculado según la siguiente equivalencia de los índices de abundancia-dominancia: 1=2,5%, 2=15%, 3=37,5%, 4=62,5 y 5=87,5%. Puesto que la suma de porcentajes de Fs no suele sumar 100%, posteriormente se ha calculado la contribución específica (Cs) para llevar los datos a 100%: $Cs = Fs (100\% \text{ Suelo desnudo}) / \sum Fs$. El cálculo de UF en esta ecología se obtiene mediante: $UF \text{ ha}^{-1} \text{ estación}^{-1} = 15VP$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los "albardinales" y "sisallares" de la Depresión del Ebro han sido asimilados (Tabla 1) a un mosaico, difícil de desagregar a la escala en la que se trabaja en el Proyecto, de dos alianzas fitosociológicas: *Agropyro pectinati-Lygeion sparti* y *Salsolo vermiculatae-Peganion harmalae*, que implican a 141 polígonos del IFN. Estas comunidades aparecen fundamentalmente al sur de la provincia (Figura 1) y se desarrollan sobre materiales miocénicos y en el dominio climácico de los "coscojares" (*Rhamno lycioidis-Quercetum cocciferae*) con pino carrasco (*Pinus halepensis*). Los "albardinales" (*Agropyro pectinati-Lygeion sparti*) pueden considerarse pastizales por el dominio de las gramíneas y de otras especies herbáceas, y ocupan las zonas convexas del microrrelieve. Los "sisallares" (*Salsolo vermiculatae-Peganion harmalae*), arbustivos, ocupan las zonas cóncavas y por tanto con mayor humedad y, a veces, afloramientos yesosos. Los "sisallares", por su mayor utilización ganadera, presentan también una cierta nitrofilia. Como especie común muy aparente en ambas comunidades destacamos las matas de "ontina" (*Artemisia-herba-alba*).

Tabla 1. Correspondencia entre unidades fitosociológicas y especies o formaciones dominantes en el Mapa Forestal de España (MFE) (DGCN, 2001).

Unidad fitosociológica	Ubicación	Rótulos o nombres del MFE
Mosaico de <i>Agropyro-Lygeion</i> y <i>Salsolo-Peganion</i>	Depresión del Ebro	<i>Lygeum spartum</i> , <i>Artemisia herba-alba</i> , <i>Atriplex halimus</i> , <i>Salsola vermiculata</i> , y combinaciones entre ellas y con otras especies, tales como <i>Brachypodium retusum</i> , etc.

Las superficies retiradas del cultivo en estas zonas son rápidamente ocupadas por especies de ambas alianzas y termina por dominar una u otra en función del grado de pastoreo y de la humedad, como se ha dicho antes.



Figura 1. Cartografía de los "albardinales" y "sisallares" de la Depresión del Ebro en la provincia de Huesca.

Tabla 2: Inventario-tipo y cálculo del valor pastoral de los pastos arbustivos pertenecientes a la alianza *Agropyro pectinati-Lygeion sparti*

AGROPYRO PECTINATI-LYGEION SPARTI	Cs	Is				Cs x Is			
		I	P	V	O	I	P	V	O
● <i>Lygeum spartum</i>	18,0	0	1	0	0				
<i>Stipa lagascae</i>	10,0	0	1	0	0	0	18,0	0	0
× <i>Artemisia herba-alba</i>	6,0	0	2	0	0	0	10,0	0	0
<i>Brachypodium distachyum</i>	6,0	0	1	0	0	0	12,0	0	0
○ <i>Brachypodium retusum</i>	6,0	1	1	1	1	6,0	6,0	6,0	6,0
<i>Lithospermum apulum</i>	6,0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Centaurea melitensis</i>	2,0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Crucianella patula</i>	2,0	0	0	0	0	0	0	0	0
○ <i>Dactylis glomerata subsp. hispanica</i>	2,0	0	2	1	2	0	4,0	2,0	4,0
<i>Desmazeria rigida</i>	2,0	0	1	0	0	0	2,0	0	0
<i>Galium parisiense</i>	2,0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Herniaria cinerea</i>	2,0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Linum strictum</i>	2,0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Malva aegyptia</i>	2,0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Medicago minima</i>	2,0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Micropus erectus</i>	2,0	0	2	1	0	0	4,0	2,0	0
<i>Plantago albicans</i>	2,0	1	1	0	0	0	0	0	0
<i>Stipa parviflora</i>	2,0	0	1	0	1	2,0	2,0	0	2,0
<i>Wangenheimia lima</i>	2,0	0	1	0	0	0	2,0	0	0
<i>Agropyron cristatum</i>	1,0	0	2	1	2	0	2,0	1,0	2,0
<i>Helianthemum salicifolium</i>	1,0	0	0	0	0	0	0	0	0
Suelo desnudo	20								
Σ (Cs.Is)						8,0	70,0	11,0	14,0
VP = 0,2 Σ (Cs.Is)						1,6	14,0	2,2	2,8
UF ha ⁻¹ = 15VP						24	210	33	42
UF ha ⁻¹ año ⁻¹ : 309									

● = especies características de la alianza *Agropyra pectinati-Lygeion sparti*; × = especies características del orden *Lygeo-Stripetalia*; ○ = especies características de la clase *Lygeo-Stripetea*
 Cs = Contribución específica en % de recubrimiento, Is = Índices específicos, I = invierno, P = primavera, V = verano, O = otoño, VP = valor pastoral, UF = unidades forrajeras.

Tabla 3. Inventario-tipo y cálculo del valor pastoral de los pastos arbustivos pertenecientes a la alianza *Salsolo vermiculatae-Peganion harmalae*

SALSOLO VERMICULATAE- PEGANION HARMALAE	Cs	Is				Cs x Is			
		I	P	V	O	I	P	V	O
× <i>Atriplex halimus</i>	20,0	1	3	2	2	20,0	60,0	40,0	40,0
× <i>Salsola vermiculata</i>	12,0	1	2	1	2	12,0	24,0	12,0	24,0
<i>Camphorosma monspeliaca</i>	11,0	1	2	1	1	11,0	22,0	11,0	11,0
<i>Hordeum murinum</i>	8,0	0	1	0	0	0	8,0	0	0
○ <i>Peganum harmala</i>	8,0	0	0	0	0	0	0	0	0
× <i>Artemisia herba-alba</i>	4,0	0	2	0	0	0	8,0	0	0
<i>Bromus rubens</i>	4,0	0	1	0	0	0	4,0	0	0
<i>Lophochloa cristata</i>	4,0	0	1	1	1	0	4,0	4,0	4,0
<i>Schismus barbatus</i>	4,0	0	1	0	0	0	4,0	0	0
<i>Torilis nodosa</i>	4,0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Dactylis glomerata subsp. hispanica</i>	2,0	0	2	1	2	0	4,0	2,0	4,0
<i>Filago sp.</i>	2,0	0	0	0	0	0	0	0	0
× <i>Marrubium alysson</i>	2,0	0	0	0	0	0	0	0	0
Suelo desnuda	15,0								
Σ (Cs.Is)						43,0	138,0	69,0	83,0
VP = 0,2 Σ (Cs.Is)						8,6	27,6	13,8	16,6
UF ha ⁻¹ = 15VP						129	414	207	249
UF ha ⁻¹ año ⁻¹ : 999									

× = especies características del orden *Salsolo vermiculatae-Peganetalia harmalae*; ○ = especies características de la clase *Pegano-Salsotea*
 Cs = Contribución específica en % de recubrimiento, Is = Índices específicos, I = invierno, P = primavera, V = verano, O = otoño, VP = valor pastoral, UF = unidades forrajeras.

Los "albardinales" (Tabla 2), además de "albardín" (*Lygeum spartum*), presentan otras gramíneas bastas y poco palatables como *Stipa*, *Brachypodium*, *Dactylis hispanica*, *Desmazeria*, *Agropyron*, etc., y poca cosa más. Su producción anual se ha calculado en 309 UF ha⁻¹ año⁻¹, pero sólo presentan un valor apreciable en primavera: 210 UF ha⁻¹ (68%).

Los "sisallares" (Tabla 3) tienen más interés para el pastoreo por la abundancia de especies apetecidas por el ganado tales como el propio "sisallo" (*Salsola*), las "sosas" (*Atriplex*) y el "rebollo" (*Camphorosma*), y porque el ganado puede ramonear en ellas prácticamente todo el año, lo que les hace más interesantes en los períodos desfavorables. La producción anual de estos pastos es pues bastante elevada, 999 UF ha⁻¹, con un pico muy marcado en primavera: 414 UF ha⁻¹ (el 41%).

Se ha asignado a este mosaico una superficie de 5083 ha en la provincia de Huesca. Considerando el valor medio de las dos alianzas (654 UF ha⁻¹ año⁻¹, de las que 312 UF, casi el 50%, se obtienen en primavera), este tipo de pastos produce anualmente unas 3 325 000 UF.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMELLA, A.; FERRER, C., 1979. *Utilización de un método fitológico en la determinación del valor nutritivo de pastos*. Trabajos del I.E.P.G.E., 37. CSIC-Universidad de Zaragoza, 10 pp. Zaragoza (España).
- ASCASO, J.; FERRER, C.; MAESTRO, M., 1996. Valoración estacional y anual de los recursos pastables en el Maestrazgo de Castellón. En *Actas de la XXXVI Reunión Científica de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos*, 161-166.
- BARRANTES, O.; ASCASO, J.; BROCA, A.; FERRER, C., 2003. Tipificación y cartografía fitocenológica de los pastos de monte en la provincia de Huesca. En *Pastos, desarrollo y conservación*, 161-166. Ed. A.B. ROBLES; M.E. RAMOS; M.C. MORALES; E. DE SIMON; J.L. GONZÁLEZ; J. BOZA. Granada (España).
- BRAUN-BIANQUET, J; BOLÒS, O., 1957. *Les groupements vegetaux du bassin moyen de l'Ebre et leur dynamisme*. Anales de la Estación Experimental de Aula Dei, vol 5, nº 1-4, 266 pp. Zaragoza (España).
- DAGET, P; POISSONET, J., 1972. Un procédé d'estimation de la valeur pastorale des paturages. *Fourrages*, 49, 31-39.
- DGCN (Dirección General de Conservación de la Naturaleza), 1996. *II Inventario Forestal Nacional 1986-1995. Aragón*. Ed. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid (España).
- DGCN (Dirección General de Conservación de la Naturaleza), 2001. *Mapa forestal de España (versión digital)*. Ed. Organismo Autónomo Parques Nacionales. Madrid (España).
- RIVAS MARTÍNEZ, S.; RIVAS GONZÁLEZ, T.E.; FERNÁNDEZ GONZÁLEZ, F; IZCO, J.; LOIDI, J.; LOUSA, M.; PENAS MERINO, A., 2002. Vascular plant communities of Spain and Portugal. *Itinera Geobotanica*, 15 (1) y (2), 5-922.

Pastos arbustivos gipsófilos y halófilos de la Depresión del Ebro en la provincia de Huesca. Tipificación, cartografía y valoración

O. BARRANTES, R. REINÉ, J. ASCASO, A. MENDOZA, A. BROCA y C. FERRER

Dpto. Agricultura y Economía Agraria. Universidad de Zaragoza. Miguel Servet, 177. E-50013 Zaragoza (España).

RESUMEN: Este trabajo se enmarca en el ámbito del Proyecto "Tipificación, Cartografía y Evaluación de los Pastos Españoles" (INIA-CCAA OTOO-037-C17), aportándose resultados a partir de las unidades fitocenológicas y cartográficas establecidas por Barrantes *et al.* (2003), el II Inventario Forestal Nacional (DGCN, 1996) y las especies dominantes del Mapa Forestal de España (DGCN, 2001). Se establecen inventarios-tipo que permiten la estimación de la producción de los pastos. Se tipifican aquí los pastos arbustivos gipsófilos de la Depresión del Ebro en la provincia de Huesca como pertenecientes a *Gypsophilenion hispanicae*, habiéndose cartografiado 8750 ha de ellos y valorándolos en 383 UF ha⁻¹ año⁻¹, lo que implica una producción total anual de unas 3 280 000 UF. Los pastos arbustivos halófilos se han tipificado como *Suaedion braun-blanquetii*, habiéndose cartografiado 545 ha y valorándolos en 634 UF ha⁻¹ año⁻¹, lo que implica una producción total anual de unas 345 000 UF.

Palabras clave: Unidades fitosociológicas, Superficies (ha), Inventarios-tipo, Valor Pastoral, Unidades Forrajeras.

Gypsophilous and halophilous shrub pastures in the Ebro Valley of the Huesca province (Spain). Characterization, cartography and evaluation

SUMMARY: This work is settled in the context of the Project "Characterization, Cartography and Evaluation of Spanish pastures" (INIA-CCAA OTOO-037-C17). Results of the characterization, cartography and evaluation by means of the phytocenologic and cartographic units established by Barrantes *et al.* (2003), the II National Forestry Inventory (DGCN, 1996) and the Forestry Map of Spain (DGCN, 2001) are presented. Considering the dominant species provided by the last mentioned work and the phytosociological characterizations, type-inventories are established, which allow an estimation of the pasture production. In this work of the Ebro Valley of the Huesca province the gypsophilous shrub pastures have been typified as *Gypsophilenion hispanicae*. There have been cartographed amounting 8750 ha and they have been evaluated in 383 FU ha⁻¹ year⁻¹, meaning a total annual production of about 3 280 000 FU. The halophilous shrub pastures have been typified as *Suaedion braun-blanquetii*. There have been cartographed 545 ha and they have been evaluated in 634 FU ha⁻¹ year⁻¹, meaning a total annual production of about 345 000 FU.

Key words: Phytosociologic units, Surface areas (ha), Type-Inventories, Pastoral Value, Forage Units (FU).

INTRODUCCIÓN

En el Proyecto "Tipificación, Cartografía y Evaluación de los Pastos Españoles" (INIA-CCAA), se presentan varios problemas a la hora de abordar los pastos arbustivos. En el II Inventario Forestal Nacional (IFN) (DGCN, 1996), en la capa de "Usos" referente a "Forestal desarbolado", el código "M" (matorral) se ha identificado a pastos arbustivos, pero no hay más información sobre especies. Para tipificar o desagregar estos polígonos "M" es necesario recurrir a la superposición del Mapa Forestal de España (MFE) (DGCN, 2001) donde sí se informa sobre especies arbustivas dominantes. Con ello se habría resuelto el problema de la Tipificación y Cartografía. Sin embargo, en este tipo de pastos donde el ganado, además de consumir especies herbáceas, ramonea flores, frutos, hojas, ramón, rebrotes, etc. de especies arbustivas, no se puede utilizar el sistema convencional de valoración de los pastos herbáceos: siega-pesada-análisis químico. Por ello se ha recurrido al método sintético del Valor Pastoral (VP). Pero, a su vez, para aplicar esta metodología es preciso partir de un inventario con las especies más abundantes y su contribución específica porcentual (Cs) al pasto. Por ello es necesario asociar las especies dominantes proporcionadas por el MFE a comunidades fitosociológicas previamente establecidas (Barrantes *et al.* 2003) que nos permitan establecer inventarios-tipo, todo lo cual es el objetivo de este trabajo para el estudio de los pastos arbustivos gipsófilos y halófilos de la Depresión del Ebro.

MATERIAL Y MÉTODOS

A las unidades de pastos arbustivos obtenidas a partir del IFN (Barrantes *et al.*, 2003), se les ha superpuesto la base de datos del MFE a escala 1:200 000 (DGCN, 2001) en versión digital, donde aparecen especies dominantes: "rótulo_x" (x= 1 a 4) y, en su caso, "nombre". Para desagregar los pastos arbustivos de la Depresión del Ebro en la provincia de Huesca se ha trabajado simultáneamente con información bibliográfica de carácter fitosociológico, especialmente la publicación de Braun-Blanquet y Bolòs (1957), actualizándola con la de Rivas-Martínez *et al.* (2002), y con la información proporcionada por el MFE. De este modo se han seleccionado las unidades fitosociológicas más relevantes que pudieran tener una fácil identificación a partir de las especies dominantes del MFE, estableciéndose para cada una de dichas unidades un inventario-tipo, y calculando el valor pastoral (VP) según la metodología de Daget y Poissonet (1972) y su desarrollo (Amella y Ferrer, 1979; Ascaso *et al.*, 1996). En los inventarios-tipo se ha prescindido de las especies con mera presencia (+). La frecuencia específica (Fs) de cada especie se ha calculado según la siguiente equivalencia de los índices de abundancia-dominancia: 1=2,5%, 2=15%, 3=37,5%, 4=62,5 y 5=87,5%. Puesto que la suma de porcentajes de Fs no suele sumar 100%, posteriormente se ha calculado la contribución específica (Cs) para llevar los datos a 100%: $Cs = Fs (100 - \% \text{ Suelo desnudo}) / \sum Fs$. El cálculo de UF en esta ecología se obtiene mediante: $UF \text{ ha}^{-1} \text{ estación}^{-1} = 15VP$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Pastos arbustivos gipsófilos

Los pastos arbustivos gipsófilos de la Depresión del Ebro han sido asimilados (Tabla 1) a la subalianza fitosociológica *Gypsophilion hispanicae*, e implican 143 polígonos del IFN. En la Depresión del Ebro aparecen afloramientos de yesos oligocénicos y miocénicos que se ponen muy bien de manifiesto por la presencia de especies estrictamente gipsícolas (*Gypsophila hispanica*, *Helianthemum squamatum*, *Ononis tridentata*, *Herniaria fruticosa*, *Stipa barbata*, *Astragalus alopecuroides*, *Teucrium capitatum*, etc.) que caracterizan a *Gypsophilion hispanicae* (*Gypsophiletalia*). Las citadas especies conviven con otras muchas propias de *Rosmarinetea officinalis*. En la provincia de Huesca pueden citarse dos zonas donde dichas comunidades gipsícolas adquieren un cierto desarrollo (Figura 1): una banda de yesos oligocénicos que penetra al este desde Cataluña, por el norte de Tamarite de Litera y sobrepasa Barbastro por el sur, y unos afloramientos miocénicos situados al oeste, en la zona de Castejón de Monegros (más al sur) y Alcalá de Gurrea-Gurrea de Gállego (más al norte). Dentro de *Gypsophilion* pueden considerarse dos asociaciones bien diferenciadas:

Tabla 1. Correspondencia entre unidades fitosociológicas y especies o formaciones dominantes en el Mapa Forestal de España (MFE) (DGCN, 2001).

Unidad fitosociológica	Ubicación	Rótulos o nombres del MFE
<i>Gypsophilion-Helianthemum squamati</i>	Depresión del Ebro	<i>Gypsophila hispanica</i> , <i>Ononis tridentata</i> , matorral mixto gipsófilo, matorral claro gipsófilo, y combinaciones con otras especies, tales como <i>Lygeum spartum</i> , <i>Drachypodium retusum</i> , <i>Genista scorpius</i> , <i>Rosmarinus officinalis</i> , <i>Thymus vulgaris</i> , etc.
<i>Suaedion braun-blanquetii</i>	Depresión del Ebro	<i>Suaeda vera</i> , <i>Inula crithmoides</i> , matorral halo-xerófilo mixto, matorral mixto halo-higrófilo, saladar húmedo, etc.

Helianthemum squamati (Tabla 2) es una comunidad muy discontinua y pobre en especies que se ubica en escarpes desnudos y crestas expuestas sobre suelos esqueléticos y poco desarrollados. Su valor como pasto lo aporta fundamentalmente *Agropyron cristatum*, gramínea que se desarrolla bien sobre yesos. El valor de este pasto es bajo (310 UF ha⁻¹ año⁻¹) con dos picos, el primaveral (123 UF) y el otoñal (89 UF), que suponen el 70% de la producción anual.

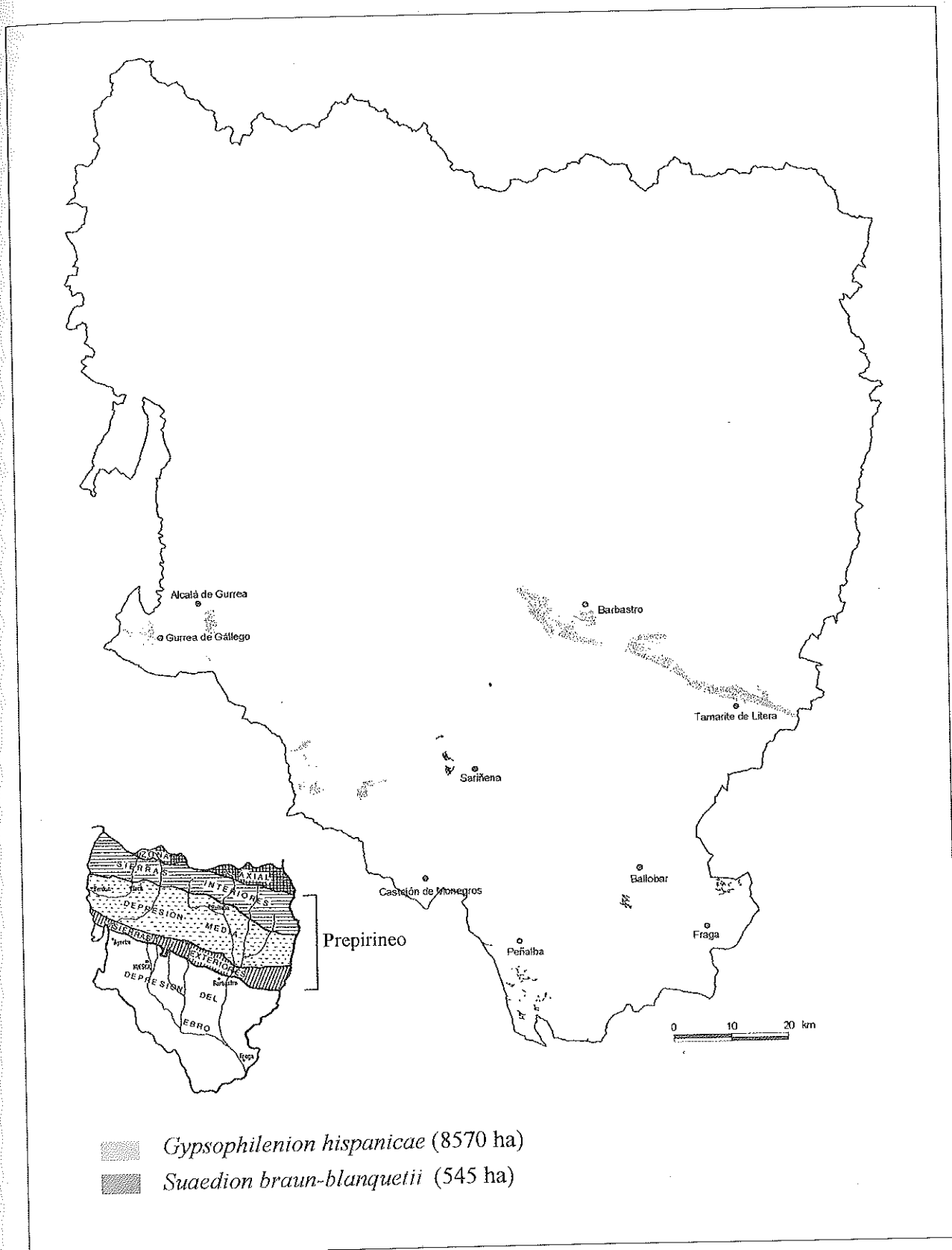


Figura 1.-Cartografía de los pastos arbustivos gipsófilos y halófilos de la Depresión del Ebro en la provincia de Huesca.

Tabla 2. Inventario-tipo y cálculo del valor pastoral de los pastos arbustivos pertenecientes a la subalianza *Gypsophilion hispanicae* (asociación *Helianthemum squamatum*)

GYPSOPHILION HISPANICAE (HELIANTHEMETUM SQUAMATI)	Cs	Is				Cs x Is			
		I	P	V	O	I	P	V	O
● <i>Helianthemum squamatum</i>	12,0	0	0	0	0	0	0	0	0
× <i>Herniaria fruticosa</i>	8,0	0	0	0	0	0	0	0	0
○ <i>Agropyron cristatum</i>	7,0	0	2	1	2	0	14,0	7,0	14,0
○ <i>Rosmarinus officinalis</i>	7,0	0	1	0	0	0	7,0	0	0
<i>Helianthemum laevandulifolium</i>	4,5	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Plantago albicans</i>	4,0	1	1	0	1	4,0	4,0	0	4,0
<i>Thymus zygis</i>	3,5	1	1	1	1	3,5	3,5	3,5	3,5
○ <i>Thymus vulgaris</i>	3,0	1	1	1	1	3,0	3,0	3,0	3,0
<i>Koeleria vallesiana</i>	2,5	0	1	1	1	0	2,5	2,5	2,5
<i>Brachypodium retusum</i>	1,5	1	1	1	1	1,5	1,5	1,5	1,5
<i>Linum suffruticosum</i>	1,5	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Lygeum spartum</i>	1,5	0	1	0	0	0	1,5	0	0
<i>Genista scorpius</i>	1,0	0	1	1	0	0	1,0	1,0	0
● <i>Gypsophila hispanica</i>	1,0	0	0	0	0	0	0	0	0
○● <i>Ononis tridentata</i>	1,0	1	2	1	1	1,0	2,0	1,0	1,0
<i>Stipa barbata</i>	1,0	0	1	0	0	0	1,0	0	0
<i>Suelo desnudo</i>	40,0								
Σ (Cs.Is)									
VP = 0,2 Σ (Cs.Is)						13,0	41,0	19,5	29,5
UF ha ⁻¹ = 15VP						2,6	8,2	3,9	5,9
UF ha ⁻¹ año ⁻¹ : 310						39	123	59	89

● = especies características de la subalianza; × = especies características del orden *Gypsophiletali*; ○ = especies características de la clase *Rosmarinetea officinalis*
Cs = Contribución específica en % de recubrimiento, Is = índices específicos, I = invierno, P = primavera, V = verano, O = otoño, VP = valor pastoral, UF = unidades forrajeras.

Ononidetum tridentatae (Tabla 3) se ubica sobre suelos profundos, más evolucionados, en laderas de cerros y se trata de una comunidad con estrato arbustivo más desarrollado, especialmente el "asnalto" (*Ononis tridentata*) que alcanza 1 m o más de altura y cuyas hojas carnosas son ávidamente comidas por las ovejas, siendo esta especie la que aporta más valor al pasto. Se ha cuantificado su producción en 456 UF ha⁻¹ año⁻¹ con una mayor producción primaveral (179 UF) pero con rendimientos parecidos al resto de las estaciones (84 a 98 UF).

La superficie que ocupa el conjunto de ambas asociaciones en la provincia de Huesca es de 8570 ha. Considerando un valor medio de ambas (383 UF ha⁻¹ año⁻¹) la producción anual es de unas 3 280 000 UF, de las que un 40% se obtienen en primavera y un 24% en otoño. No obstante, como puede verse en las Tablas 2 y 3, en ambas asociaciones es muy elevada la proporción de suelo desnudo (40%) por lo que cabría plantearse si estas comunidades gipsícolas deberían ser excluidas del pastoreo para evitar problemas de erosión.

Pastos arbustivos halófilos

Al sur de la provincia de Huesca aparecen algunas depresiones o cubetas endorreicas donde se han acumulado sales (cloruros de Na y Mg) procedentes de la evaporación de agua. Se trata de pequeñas lagunas, denominadas "saladas" en la región, que cuando se evapora el agua en verano dejan en superficie una capa blanca muy característica (el "álcali blanco"). En el mapa de la Figura 1 destacan los "saladares" en Fraga y Ballobar al SE de la provincia, más hacia el centro los de Sariñena y al sur los de Peñalba. Bordeando estas saladas aparecen bandas más o menos anchas de vegetación halófila sobre suelos tipo solontchak que llegan a alcanzar un pH entre 8,5 y 9.

Se han cartografiado un total de 545 ha de vegetación halófila, correspondientes a 59 polígonos que se han asimilado a la alianza *Suaedion braun-blanquetii* (Tabla 1). En el inventario-tipo (Tabla 4) destaca la cober-

Tabla 3. Inventario-tipo y cálculo del valor pastoral de los pastos arbustivos pertenecientes a la subalianza *Gypsophilenion hispanicae* (asociación *Ononidetum tridentatae*)

GYPSOPHILENION HISPANICAE- (ONONIDETUM TRIDENTATAE)	Cs	Is				Cs x Is			
		I	P	V	O	I	P	V	O
● <i>Ononis tridentata</i>	14,0	1	2	1	1	14,0	28,0	14,0	14,0
○ <i>Rosmarinus officinalis</i>	9,0	0	1	0	0	0	9,0	0	0
<i>Brachypodium retusum</i>	8,0	1	1	1	1	8,0	8,0	8,0	8,0
○ <i>Thymus vulgaris</i>	4,0	1	1	1	1	4,0	4,0	4,0	4,0
<i>Genista scorpius</i>	3,0	0	1	1	0	0	3,0	3,0	0
<i>Linum suffruticosum</i>	3,0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pinus halepensis</i>	3,0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Koeleria vallesiana</i>	2,5	0	1	1	1	0	2,5	2,5	2,5
<i>Helianthemum lewandulifolium</i>	2,0	0	0	0	0	0	0	0	0
× <i>Herniaria fruticosa</i>	1,5	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Salvia officinalis</i>	1,5	0	0	0	0	0	0	0	0
● <i>Astrogalus alopecuroides</i>	1,0	0	2	1	1	0	2,0	1,0	1,0
<i>Cistus libanotis</i>	1,0	1	2	0	1	1,0	2,0	0	1,0
<i>Echinops ritro</i>	1,0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Helianthemum marifolium</i> subsp. <i>marifolium</i>	1,0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Plantago albicans</i>	1,0	1	1	0	1	1,0	1,0	0	1,0
<i>Sideritis scordioides</i>	1,0	0	0	0	0	0	0	0	0
○ <i>Fumana ericoides</i>	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0
● <i>Gypsophila hispanica</i>	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Juniperus phoenicea</i>	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0
● <i>Leucium capitatum</i>	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Thymelaea tinctoria</i>	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0
Suelo desnudo	40,0								
Σ (Cs.Is)						28,0	59,5	32,5	31,5
VP = 0,2 Σ (Cs.Is)						5,6	11,9	6,5	6,3
UF ha ⁻¹ = 15VP						84	179	98	95
UF ha ⁻¹ año ⁻¹ : 456									

● = especies características de la subalianza *Gypsophilenion hispanicae*; × = especies características del orden *Gypsophiletalia*; ○ = especies características de la clase *Rosmarinetea officinalis*
 Cs = Contribución específica en % de recubrimiento, Is = Índices específicos, I = invierno, P = primavera, V = verano, O = otoño, VP = valor pastoral, UF = unidades forrajeras.

Tabla 4. Inventario-tipo y cálculo del valor pastoral de los pastos arbustivos pertenecientes a la alianza *Suaedion braun-blauquetii*

SUAEDION BRAUN-BLANQUETII	Cs	Is				Cs x Is			
		I	P	V	O	I	P	V	O
● <i>Suaeda vera</i> subsp. <i>braun-blauquetii</i>	42,0	1	1	1	1	42,0	42,0	42,0	42,0
<i>Sphenopus droaricatus</i>	7,0	0	1	0	1	0	7,0	0	7,0
<i>Frankenia pulverulenta</i>	7,0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Hymenolobus procumbens</i>	6,0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Spergularia diandra</i>	6,0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Parapholis incurva</i>	4,0	0	1	0	1	0	4,0	0	4,0
<i>Aeluropus litoralis</i>	4,0	0	2	1	2	0	8,0	4,0	8,0
<i>Frankenia leavis</i> subsp. <i>intermedia</i>	3,0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Arthrocnemum macrostachyum</i>	2,0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Microcnemum coralloides</i>	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Limonium supinum</i>	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Limonium costae</i>	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Oimula crithmoides</i>	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Spergularia maritima</i>	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Suaeda maritima</i>	0,5	0	1	0	1	0	0,5	0	0,5
Suelo desnudo	16,00								
Σ (Cs.Is)						42,0	61,5	46,0	61,5
VP = 0,2 Σ (Cs.Is)						8,4	12,3	9,2	12,3
UF ha ⁻¹ = 15VP						126	185	138	185
UF ha ⁻¹ año ⁻¹ : 634									

● = especies características de la alianza *Suaedion braun-blauquetii*; ○ = especies características de la clase *Sarcocornetea fruticosae*
 Cs = Contribución específica en % de recubrimiento, Is = Índices específicos, I = invierno, P = primavera, V = verano, O = otoño, VP = valor pastoral, UF = unidades forrajeras.

tura (42%) de las "sosas" (*Suaeda braun-blanquetii*), quenopodiácea de porte almohadillado que puede alcanzar hasta 1 m de altura y que el ganado ramonea, muy probablemente buscando su elevado contenido en sal. Además de la "sosa", sólo cabe mencionar la presencia de algunas gramíneas bastas y anuales (*Shenopus*, *Parapholis*, *Aeluropus*) que aportan algo de pasto cuando germinan tras las lluvias primaverales y otoñales. Gracias, fundamentalmente, a las "sosas" estos pastos presentan una producción anual de 634 UF, relativamente bien repartida entre las cuatro estaciones. En las 545 ha citadas más arriba, la producción total anual sería del orden de 345 000 UF.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMELLA, A.; FERRER, C., 1979. *Utilización de un método fitológico en la determinación del valor nutritivo de pastos*. Trabajos del I.E.P.G.E., 37. CSIC-Universidad de Zaragoza, 10 pp. Zaragoza (España).
- ASCASO, J.; FERRER, C.; MAESTRO, M., 1996. Valoración estacional y anual de los recursos pastables en el Maestrazgo de Castellón. En *Actas de la XXXVI Reunión Científica de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos*, 161-166.
- BARRANTES, O.; ASCASO, J.; BROCA, A.; FERRER, C., 2003. Tipificación y cartografía fitocenológica de los pastos de monte en la provincia de Huesca. En *Pastos, desarrollo y conservación*, 161-166. Ed. A.B. ROBLES; M.E. RAMOS; M.C. MORALES; E. DE SIMON; J.L. GONZÁLEZ; J. BOZA. Granada (España).
- BARRANTES, O.; ASCASO, J.; BROCA, A.; FERRER, C., 2003. Tipificación y cartografía fitocenológica de los pastos de monte en la provincia de Huesca. En *Actas de la XLIII Reunión Científica de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos*, 795-801.
- BRAUN-BLANQUET, J; BOIÒS, O., 1957. *Les groupements vegetaux du bassin moyen de l'Ebre et leur dynamisme*. Anales de la Estación Experimental de Aula Dei, vol 5, nº 1-4, 266pp. Zaragoza (España).
- DAGET, P.; POISSONET, J., 1972. Un procédé d'estimation de la valeur pastorale des paturages. *Fourrages*, 49, 31-39.
- DGCN (Dirección General de Conservación de la Naturaleza), 1996. *II Inventario Forestal Nacional 1986-1995. Aragón*. Ed. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid (España).
- DGCN (Dirección General de Conservación de la Naturaleza), 2001. *Mapa forestal de España (versión digital)*. Ed. Organismo Autónomo Parques Nacionales. Madrid (España).
- RIVAS MARTÍNEZ, S.; RIVAS GONZÁLEZ, T.E.; FERNÁNDEZ GONZÁLEZ, F; IZCO, J.; LOIDI, J.; LOUSA, M.; PENAS MERINO, A., 2002. Vascular plant communities of Spain and Portugal. *Itinera Geobotanica*, 15 (1) y (2), 5-922.

Pastos arbustivos de coscojar en la provincia de Huesca. Tipificación, cartografía y valoración

R. REINÉ, O. BARRANTES, J. ASCASO, A. MENDOZA, A. BROCA y C. FERRER

Dpto. Agricultura y Economía Agraria. Universidad de Zaragoza. Miguel Servet, 177. E-50013 Zaragoza (España).

RESUMEN: Este trabajo se enmarca en el ámbito del Proyecto "Tipificación, Cartografía y Evaluación de los Pastos Españoles" (INIA-CCAA O'TOO-037-C17), aportándose resultados a partir de las unidades fitocenológicas y cartográficas establecidas por Barrantes *et al.* (2003), el II Inventario Forestal Nacional (DGCN, 1996) y las especies dominantes del Mapa Forestal de España (DGCN, 2001). Se establecen inventarios-tipo que permiten la estimación de la producción de los pastos. Se tipifican aquí los "coscojares" de la provincia de Huesca como pertenecientes a *Rhamno lycioidis-Quercion cocciferae*, habiéndose cartografiado 7683 ha en la Depresión del Ebro y 26 552 ha en el Prepirineo, valorándose en 350 y 326 UF ha⁻¹ año⁻¹ respectivamente, lo que implica una producción total anual de unas 2 700 000 UF en la Depresión del Ebro y 8 700 000 UF en el Prepirineo.

Palabras clave: Unidades fitosociológicas, Superficies (ha), Inventarios-tipo, Valor Pastoral, Unidades Forrajeras.

Shrub pastures ("kermes-oak type") in the Huesca province (Spain). Characterization, cartography and evaluation

SUMMARY: This work is settled in the context of the Project "Characterization, Cartography and Evaluation of Spanish pastures" (INIA-CCAA O'TOO-037-C17). Results of the characterization, cartography and evaluation by means of the phytocenologic and cartographic units established by Barrantes *et al.* (2003), the II National Forestry Inventory (DGCN, 1996) and the Forestry Map of Spain (DGCN, 2001) are presented. Considering the dominant species provided by the last mentioned work and the phytosociological characterizations, type-inventories are established, which allow an estimation of the pasture production. In this work the "kermes-oak type" of the Huesca province have been typified as *Rhamno lycioidis-Quercion cocciferae*. There have been cartographed 7683 ha in the Ebro Valley and 26 552 ha in the Prepyrene. They have been evaluated in 350 and 326 FU ha⁻¹ year⁻¹ respectively, meaning a total annual production of about 2 700 000 FU in the Ebro Valley and 8 700 000 FU in the Prepyrene.

Key words: Phytosociologic units, Surface areas (ha), Type-Inventories, Pastoral Value, Forage Units (FU).

INTRODUCCIÓN

En el Proyecto "Tipificación, Cartografía y Evaluación de los Pastos Españoles" (INIA-CCAA), se presentan varios problemas a la hora de abordar los pastos arbustivos. En el II Inventario Forestal Nacional (IFN) (DGCN, 1996), en la capa de "Usos" referente a "Forestal desarbolado", el código "M" (matorral) se ha identificado a pastos arbustivos, pero no hay más información sobre especies. Para tipificar o desagregar estos polígonos "M" es necesario recurrir a la superposición del Mapa Forestal de España (MFE) (DGCN, 2001) donde sí se informa sobre especies arbustivas dominantes. Con ello se habría resuelto el problema de la Tipificación y Cartografía. Sin embargo, en este tipo de pastos donde el ganado, además de consumir especies herbáceas, ramonea flores, frutos, hojas, ramón, rebrotes, etc. de especies arbustivas, no se puede utilizar para su valoración el sistema convencional de los pastos herbáceos: siega-pesada-análisis químico. Por ello se ha recurrido al método sintético del Valor Pastoral (VP). Pero, a su vez, para aplicar esta metodología es preciso partir de un inventario con las especies más abundantes y su contribución específica porcentual (Cs) al pasto. Por ello es necesario asociar las especies dominantes proporcionadas por el MFE a comunidades fitosociológicas previamente establecidas (Barrantes *et al.*, 2003) que nos permitan establecer inventarios-tipo. Esto es lo que se hace en este trabajo para el estudio de los "coscojares" de la provincia de Huesca.

MATERIAL Y MÉTODOS

A las unidades de pastos arbustivos obtenidas a partir del IFN (Barrantes *et al.*, 2003), se les ha superpuesto la base de datos del MFE a escala 1:200 000 (DGCN, 2001) en versión digital, donde aparecen especies dominantes: "rótulo_x" (x= 1 a 4) y, en su caso, "nombre". Para desagregar los pastos arbustivos de la provincia de Huesca se ha trabajado simultáneamente con la información bibliográfica de carácter fitosociológico, especialmente las publicaciones de Braun-Blanquet y Bolòs (1957), Conesa (2001), Montserrat-Martí (1986) y Ninot *et al.* (1993), actualizándola con la de Rivas-Martínez *et al.* (2002), y con la información proporcionada por el MFE. De este modo se han seleccionado las unidades fitosociológicas más relevantes que pudieran tener una fácil identificación a partir de las especies dominantes del MFE, estableciéndose para cada una de dichas unidades un inventario-tipo, y calculando el valor pastoral (VP) según la metodología de Daget y Poissonet (1972) y su desarrollo (Amella y Ferrer, 1979; Ascaso *et al.*, 1996). En los inventarios-tipo se ha prescindido de las especies con mera presencia (+). La frecuencia específica (Fs) de cada especie se ha calculado según la siguiente equivalencia de los índices de abundancia-dominancia: 1=2,5%, 2=15%, 3=37,5%, 4=62,5 y 5=87,5%. Puesto que la suma de porcentajes de Fs no suele sumar 100%, posteriormente se ha calculado la contribución específica (Cs) para llevar los datos a 100%: $Cs = Fs (100 - \% \text{ Suelo desnudo}) / \sum Fs$. El cálculo de UF en esta ecología se obtiene mediante: $UF \text{ ha}^{-1} \text{ estación}^{-1} = 15VP$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las formaciones arbustivas de "coscoja" (*Quercus coccifera*) ocupan amplias extensiones en la provincia de Huesca (Figura 1), tanto en la Depresión del Ebro (165 polígonos que suponen 7683 ha) como en el Prepirineo (146 polígonos que suponen 26 552 ha) (Tabla 1). Cabe precisar, no obstante, que la "coscoja" no soporta ni las sequías muy acentuadas (por lo que no aparecerá en los lugares más áridos de la Depresión) ni las fuertes heladas (por lo que en el Prepirineo se aloja en solanas y sitios abrigados).

Tabla 1. Correspondencia entre unidades fitosociológicas y especies o formaciones dominantes en el Mapa Forestal de España (MFE) (DGCN, 2001).

Unidad fitosociológica	Ubicación	Rótulos o nombres del MFE
<i>Rhamno lycioidis-Quercion cocciferae</i>	Prepirineo y Depresión del Ebro	Garrigas, <i>Quercus coccifera</i> y combinaciones con otras especies, tales como <i>Buxus sempervirens</i> , <i>Juniperus oxycedrus</i> , <i>Quercus ilex</i> , <i>Genista scorpius</i> , <i>Brachypodium retusum</i> , <i>Thymus vulgaris</i> , <i>Rosmarinus officinalis</i> , etc.

En la parte sur de la provincia, los "coscojares" pueden considerarse climácicos (*Rhamno lycioidis-Quercion cocciferae*) y en ellos son frecuentes los ejemplares de pino carrasco (*Pinus halepensis*). De hecho, la degradación de muchos pinares de esta especie da lugar enseguida a los correspondientes "coscojares". Al norte de la Depresión y en el Prepirineo, los "coscojares" deben considerarse como una etapa de degradación de los carrascales (*Quercion ilicis*).

Hemos diferenciado, dentro de *Rhamno lycioidis-Quercion cocciferae*, dos inventarios-tipo correspondientes a las dos grandes unidades consideradas, Depresión del Ebro y Prepirineo, si bien las diferencias entre ambos son de matiz (Tablas 2 y 3). En el Prepirineo presentan más cobertura los dos arbustos más importantes de esta alianza, la "coscoja" y el "boj" (*Buxus sempervirens*), que en la Depresión del Ebro. Por otro lado, mientras que en la Depresión, como se ha dicho, es frecuente la presencia de pino carrasco, en el Prepirineo suelen aparecer encinas más o menos diseminadas. Las especies de estos pastos con más interés para el ganado son *Brachypodium retusum*, *Carex humilis* y *Aphyllanthes monspeliensis*.

Al margen de los matices citados, el valor como pasto es bajo y prácticamente igual en ambos casos: 326 y 350 UF ha⁻¹ año⁻¹ en el Prepirineo y en la Depresión respectivamente. De ellas, el 35% se producen en primavera y el 25% en otoño. La producción total anual de estos pastos, teniendo en cuenta la superficie que ocupan es, por tanto, del orden de 2 700 000 UF en la Depresión del Ebro y 8 700 000 UF en el Prepirineo.

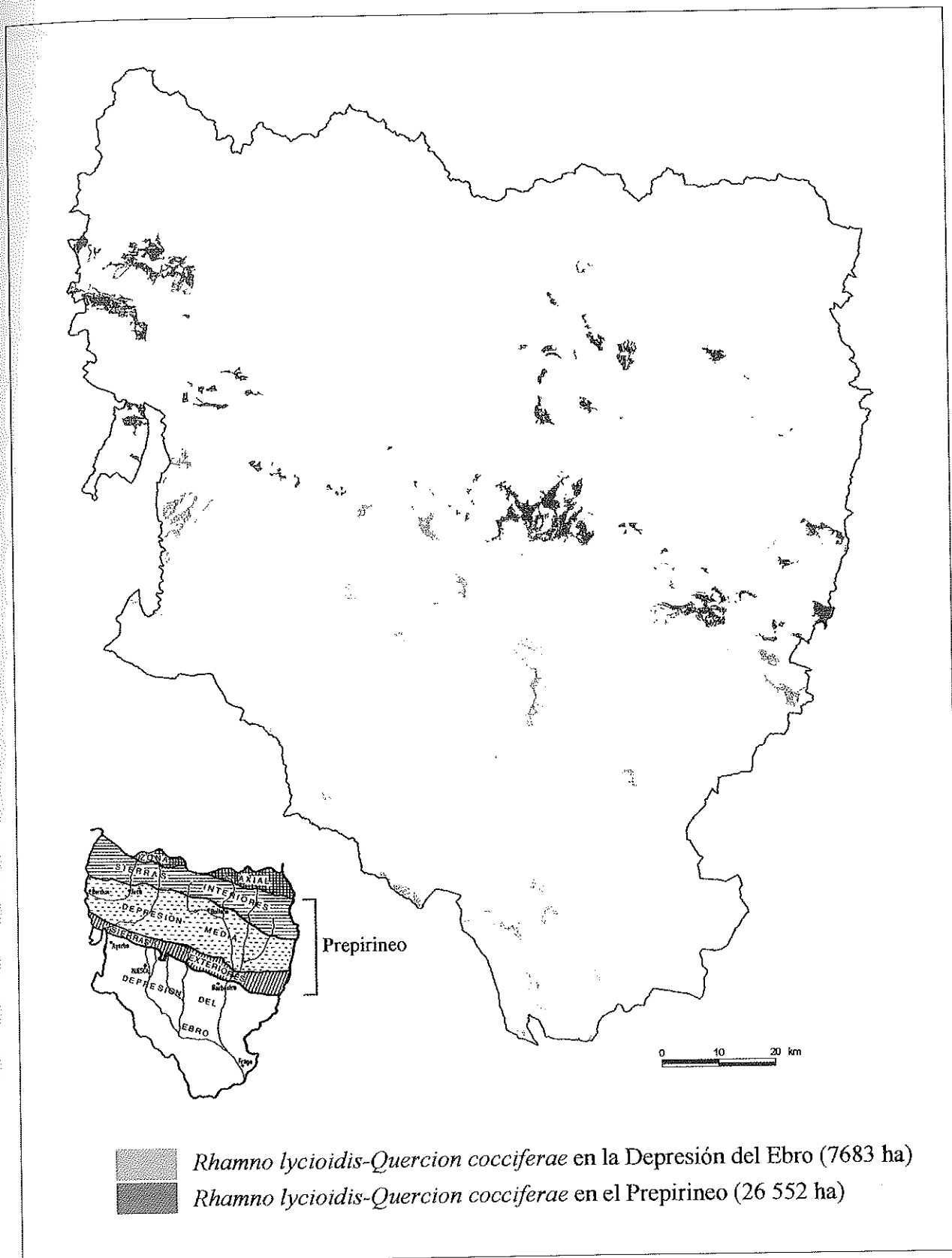


Figura 1.—Cartografía de los pastos arbustivos de "coscojar" de la provincia de Huesca.

Tabla 2. Inventario-tipo y cálculo del valor pastoral de los pastos arbustivos prepirenaicos pertenecientes a la alianza *Rhamno lycioidis-Quercion cocciferae*

RHAMNO LYCIOIDIS- QUERCION COCCIFERAЕ	Cs	Is				Cs x Is			
		I	P	V	O	I	P	V	O
× <i>Quercus coccifera</i>	29,9	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Buxus sempervirens</i>	14,4	0	0	0	0	0	0	0	0
× <i>Juniperus oxycedrus</i>	7,2	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Aphyllantes monspelienses</i>	5,3	1	2	1	1	5,3	10,6	5,3	5,3
<i>Teucrium chamaedrys</i>	5,3	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Brachypodium retusum</i>	4,8	1	1	1	1	4,8	4,8	4,8	4,8
× <i>Juniperus phoenicea</i>	4,6	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Avenula bromoides</i>	3,0	0	2	1	2	0	6,0	3,0	2,0
<i>Rosmarinus officinalis</i>	2,8	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Carex humilis</i>	2,7	2	3	1	2	5,4	8,1	2,7	5,4
<i>Rubia peregrina</i>	2,6	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Santolina chamaecyparissus</i>	1,7	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Genista scorpius</i>	1,5	0	1	1	0	0	1,5	1,5	0
<i>Genista hispanica</i>	1,5	0	1	1	0	0	1,5	1,5	0
<i>Thymus vulgaris</i>	1,4	1	1	1	1	1,4	1,4	1,4	1,4
○× <i>Rhamnus alaternus</i>	1,1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Bromus erectus</i>	1,0	1	3	1	2	1,0	3,0	1,0	2,0
<i>Fumana ericoides</i>	1,0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Arctostaphylos irva-ursi</i>	0,8	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Lavandula angustifolia</i>	0,8	1	1	1	1	0,8	0,8	0,8	0,8
<i>Ranunculus gramineus</i>	0,8	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Helianthemum italicum</i>	0,4	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Lavandula latifolia</i>	0,4	1	1	1	1	0,4	0,4	0,4	0,4
<i>Linum suffruticosum</i>	0,4	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Dorycnium pentaphyllum</i>	0,3	0	2	1	1	0	0,6	0,3	0,3
<i>Asperula cynanchica</i>	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0
○ <i>Phillyrea latifolia</i>	0,2	1	1	1	1	0,2	0,2	0,2	0,2
○ <i>Quercus ilex subsp. rotundifolia</i>	0,2	2	1	0	1	0,4	0,2	0	0,2
× <i>Rhamnus lycioides</i>	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0
○ <i>Viola alba</i>	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0
Suelo desnudo	3,4								
Σ (Cs.Is)						19,7	39,1	23,0	26,8
VP = 0,2 Σ (Cs.Is)						3,9	7,8	4,6	5,4
UF ha ⁻¹ = 15VP						59	117	69	81
UF ha ⁻¹ año ⁻¹ : 326									

× = especies características del orden *Pistacio lentisci-Rhamnetalia alaterni*; ○ = especies características de la clase *Quercetea ilicis*
 Cs = Contribución específica en % de recubrimiento, Is = Índices específicos, I = invierno, P = primavera, V = verano, O = otoño, VP = valor pastoral, UF = unidades forrajeras.

Tabla 3. Inventario-tipo y cálculo del valor pastoral de los pastos arbustivos de la Depresión del Ebro pertenecientes a la alianza *Rhamno lycioidis-Quercion cocciferae*

RHAMNO LYCROIDIS- QUERCION COCCIFERAЕ	Cs	Is				Cs x Is			
		I	P	V	O	I	P	V	O
× <i>Quercus coccifera</i>	18,0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Buxus sempervirens</i>	7,0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Brachypodium retusum</i>	6,9	1	1	1	1	6,9	6,9	6,9	6,9
× <i>Juniperus oxycedrus</i>	6,2	0	0	0	0	0	0	0	0
× <i>Juniperus phoenicea</i>	5,3	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Rosmarinus officinalis</i>	4,9	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Carex humilis</i>	4,6	2	3	1	2	9,2	13,8	4,6	9,2
<i>Teucrium chamaedrys</i>	3,8	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Thymus vulgaris</i>	3,6	1	1	1	1	3,6	3,6	3,6	3,6
○ <i>Rubia perigrina</i>	3,5	0	0	0	0	0	3,5	3,5	0
<i>Genista scorpius</i>	3,5	0	1	1	0	0	0	0	0
× <i>Rhamnus lycioides</i>	3,1	0	0	0	0	0	0	0	0
× <i>Pinus halepensis</i>	2,7	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Aphyllantes monspelienses</i>	2,6	1	2	1	1	2,6	5,2	2,6	2,6
● <i>Ephedra nebrodensis</i>	1,6	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Avenula bromoides</i>	1,5	0	2	1	2	0	3,0	1,5	3,0
○ × <i>Rhamnus alaternus</i>	1,0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Santolina chamaecyparissus</i>	0,8	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Arctostaphylos uva-ursi</i>	0,8	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Genista hispanica</i>	0,7	0	1	1	0	0	0,7	0,7	0
<i>Bromus erectus</i>	0,5	1	3	1	2	0,5	1,05	0,5	1,0
<i>Fumana ericoides</i>	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Quercus ilex subsp. rotundifolia</i>	0,4	2	1	0	1	0,8	0,4	0	0,4
<i>Lavandula angustifolia</i>	0,4	1	1	1	1	0,4	0,4	0,4	0,4
<i>Ranunculus gramineus</i>	0,4	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Helianthemum italicum</i>	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Lavandula latifolia</i>	0,2	1	1	1	1	0,2	0,2	0,2	0,2
<i>Linum suffruticosum</i>	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Dorycnium pentaphyllum</i>	0,1	0	2	1	1	0	0,2	0,1	0,1
<i>Asperula cynanchica</i>	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Phillyrea latifolia</i>	0,1	1	1	1	1	0,1	0,1	0,1	0,1
<i>Suelo desnudo</i>	14,8								
Σ (Cs.Is)						24,3	39,5	24,7	27,5
VP = 0,2 Σ (Cs.Is)						4,9	7,9	4,9	5,5
UF ha ⁻¹ = 15VP						74	119	74	83
UF ha ⁻¹ año ⁻¹ : 350									

● = especies características de la alianza; × = especies características del orden *Pistacio lentisci-Rhamnetalia alaterni*; ○ = especies características de la clase *Quercetea ilicis*
 Cs = Contribución específica en % de recubrimiento, Is = Índices específicos, I = invierno, P = primavera, V = verano, O = otoño, VP = valor pastoral, UF = unidades forrajeras.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMELLA, A.; FERRER, C., 1979. *Utilización de un método fitológico en la determinación del valor nutritivo de pastos*. Trabajos del I.E.P.G.E., 37, CSIC-Universidad de Zaragoza, 10 pp. Zaragoza (España).
- ASCASO, J.; FERRER, C.; MAESTRO, M., 1996. Valoración estacional y anual de los recursos pastables en el Maestrazgo de Castellón. En *Actas de la XXXVI Reunión Científica de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos*, 161-166.
- BARRANTES, O.; ASCASO, J.; BROCA, A.; FERRER, C., 2003. Tipificación y cartografía fitocenológica de los pastos de monte en la provincia de Huesca. En *Pastos, desarrollo y conservación*, 161-166. Ed. A.B. ROBLES; M.E. RAMOS; M.C. MORALES; E. DE SIMON; J.L. GONZÁLEZ; J. BOZA. Granada (España).
- BRAUN-BLANQUET, J.; BOLÒS, O., 1957. *Les groupements végétaux du bassin moyen de l'Ebre et leur dynamisme*. Anales de la Estación Experimental de Aula Dei, vol 5, nº 1-4, 266 pp. Zaragoza (España).
- CONESA, J.A., 2001. *Flora i vegetació de les serres marginals prepirinenques entre els rius Segre i Noguera Ribagorçana*. Ed. Institut d'Estudis Ilerdenses-Universitat de Lleida, 791 pp. Lleida (España).
- DAGET, P.; POISSONET, J., 1972. Un procédé d'estimation de la valeur pastorale des paturages. *Fourrages*, 49, 31-39.
- DGCN (Dirección General de Conservación de la Naturaleza), 1996. *II Inventario Forestal Nacional 1986-1995. Aragón*. Ed. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid (España).
- DGCN (Dirección General de Conservación de la Naturaleza), 2001. *Mapa forestal de España (versión digital)*. Ed. Organismo Autónomo Parques Nacionales. Madrid (España).
- MONTSERRAT MARTÍ, J.M., 1986. *Flora y vegetación de la Sierra de Guara (Prepirineo Aragonés)*. Ed. Diputación General de Aragón, 334 pp. Zaragoza (España).
- NINOT, J.M.; ROMO, A.; SESÉ, J.A., 1993. *Macizo del Turbón y Sierra de Sis. Flora, paisaje vegetal e itinerarios (Prepirineo Aragonés)*. Ed. Gobierno de Aragón, 495 pp. Zaragoza (España).
- RIVAS MARTÍNEZ, S.; RIVAS GONZÁLEZ, T.E.; FERNÁNDEZ GONZÁLEZ, F.; IZCO, J.; LOIDI, J.; LOUSA, M.; PENAS MERINO, A., 2002. Vascular plant communities of Spain and Portugal. *Itinera Geobotanica*, 15 (1) y (2), 5-922.

Pastos arbustivos (erizontales, romerales-aliagares-lastonares y matorrales espinosos con boj) del Prepirineo en la provincia de Huesca. Tipificación, cartografía y valoración

R. REINÉ, O. BARRANTES, J. ASCASO, A. MENDOZA, A. BROCA y C. FERRER

Dpto. Agricultura y Economía Agraria. Universidad de Zaragoza. Miguel Servet, 177. E-50013 Zaragoza (España).

RESUMEN: Este trabajo se enmarca en el ámbito del Proyecto "Tipificación, Cartografía y Evaluación de los Pastos Españoles" (INIA-CCAA OTOO-037-C17), aportándose resultados a partir de las unidades fitocenológicas y cartográficas establecidas por Barrantes *et al.* (2003), el II Inventario Forestal Nacional (DGCN, 1996) y las especies dominantes del Mapa Forestal de España (DGCN, 2001). Se establecen inventarios-tipo que permiten la estimación de la producción de "erizontales", "romerales-aliagares-lastonares" y "matorrales espinosos con boj" como pertenecientes a *Ononidion striatae*, *Rosmarino-Ericion multiflorae* y *Amelanchiero-Buxenion* respectivamente. Se han cartografiado 36 169 ha de "erizontales", 56 925 ha de "romerales-aliagares-lastonares" y 5960 ha de "matorrales espinosos con boj", valorándose en 524, 409 y 393 UF ha⁻¹ año⁻¹ respectivamente.

Palabras clave: Unidades fitosociológicas, Superficies (ha), Inventarios-tipo, Valor Pastoral, Unidades Forrajeras.

Shrub pastures ("hedgehog-type", "rosemary-genista-false brome type" and "spiny shrubs with box") in the Huesca prepyrenees (Spain). Characterization, cartography and evaluation

SUMMARY: This work is settled in the context of the Project "Characterization, Cartography and Evaluation of Spanish pastures" (INIA-CCAA OTOO-037-C17). Results of the characterization, cartography and evaluation by means of the phytocenologic and cartographic units established by Barrantes *et al.* (2003), the II National Forestry Inventory (DGCN, 1996) and the Forestry Map of Spain (DGCN, 2001) are presented. Considering the dominant species provided by the last mentioned work and the phytosociological characterizations, type-inventories are established, which allow an estimation of the pasture production. In this work about the Huesca Prepyrenees the "hedgehog-types", "rosemary-genista-false brome types" and "spiny shrubs with box" have been typified as *Ononidion striatae*, *Rosmarino-Ericion multiflorae* and *Amelanchiero-Buxenion* respectively. There have been cartographed 36 169 ha ("spiny shrubs with box"), 56 925 ha ("rosemary-genista-false brome types") and 5960 ha ("spiny shrubs with box"). They have been evaluated in 524, 409 y 393 FU ha⁻¹ year⁻¹ respectively, meaning a total annual production of about 44 500 000 FU.

Key words: Phytosociologic units, Surface areas (ha), Type-Inventories, Pastoral Value, Forage Units (FU).

INTRODUCCIÓN

En el II Inventario Forestal Nacional (IFN) (DGCN, 1996), en la capa de "Usos" referente a "Forestal desarbolado", el código "M" (matorral) se ha identificado a pastos arbustivos. Para tipificar estos polígonos "M" se ha recurrido a la superposición del Mapa Forestal de España (MFE) (DGCN, 2001), donde se informa sobre especies arbustivas dominantes. En este tipo de pastos donde el ganado consume especies herbáceas y ramonea especies arbustivas, resulta muy útil la valoración por el método sintético del Valor Pastoral (VP). Las especies dominantes proporcionadas por el MFE se asocian a comunidades fitosociológicas (Barrantes *et al.* 2003) que nos permite establecer inventarios-tipo. Presentamos el estudio de los "erizontales", "romerales-aliagares-lastonares" y "matorrales espinosos con boj".

MATERIAL Y MÉTODOS

A las unidades de pastos arbustivos obtenidas a partir del IFN (Barrantes *et al.*, 2003), se les ha superpuesto la base de datos del MFE a escala 1:200 000 (DGCN, 2001), donde aparecen especies dominantes: "rótulo_x" (x= 1 a 4) y, en su caso, "nombre". Para desagregar los pastos arbustivos se ha trabajado simultáneamente con información bibliográfica de carácter fitosociológico, especialmente las publicaciones de Ascaso (1990), Conesa (2001), Montserrat-Martí (1986) y Ninot *et al.* (1993), actualizándola con la de Rivas-Martínez *et al.* (2002), y con la información proporcionada por el MFE. Así, se han seleccionado unidades fitosociológicas relevantes y para cada una de ellas se ha obtenido un inventario-tipo, calculando el valor pastoral (VP) según el método de Daget y Poissonet (1972) y su desarrollo (Amella y Ferrer, 1979; Ascaso *et al.*, 1996). En los inventarios-tipo se ha calculado la frecuencia específica (Fs) de cada especie según la siguiente equivalencia de los índices de abundancia-dominancia: 1=2,5%, 2=15%, 3=37,5%, 4=62,5 y 5=87,5%. La contribución específica (Cs) se obtiene llevando los datos a 100%: $Cs = Fs (100 - \% \text{ Suelo desnudo}) / \sum Fs$. El cálculo de UF en esta ecología se establece mediante: $UF \text{ ha}^{-1} \text{ estación}^{-1} = 15VP$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Erizonales

Caracterizados por *Echinopartum horridum*, han sido atribuidos a la alianza *Ononidion striatae* (Tabla 1), implican 71 polígonos del IFN y tapizan zonas culminales (900 y 2000 m) de los crestones calizos cretácicos de las Sierras Prepirenaicas (Figura 1), ocupando espacios deforestados (del dominio de "quejigares" y pinares de *Pinus sylvestris*) o incendiados, sobre suelos pedregosos y esqueléticos. El "erizón" adopta formas almohadilladas que le permiten soportar los fuertes vientos de las crestas. Otros arbustos que aparecen en estas comunidades son (Tabla 2) "encbros", "boj", "tomillo", etc. Se les ha calculado (Tabla 2) una producción de 524 UF ha⁻¹ año⁻¹ y se han cartografiado 36 196 ha, lo que supondría una producción total anual de unas 19 000 000 UF.

Tabla 1. Correspondencia entre unidades fitosociológicas y especies o formaciones dominantes en el Mapa Forestal de España (MFE) (DGCN, 2001).

Unidad fitosociológica	Ubicación	Rótulos o nombres del MFE
<i>Ononidion striatae</i>	Prepirineo	<i>Echinopartum horridum</i> , <i>Juniperus communis</i> subsp. <i>hemisphaerica</i> y combinaciones entre ellos y con otras especies, tales como <i>Genista scorpius</i> , <i>Buxus sempervirens</i> , etc.
<i>Rosmarino-Ericion multiflorae</i>	Prepirineo	<i>Rosmarinus officinalis</i> , <i>Genista scorpius</i> , <i>Thymus vulgaris</i> , <i>Brachypodium retusum</i> y combinaciones entre ellos y con otras especies, tales como <i>Buxus sempervirens</i> , <i>Juniperus oxycedrus</i> , <i>J. phoenicia</i> , etc.
<i>Amelanchiero-Buxenion</i>	Prepirineo	<i>Buxus sempervirens</i> , <i>Amelanchier ovalis</i> , <i>Artostaphylos urva-ursi</i> y combinaciones entre ellos y con otras especies, tales como <i>Rosa</i> spp., etc.

Romerales, Aliagares y Lastonares

Caracterizados por *Rosmarinus officinalis*, *Genista scorpius* y *Brachypodium retusum*, se han tipificado como *Rosmarino-Ericion multiflorae* (Tabla 1), implican 454 polígonos del IFN y aparecen muy extendidas por todo el Prepirineo (Figura 1), totalizando 56 925 ha. Se trata de un pasto arbustivo típicamente mediterráneo que se ubica en puntos soleados, resguardados del frío, libres de inversión térmica, y sobre suelos básicos. Su carácter xérico lo marcan *Brachypodium retusum*, *Stipa offneri*, *Avenula bromoides*, *Koeleria vallesiana*, etc. (Tabla 3). La presencia de *Quercus coccifera* indica que se encuentran dentro del ámbito de "carrascales" o de "coscojares", pero también aparecen en el de los "quejigares". Se han valorado estos pastos con una producción anual de 409 UF ha⁻¹. Con la superficie establecida, la producción total anual es de 23 300 000 UF.

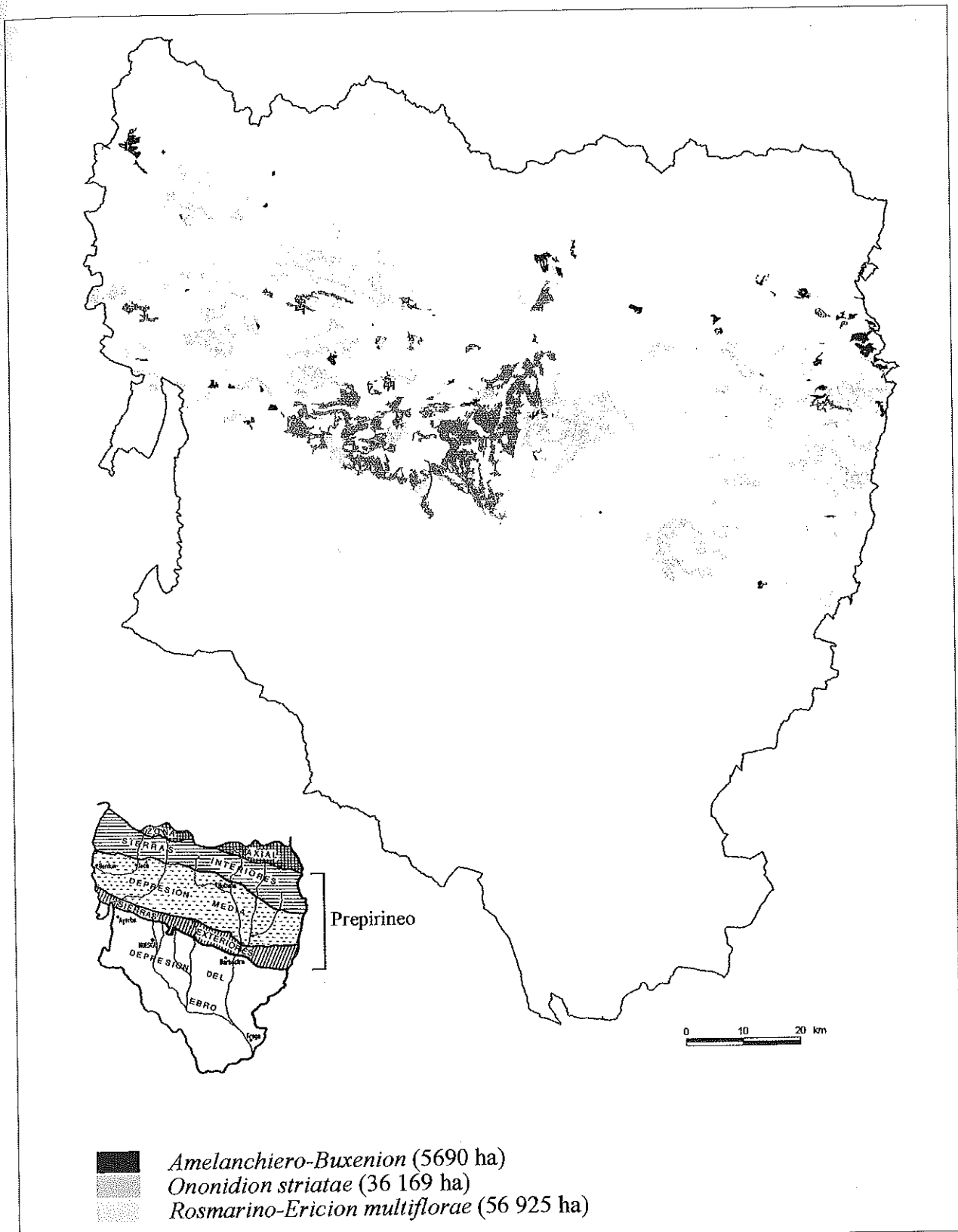


Figura 1.—Cartografía de los pastos arbustivos pastos arbustivos (“crizonales”, “romerales-aliagares-lastonares” y “matorrales espinosos con boj”) del Prepirineo en la provincia de Huesca.

Tabla 2. Inventario-tipo y cálculo del valor pastoral de los pastos arbustivos prepirenaicos pertenecientes a la alianza *Ononidion striatae*

ONONIDION STRIATAE	Cs	Is				Cs x Is			
		I	P	V	O	I	P	V	O
<i>Echinopartum horridum</i>	37,0	0	0	0	0	0	0	0	0
○ <i>Carex humilis</i>	8,0	2	3	1	2	16,0	24,0	8,0	16,0
× <i>Carex brevicollis</i>	4,1	0	0	0	0	0	0	0	0
○ <i>Anthyllis montana</i>	3,9	1	1	1	1	3,9	3,9	3,9	3,9
× <i>Koeleria vallesiana</i>	3,3	0	1	1	1	0	3,3	3,3	3,3
× <i>Globularia cordifolia</i>	3,1	0	1	1	0	0	3,1	3,1	0
<i>Arenaria tetraquetra</i>	2,8	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Juniperus communis</i> subsp. <i>hemisphaerica</i>	2,5	0	0	0	0	0	0	0	0
× <i>Ononis striata</i>	2,5	1	2	1	1	2,5	5,0	2,5	2,5
<i>Aphyllantes monspelienses</i>	2,4	1	2	1	1	2,4	4,8	2,4	2,4
<i>Onobrychis hispanica</i>	2,4	1	3	2	2	2,4	7,2	4,8	4,8
× <i>Thymus vulgaris</i>	2,4	1	1	1	1	2,4	2,4	2,4	2,4
○ <i>Potentilla neumanniana</i>	1,9	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Helianthemum italicum</i>	1,8	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Bromus erectus</i>	1,6	1	3	1	2	1,6	4,8	1,6	1,6
○ <i>Coronilla minima</i>	1,6	1	2	1	1	1,6	3,2	1,6	1,6
<i>Festuca ovina</i>	1,5	0	1	1	1	0	1,5	1,5	1,5
<i>Buxus sempervirens</i>	1,4	0	0	0	0	0	0	0	0
× <i>Iberis saxatilis</i>	0,8	0	0	0	0	0	0	0	0
○ <i>Serratula nudicaulis</i>	0,6	0	1	0	0	0	0,6	0	0
× <i>Plantago argentea</i>	0,5	0	2	1	2	0	1,0	0,5	1,0
○ <i>Bupleurum ranunculoides</i>	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Linum catharticum</i>	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0
○ <i>Alyssum serpyllifolium</i>	0,4	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Jurinea humilis</i>	0,4	0	0	0	0	0	0	0	0
● <i>Brimeura amethystina</i>	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Antennaria dioica</i>	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0
Suelo desnudo	11,8								
Σ (Cs.Is)									
VP = 0,2 Σ (Cs.Is)						32,8	64,8	35,6	41,0
UF ha ⁻¹ = 15VP						6,6	13,0	7,1	8,2
UF ha ⁻¹ año ⁻¹ : 524						99	195	107	123

● = especies características de la alianza; × = especies características del orden *Ononidetealia striatae*; ○ = especies características de la clase *Festuco hystricis-Ononidetea striatae*
 Cs = Contribución específica en % de recubrimiento, Is = Índices específicos, I = invierno, P = primavera, V = verano, O = otoño, VP = valor pastoral, UF = unidades forrajeras.

Matorrales espinosos con boj

Buxus sempervirens es la especie arbustiva más abundante en el Prepireneo, si bien rehuye los lugares más ventosos o donde se acumula mucha nieve. El "boj" aparece tanto en los "erizontales" (Tabla 2) como en los "romerales, aligares y lastonares" (Tabla 3). También lo hace en los "coscojares" (Reiné *et al.*, 2004). Sin embargo, es en los "matorrales espinosos" de *Amelanchiero-Buxenion* donde presenta mayor abundancia (Tablas 1 y 4) junto con *Arctostaphylos* y varias rosáceas (*Amelanchier*, *Rosa* spp., *Prunus*, *Rubus*, etc.). Implican 84 polígonos del IFN, en general márgenes de "quejigares" y "pinares" del piso montano, aparecen dispersos por todo el Prepireneo (Figura 1) y totalizan 5690 ha. Su valor pastoral (Tabla 4) se ha calculado en 393 UF ha⁻¹ año⁻¹. La producción total anual de estos pastos puede estimarse por tanto en unas 2 250 000 UF.

Tabla 3. Inventario-tipo y cálculo del valor pastoral de los pastos arbustivos prepirenaicos pertenecientes a la alianza *Rosmarino-Ericion multiflorae*

ROSMARINO-ERICION MULTIFLORAE	Cs	Is				Cs x Is			
		I	P	V	O	I	P	V	O
○ <i>Rosmarinus officinalis</i>	18,0	0	0	0	0	0	0	0	0
× <i>Genista scorpius</i>	16,0	0	1	1	0	0	16,0	16,0	0
<i>Brachypodium retusum</i>	11,1	1	1	1	1	11,1	11,1	11,1	11,1
○ <i>Stachelina dubia</i>	6,5	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Stipa offneri</i>	6,5	0	1	0	0	0	6,5	0	0
○ <i>Thymus vulgaris</i>	6,1	1	1	1	1	6,1	6,1	6,1	6,1
<i>Buxus sempervirens</i>	5,7	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Juniperus oxycedrus</i>	4,2	0	0	0	0	0	0	0	0
○ <i>Coris monspeliensis</i>	3,5	0	0	0	0	0	0	0	0
○× <i>Fumana ericoides</i>	2,3	0	0	0	0	0	0	0	0
○ <i>Dorycnium pentaphyllum</i>	1,5	0	2	1	1	0	3,0	1,5	1,5
<i>Lithospermum fruticosum</i>	1,5	0	0	0	0	0	0	0	0
× <i>Lavandula latifolia</i>	0,9	1	1	1	1	0,9	0,9	0,9	0,9
○ <i>Asperula cynanchica</i>	0,8	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Avena bromoides</i>	0,8	0	2	1	2	0	1,6	0,8	0,8
<i>Helianthemum italicum</i>	0,8	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Helichrysum stoechas</i>	0,8	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Juniperus phoenicea</i>	0,8	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Koeleria vallesiana</i>	0,8	0	1	1	1	0	0,8	0,8	0,8
● <i>Linum suffruticosum</i>	0,8	0	0	0	0	0	0	0	0
× <i>Lithodora fruticosa</i>	0,8	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Onobrychis hispanica</i>	0,8	1	3	2	2	0,8	2,4	1,6	1,6
× <i>Ononis pusilla</i>	0,8	1	2	1	1	0,8	1,6	0,8	0,8
<i>Phlomis lychnitis</i>	0,8	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Quercus coccifera</i>	0,8	0	0	0	0	0	0	0	0
○ <i>Aphyllantes monspelienses</i>	0,2	1	2	1	1	0,2	0,4	0,2	0,2
<i>Astragalus incanus</i>	0,2	0	2	1	1	0	0,4	0,2	0,2
<i>Cuscuta epithimum</i>	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0
● <i>Lavandula dentata</i>	0,2	1	1	1	1	0,2	0,2	0,2	0,2
○ <i>Bupleurum frutescens</i>	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cistus clusii</i>	0,1	1	2	0	1	0,1	0,2	0,1	0,1
<i>Salvia officinalis</i>	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0
Suelo desnudo	5,3								
Σ (Cs.Is)						20,2	51,2	40,3	24,3
VP = 0,2 Σ (Cs.Is)						4,0	10,2	8,1	4,9
UF ha ⁻¹ = 15VP						60	153	122	74
UF ha ⁻¹ año ⁻¹ : 409									

● = especies características de la alianza; × = especies características del orden *Rosmarinetales officinalis*; ○ = especies características de la clase *Rosmarinetea officinalis*
 Cs = Contribución específica en % de recubrimiento, Is = Índices específicos, I = invierno, P = primavera, V = verano, O = otoño, VP = valor pastoral, UF = unidades forrajeras.

Tabla 4. Inventario-tipo y cálculo del valor pastoral de los pastos arbustivos prepirenaicos pertenecientes a la subalianza *Amelanchiero-Buxenion*

AMELANCHIERO-BUXENION	Cs	Is				Cs x Is			
		I	P	V	O	I	P	V	O
<i>Buxus sempervirens</i>	37,0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Arctostaphylos uva-ursi</i>	13,6	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Hepatica nobilis</i>	10,5	0	0	0	0	0	0	0	0
○ <i>Amelanchier ovalis</i>	5,5	0	1	1	0	0	5,5	5,5	0
<i>Carex humilis</i>	4,3	2	3	1	2	8,6	12,9	4,3	8,6
<i>Helleborus foetidus</i>	4,3	0	0	0	0	0	0	0	0
● <i>Ononis aragonensis</i>	4,3	1	2	1	1	4,3	8,6	4,3	4,3
<i>Ononis fruticosa</i>	4,3	2	3	2	2	8,6	12,9	8,6	8,6
<i>Polygonatum odoratum</i>	1,4	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Avenula pratensis</i>	1,2	0	3	2	3	0	3,6	2,4	3,6
<i>Coronilla emerus</i>	1,2	2	3	2	2	2,4	3,6	2,4	2,4
<i>Festuca ovina</i>	1,2	0	1	1	1	0	1,2	1,2	1,2
<i>Origanum vulgare</i>	1,2	0	0	0	0	0	0	0	0
● <i>Rosa glauca</i>	1,2	0	0	0	0	0	0	0	0
● <i>Rosa villosa</i>	1,2	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Paeonia officinalis ssp. humilis</i>	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Primula veris</i>	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0
● <i>Berberis vulgaris</i>	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0
○ <i>Prunus spinosa</i>	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0
● <i>Rosa jacetana</i>	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Tanacetum corymbosum</i>	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Vicia sepium</i>	0,1	1	3	2	3	0,1	0,3	0,2	0,3
<i>Viola willkommii</i>	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Suelo desnudo</i>	6,2								
Σ (Cs.Is)						24,0	48,6	28,9	29,0
VP = 0,2 Σ (Cs.Is)						4,8	9,8	5,8	5,8
UF ha ⁻¹ = 15VP						72	147	87	87
UF ha ⁻¹ año ⁻¹ : 393									

● = especies características de la alianza *Berberidion vulgaris*; ○ = especies características de la clase *Rhamno-Prunetea*
 Cs = Contribución específica en % de recubrimiento, Is = Índices específicos, I = invierno, P = primavera, V = verano, O = otoño, VP = valor pastoral, UF = unidades forrajeras.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMELLA, A.; FERRER, C., 1979. *Utilización de un método fitológico en la determinación del valor nutritivo de pastos*. Trabajos del I.E.P.G.E., 37, CSIC-Universidad de Zaragoza, 10 pp. Zaragoza (España).
- ASCASO, J., 1990. *Estudio fitocenológico y valoración de los recursos pastorales de las zonas forestales y arbustivas del Prepireneo aragonés*. Ed. Institución Fernando el Católico, 152 pp. Zaragoza (España).
- ASCASO, J.; FERRER, C.; MAESTRO, M., 1996. Valoración estacional y anual de los recursos pastables en el Macstrazgo de Castellón. En *Actas de la XXXVI Reunión Científica de la S.E.E.P.*, 161-166. La Rioja (España).
- BARRANTES, O.; ASCASO, J.; BROCA, A.; FERRER, C., 2003. Tipificación y cartografía fitocenológica de los pastos de monte en la provincia de Huesca. En *Pastos, desarrollo y conservación*, 161-166. Ed. A.B. ROBLES; M.E. RAMOS; M.C. MORALES; E. DE SIMON; J.L. GONZÁLEZ; J. BOZA. Granada (España).
- CONESA, J.A., 2001. *Flora i vegetació de les serres marginals prepirinenques entre els rius Segre i Noguera Ribagorçana*. Ed. Institut d'Estudis Ilerdenses-Universitat de Lleida, 791 pp. Lleida (España).
- DAGET, P.; POISSONET, J., 1972. Un procédé d'estimation de la valeur pastorale des paturages. *Fourrages*, 49, 31-39.
- DGCN (Dirección General de Conservación de la Naturaleza), 1996. *II Inventario Forestal Nacional 1986-1995 Aragón*. Ed. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid (España).
- DGCN (Dirección General de Conservación de la Naturaleza), 2001. *Mapa forestal de España (versión digital)*. Ed. Organismo Autónomo Parques Nacionales. Madrid (España).
- MONTSERRAT MARTÍ, J.M., 1986. *Flora y vegetación de la Sierra de Guara (Prepireneo Aragonés)*. Ed. Diputación General de Aragón, 334 pp. Zaragoza (España).
- NINOT, J.M.; ROMO, A.; SESÉ, J.A., 1993. *Macizo del Turbón y Sierra de Sis. Flora, paisaje vegetal e itinerarios (Prepireneo Aragonés)*. Ed. Gobierno de Aragón, 495 pp. Zaragoza (España).
- REINÉ, R.; BARRANTES, O.; MENDOZA, A.; BROCA, A.; FERRER, C., 2004. Pastos arbustivos de "coscojar" en la provincia de Huesca. Tipificación, cartografía y valoración. En *Actas de la XLIV Reunión Científica de la S.E.E.P.*
- RIVAS MARTÍNEZ, S.; RIVAS GONZÁLEZ, T.E.; FERNÁNDEZ GONZÁLEZ, F.; IZCO, J.; LOIDI, J.; LOUSA, M.; PENAS MERINO, A., 2002. Vascular plant communities of Spain and Portugal. *Itinera Geobotanica*, 15 (1) y (2), 5-922.

Pastos arbustivos de alta montaña en la provincia de Huesca. Tipificación, cartografía y valoración

R. REINÉ, O. BARRANTES, J. ASCASO, A. MENDOZA, A. BROCA y C. FERRER

Dpto. Agricultura y Economía Agraria. Universidad de Zaragoza. Miguel Servet, 177. E-50013 Zaragoza (España).

RESUMEN: Este trabajo se enmarca en el ámbito del Proyecto "Tipificación, Cartografía y Evaluación de los Pastos Españoles" (INIA-CCAA O'OO-037-C17). A partir de las unidades fitocenológicas y cartográficas establecidas por Barrantes *et al.* (2003), el II Inventario Forestal Nacional (DGCN, 1996) y las especies dominantes del Mapa Forestal de España (DGCN, 2001), se establecen inventarios-tipo que permiten estimar la producción de los pastos. Los pastos arbustivos de alta montaña de la provincia de Huesca se tipifican como *Rhododendro-Vaccinion* (258 ha), *Juniperion nanae* (2500 ha) y *Ononidion striatae* (21 293 ha). Se han valorado en 329, 28 y 540 UF ha⁻¹ verano⁻¹ respectivamente, lo que implica una producción total anual de unas 11 700 000 UF.

Palabras clave: Unidades fitosociológicas, Superficies (ha), Inventarios-tipo, Valor Pastoral, Unidades Forrajeras.

Mountain shrub pastures in the Huesca province. Characterization, cartography and evaluation

SUMMARY: This work is settled in the context of the Project "Characterization, Cartography and Evaluation of Spanish pastures" (INIA-CCAA O'OO-037-C17). Results of the characterization, cartography and evaluation by means of the phytocenologic and cartographic units established by Barrantes *et al.* (2003), the II National Forestry Inventory (DGCN, 1996) and the Forestry Map of Spain (DGCN, 2001) are presented. Considering the dominant species provided by the last mentioned work and the phytosociological characterizations, type-inventories are established, which allow an estimation of the pasture production. In this work, the mountain shrub pastures of the Huesca province have been typified as *Rhododendro-Vaccinion* (258 ha), *Juniperion nanae* (2500 ha) and *Ononidion striatae* (21 293 ha). They have been evaluated in 329, 28 y 540 FU ha⁻¹ summer⁻¹ respectively, meaning a total annual production of about 11 700 000 FU.

Key words: Phytosociologic units, Surface areas (ha), Type-Inventories, Pastoral Value, Forage Units.

INTRODUCCIÓN

En el Proyecto "Tipificación, Cartografía y Evaluación de los Pastos Españoles" (INIA-CCAA), se presentan varios problemas a la hora de abordar los pastos arbustivos. En el II Inventario Forestal Nacional (IFN) (DGCN, 1996), en la capa de "Usos" referente a "Forestal desarbolado", el código "M" (matorral) se ha identificado a pastos arbustivos, pero no hay más información sobre especies. Para tipificar o desagregar estos polígonos "M" es necesario recurrir a la superposición del Mapa Forestal de España (MFE) (DGCN, 2001) donde sí se informa sobre especies arbustivas dominantes. Con ello se habría resuelto el problema de la Tipificación y Cartografía. Sin embargo, en este tipo de pastos donde el ganado, además de consumir especies herbáceas, ramonea especies arbustivas, resulta muy útil el método sintético del Valor Pastoral (VP). Para aplicar esta metodología es preciso partir de un inventario con las especies más abundantes y su contribución específica porcentual (Cs). Por ello es necesario asociar las especies dominantes proporcionadas por el MFE a comunidades fitosociológicas previamente establecidas (Barrantes *et al.*, 2003) que nos permitan establecer inventarios-tipo. Esto es lo que se hace en este trabajo para el estudio de los pastos arbustivos de alta montaña (puertos y prepuertos pirenaicos) de la provincia de Huesca.

MATERIAL Y MÉTODOS

A las unidades de pastos arbustivos obtenidas a partir del IFN (Barrantes *et al.*, 2003), se les ha superpuesto la base de datos del MFE a escala 1:200 000 (DGCN, 2001) en versión digital, donde aparecen espe-

cies dominantes: "rótulo_x" (x= 1 a 4) y, en su caso, "nombre". Para desagregar los pastos arbustivos de la provincia de Huesca se ha trabajado simultáneamente con información bibliográfica de carácter fitosociológico, especialmente las publicaciones de Braun-Blanquet (1948), Ascaso (1992) y Ninot *et al.* (1993) actualizándola con la de Rivas-Martínez *et al.* (2002), y con la información proporcionada por el MFE. De este modo se han seleccionado las unidades fitosociológicas más relevantes que pudieran tener una fácil identificación a partir de las especies dominantes del MFE, estableciéndose para cada una de dichas unidades un inventario-tipo, y calculando el valor pastoral (VP) según la metodología de Daget y Poissonet (1972) y su desarrollo (Amella y Ferrer, 1979; Ascaso *et al.*, 1996). La frecuencia específica (Fs) de cada especie se ha calculado según la siguiente equivalencia de los índices de abundancia-dominancia: 1=2,5%, 2=15%, 3=37,5%, 4=62,5 y 5=87,5%. Puesto que la suma de porcentajes de Fs no suele sumar 100%, posteriormente se ha calculado la contribución específica (Cs) para llevar los datos a 100%: Cs=Fs (100-% Suelo desnudo)/ Σ Fs. Los puertos y prepuertos pirenaicos sólo producen en "verano" (de mediados de junio a mediados de octubre). Para el cálculo de UF se ha utilizado la siguiente ecuación: UF ha⁻¹ verano⁻¹=45VP (Ascaso y Sancho, 1999).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Nos referimos a los pastos arbustivos de verano que bordean los puertos, haciendo la transición con el bosque subalpino climácico, de cuya degradación proceden. En el piso alpino, estos matorrales pueden considerarse climácicos o primarios. Se han diferenciado tres tipos de pastos arbustivos de alta montaña, por encima de 1500-1600 m, ubicados en el Pirineo Axial o bien en las Sierras Interiores Prepirenaicas adosadas a él.

Rhododendro-Vaccinión.

Matorral que sustituye a pinares climácicos de *Pinus uncinata*, del que casi siempre aparece algún ejemplar (Tablas 1 y 2). El *Rhododendron ferrugineum* dominante no soporta las heladas pre-primaverales, por lo que se ubica en hondonadas que acumulan nieve protectora y por ello no sobrepasa los 40-60 cm de altura; en verano prefiere sombra (exposiciones norte); es una especie estricta de suelos ácidos. Aparecen también "arándanos" (*Vaccinium myrtillus* y *V. uliginosum*) y especies herbáceas de los puertos adyacentes. (Tabla 2). Sólo se ha podido atribuir claramente a esta comunidad 258 ha (11 polígonos del IFN), en los valles de Benasque y Tena (Figura 1) y sobre materiales silíceos del Pirineo Axial. Su valor pastoral se debe a las especies herbáceas y se ha calculado una producción estival de 329 UF ha⁻¹, lo que implicaría una producción total de unas 85 000 UF.

Juniperion nanae.

El "enebro rastrero" (*Juniperus communis* subsp. *nana*) ocupa posiciones que el "rododendro" no puede soportar: zonas de heladas fuertes por falta de protección de una cubierta nival; exposiciones luminosas,

Tabla 1. Correspondencia entre unidades fitosociológicas y especies o formaciones dominantes en el Mapa Forestal de España (MFE) (DGCN, 2001).

Unidad fitosociológica	Ubicación	Rótulos o nombres del MFE
<i>Rhododendro-Vaccinión</i>	alta montaña	<i>Rhododendron ferrugineum</i> , <i>Pinus uncinata</i> , etc.
<i>Juniperion nanae</i>	alta montaña	<i>Juniperus communis</i> subsp. <i>alpina</i> , <i>Artostaphylos uva-ursi</i> , <i>Calluna vulgaris</i> , <i>Pinus uncinata</i> , etc.
<i>Ononidion striatae</i>	alta montaña	<i>Echinopartum horridum</i> , <i>Buxus sempervirens</i> , <i>Juniperus communis</i> subsp. <i>hemisphaerica</i> , y combinaciones entre ellas y con otras especies, tales como <i>Amelanchier ovalis</i> , <i>Genista scorpius</i> , etc.

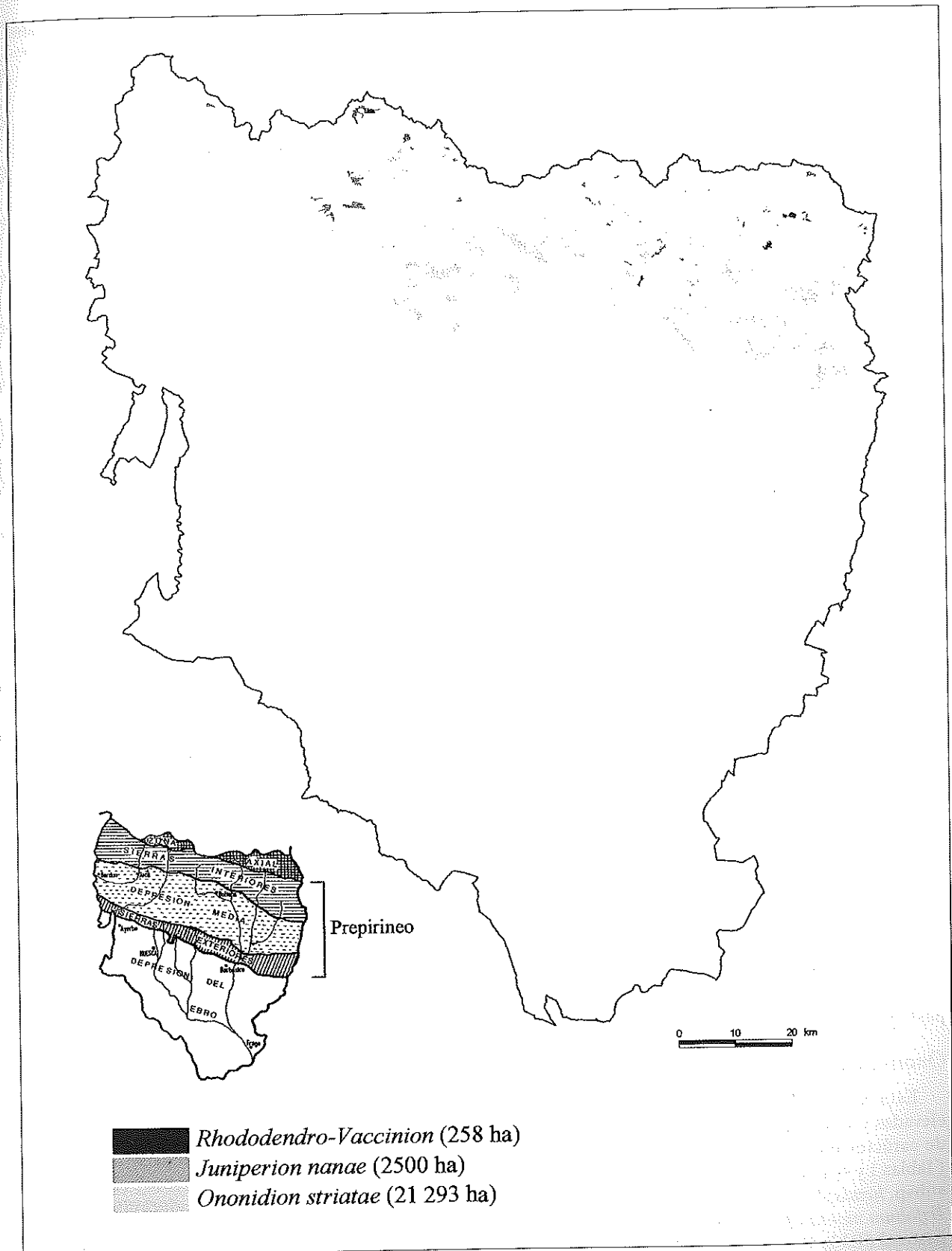


Figura 1.—Cartografía de los pastos arbustivos de alta montaña de la provincia de Huesca.

Tabla 2. Inventario-tipo y cálculo del valor pastoral de los pastos arbustivos de alta montaña pertenecientes a la alianza *Rhododendro-Vaccinion*

RHODODENDRO-VACCINION	Cs	Is	Cs x Is
● <i>Rhododendron ferrugineum</i>	25,1	0	0
<i>Sesleria albicans</i>	9,2	1	9,2
<i>Festuca eskia</i>	7,9	0	0
<i>Vaccinium myrtillus</i>	7,1	0	0
× <i>Vaccinium uliginosum</i>	6,5	0	0
<i>Pinus uncinata</i>	5,8	0	0
<i>Festuca gautieri</i>	5,2	0	0
<i>Festuca rubra</i>	5,2	2	10,4
<i>Nardus stricta</i>	4,5	0	0
<i>Trifolium alpinum</i>	3,7	3	11,1
<i>Carex sempervirens</i>	3,4	0	0
<i>Vicia pyrenaica</i>	1,6	2	3,1
<i>Alchemilla alpina</i>	1,1	1	1,1
<i>Geum montanum</i>	1,1	0	0
× <i>Juniperus communis</i>	1,0	0	0
<i>Campanula heterophylla</i>	0,7	1	0,7
<i>Polygonum viviparum</i>	0,7	0	0
<i>Melampyrum pratense</i>	0,6	0	0
<i>Plantago alpina</i>	0,6	1	0,6
<i>Sorbus aucuparia</i>	0,5	0	0
● <i>Astrantia minor</i>	0,1	0	0
<i>Cruciata glabra</i>	0,1	0	0
● <i>Gentiana buseri</i>	0,1	0	0
<i>Homogyne alpina</i>	0,1	0	0
● <i>Saxifraga geranioides</i>	0,1	0	0
● <i>Sorbus sudetica</i>	0,1	0	0
<i>Pyrola minor</i>	0,1	0	0
<i>Suaeda desnuda</i>	7,9		
Σ (Cs.Is)			36,3
VP = 0,2 Σ (Cs.Is)			7,3
UF ha ⁻¹ = 45VP: 329			

● = especies características de la alianza; × = especies características del orden *Vaccinio microphylli-Juniperetalia nanae*

Cs = Contribución específica en % de recubrimiento, Is = Índices específicos, VP = valor pastoral, UF = unidades forrajeras.

térmicas y xéricas en verano. Son también dominantes (Tablas 1 y 3) otros arbustos como “gayuba” (*Artostaphylos uva-ursi*), “arándano” (*V. myrtillus*) y “brecina” (*Calluna vulgaris*). Los árboles de *P. uncinata*, testigos del bosque climácico, también suelen aparecer. Su valor como pasto (Tabla 3) es prácticamente nulo (28 UF ha⁻¹ verano⁻¹), el ganado tiene dificultades para transitar y sólo aprovecha *Festuca rubra* y otra gramínea basta, *Deschampsia flexuosa*. Antiguamente, la invasión de los pastos de puerto por este matorral se combatía mediante el fuego controlado. Se han cartografiado 2500 ha (52 polígonos el IFN) atribuidas a este tipo de pasto arbustivo.

Ononidion striatae

Esta comunidad, ya contemplada también en otras áreas prepirenaicas (Reiné *et al.*, 2004), ocupa zonas elevadas y septentrionales de las Sierra Interiores y del Pirineo Axial, en ambientes calcáreos, pedregosos y de carácter mediterráneo. Sustituye a pinares de *P. sylvestris*. La vegetación arbustiva está representada (Tablas 1 y 4) por “erizón” (*Echinopartum horridum*), “boj” (*Buxus sempervirens*) y “encbro” (*J. communis* subsp. *hemisphaerica*). El se debe a *Carex humilis*, leguminosas como *Ononis striata*, *Anthyllis montana*, *Trifolium montanum*, etc. y gramíneas como *F. rubra*, *Koeleria vallesiana*, *Avenula pratensis*, etc. Su valor pastoral (Tabla 4) es de 540 UF ha⁻¹ verano⁻¹ y se le han atribuido 21 293 ha (214 polígonos del IFN); la producción total estival asciende a 11 500 000 UF.

Tabla 3. Inventario-tipo y cálculo del valor pastoral de los pastos arbustivos de alta montaña pertenecientes a la alianza *Juniperion nanae*

JUNIPERION NANAE	Cs	Is	Cs x Is
● <i>Arctostaphylos uva-ursi</i>	23,5	0	0
<i>Pinus uncinata</i>	18,0	0	0
<i>Vaccinium myrtillus</i>	14,5	0	0
× <i>Juniperus communis</i>	12,8	0	0
<i>Calluna vulgaris</i>	4,3	0	0
<i>Rhododendron ferrugineum</i>	3,0	0	0
<i>Festuca eskia</i>	2,6	0	0
<i>Carex sempervirens</i>	0,9	0	0
<i>Deschampsia flexuosa</i>	0,9	1	0,9
<i>Festuca rubra</i>	0,9	2	1,8
× <i>Vaccinium uliginosum</i>	0,9	0	0
<i>Galium pumilum</i>	0,5	0	0
<i>Silene rupestris</i>	0,5	0	0
<i>Thymus praecox</i>	0,5	0	0
<i>Asphodelus albus</i>	0,4	0	0
<i>Campanula heterophylla</i>	0,4	1	0,4
Suelo desnudo	15,4		
Σ (Cs.Is)			3,1
VP = 0,2 Σ (Cs.Is)			0,62
UF ha ⁻¹ = 45VP: 28			

● = especies características de la alianza; × = especies características del orden *Vaccinio microphylli-Juniperetalia nana*
 Cs= Contribución específica en % de recubrimiento, Is= Índices específicos, VP= valor pastoral, UF= unidades forrajeras.

Tabla 4. Inventario-tipo y cálculo del valor pastoral de los pastos arbustivos de alta montaña pertenecientes a la alianza *Ononidion striatae*

ONONIDION STRIATAE	Cs	Is	Cs x Is
○ <i>Carex humilis</i>	12,1	2	24,2
<i>Echinospartum horridum</i>	11,2	0	0
× <i>Globularia cordifolia</i>	9,1	0	0
× <i>Ononis striata</i>	6,7	1	6,7
<i>Festuca rubra</i>	4,5	2	9,0
<i>Arenaria tetraquetra</i>	4,3	0	0
○ <i>Anthyllis montana</i>	4,0	1	4,0
<i>Buxus sempervirens</i>	3,7	0	0
× <i>Koeleria vallesiana</i>	3,6	1	3,6
× <i>Carex brevicollis</i>	3,3	0	0
<i>Juniperus communis subsp. hemisphaerica</i>	3,3	0	0
<i>Thymelaea nivalis</i>	2,6	0	0
× <i>Helianthemum oelandicum</i>	2,4	0	0
<i>Avena pratensis ssp iberica</i>	2,1	1	2,1
<i>Bifolium montanum</i>	2,1	3	6,3
<i>Saponaria caespitosa</i>	2,0	0	0
<i>Androsace villosa</i>	1,5	0	0
<i>Sanguisorba minor</i>	1,5	2	3,0
○ <i>Potentilla neumanniana</i>	1,1	0	0
<i>Onosma bubanii</i>	1,0	0	0
● <i>Brimeura amethystina</i>	1,0	0	0
<i>Helianthemum nummularium</i>	1,0	0	0
<i>Genista scorpius</i>	0,6	0	0
<i>Lavandula pyrenaica</i>	0,6	0	0
× <i>Astragalus monspessulamus</i>	0,5	2	1,0
<i>Thymus pulegioides</i>	0,5	0	0
<i>Asperula pyrenaica</i>	0,2	0	0
<i>Gentiana chusii</i>	0,1	0	0
Suelo desnudo	13,3		
Σ (Cs.Is)			59,9
VP = 0,2 Σ (Cs.Is)			12
UF ha ⁻¹ = 45VP: 540			

● = especies características de la alianza; × = especies características del orden *Ononidetalia striatae*; ○ = especies características de la clase *Festuco hystrix-Ononidetea striatae*
 Cs= Contribución específica en % de recubrimiento, Is= Índices específicos, VP= valor pastoral, UF= unidades forrajeras.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMELLA, A.; FERRER, C., 1979. *Utilización de un método fitológico en la determinación del valor nutritivo de pastos*. Trabajos del I.E.P.G.E., 37, CSIC-Universidad de Zaragoza, 10 pp. Zaragoza (España).
- ASCASO, J., 1992. *Estudio fitocenológico y valoración de los pastos de puerto del valle de Benasque. Pirineo Oscense*. Tesis Doctoral. Universidad de Zaragoza, 409 pp.
- ASCASO, J.; FERRER, C.; MAESTRO, M., 1996. Valoración estacional y anual de los recursos pastables en el Maestrazgo de Castellón. En *Actas de la XXXVI Reunión Científica de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos*, 161-166.
- ASCASO, J.; SANCHO, J. V., 1999. *Valoración forrajera y explotación ganadera de los pastos de puerto del Alto Ésera*. Ed. Institución Fernando El Católico (CSIC), 133 pp. Zaragoza (España).
- BARRANTES, O.; ASCASO, J.; BROCA, A.; FERRER, C., 2003. Tipificación y cartografía fitocenológica de los pastos de monte en la provincia de Huesca. En *Pastos, desarrollo y conservación*, 161-166. Ed. A.B. ROBLES; M.E. RAMOS; M.C. MORALES; E. DE SIMON; J.L. GONZÁLEZ; J. BOZAL. Granada (España).
- BRAUN-BLANQUET, J., 1948. *La végétation alpine des Pyrénées Orientales*. Instituto de Estudios Pirenaicos, 9. Barcelona (España).
- DAGET, P.; POISSONET, J., 1972. Un procédé d'estimation de la valeur pastorale des paturages. *Fourrages*, 49, 31-39.
- DGCN (Dirección General de Conservación de la Naturaleza), 1996. *II Inventario Forestal Nacional 1986-1995. Aragón*. Ed. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid (España).
- DGCN (Dirección General de Conservación de la Naturaleza), 2001. *Mapa forestal de España (versión digital)*. Ed. Organismo Autónomo Parques Nacionales. Madrid (España).
- NINOT, J.M.; ROMO, A.; SESÉ, J.A., 1993. *Macizo del Turbón y Sierra de Sis. Flora, paisaje vegetal e itinerarios (Prepirineo Aragonés)*. Ed. Gobierno de Aragón, 495 pp. Zaragoza (España).
- REINÉ, R.; BARRANTES, O.; MENDOZA, A.; BROCA, A.; FERRER, C., 2004. Pastos arbustivos (erizontales, romerales-aliagares-lastonares y matorrales espinosos con boj) del Prepirineo en la provincia de Huesca. Tipificación, cartografía y valoración. En *Actas de la XLIV Reunión Científica de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos*.
- RIVAS MARTÍNEZ, S.; RIVAS GONZÁLEZ, T.E.; FERNÁNDEZ GONZÁLEZ, F.; IZCO, J.; LOIDI, J.; LOUSA, M.; PENAS MERINO, A., 2002. Vascular plant communities of Spain and Portugal. *Itinera Geobotanica*, 15 (1) y (2), 5-922.

CUARTA PARTE

RECURSOS Y SISTEMAS SILVOPASTORALES

El papel del monte en las dehesas y sus problemas de regeneración

J. M. LLORENTE PINTO

Departamento de Geografía. Facultad de Geografía e Historia. Universidad de Salamanca. C/ Cervantes s/n. 37008 Salamanca (España)

RESUMEN: Las dehesas son explotaciones agrarias de orientación fundamentalmente ganadera pero que presentan como singularidad la complementariedad de usos ganaderos, agrícolas y silvícolas, y eso en un marco en el que la presencia de árboles resulta un rasgo distintivo tanto desde un punto de vista paisajístico como estructural. En efecto, la existencia de árboles sobre los terrenos de pasto o las zonas de cultivo introduce diferentes efectos sobre las condiciones mesológicas y sobre la disponibilidad de recursos. Este sistema agrosilvopastoral se encuentra sin embargo amenazado por las dificultades de regeneración del monte y por la falta de cuidados silvícolas. En este contexto, este trabajo recuerda por un lado el papel del monte en las dehesas y, por otro lado, revisa y discute la situación en que se encuentra el arbolado de estas explotaciones, partiendo del reconocimiento de que falta información relevante y sistemática sobre las densidades, la estructura por edades y los problemas de regeneración de estos montes.

Palabras clave: Sistemas agrosilvopastorales, sostenibilidad, gestión forestal.

The role of the forest on the dehesas and their problems of regeneration

SUMMARY: The dehesas are agricultural systems mainly devoted to cattle production, but their complementary use for livestock, agriculture and forestry are also a special feature. This can be seen in a geographical context in which the presence of trees is a distinctive characteristic both from a structural and scenic point of view. In fact, the existence of trees in pastureland or farmland has different effects on the mesological conditions, and the availability of resources. However, this agroforestry system is under threat because of the difficulties encountered in regenerating the forest and of the neglect of woodland. In this context, this work reminds us of the role of the forest in these pastoral woodlands, as well as reviewing and discussing the situation of the trees in these exploitations in view of the fact that there is a lack of relevant and systematic information about their density, age structure and regeneration problems.

Key words: Agroforestry systems, sustainability, forest management.

INTRODUCCIÓN

Según hemos escrito en otro lugar (Llorente Pinto, 2003), la dehesa ha pasado, como otros objetos de investigación, por diferentes etapas tanto en lo que respecta al ámbito científico como social. Así, durante bastante tiempo no se prestó especial atención a este sistema agrosilvopastoral, sobre el que además pesaba el prejuicio negativo de su carácter "latifundista". En estas condiciones y al menos desde la Geografía, la dehesa presentaba un interés costumbrista (Teijón Laso, 1948) o tipológico (Martín Galindo, 1966), pero en un ambiente "modernizador" y productivista no parecía el modelo más adecuado al que dedicar los esfuerzos de investigación. Por su parte, desde otras disciplinas este paisaje agrario tampoco despertaba especiales entusiasmos: el monte adehesado no es una formación "genuinamente" forestal y la mayoría de estas fincas tienen carácter privado, dos circunstancias que no casaban muy bien con la mentalidad tradicional de los forestales españoles, que, con notables excepciones (Martín Bolaños, 1943), no prestaron demasiada atención a estos montes.

Sin embargo, a partir de los años setenta del siglo pasado las cosas cambiaron, probablemente a causa de que el contexto socioeconómico e institucional proporcionaba un marco de referencia en el que las virtualidades de los sistemas adehesados resultaban bastante coincidentes con las nuevas corrientes de opinión. Es el tiempo en que la crisis de la energía remueve muchas conciencias o se plantean los primeros problemas serios del modelo productivista de la agricultura europea con el Plan Mansholt, y en otro orden de cosas es en esta coyuntura en la que se empieza a reivindicar el pensamiento de arbitristas como Miguel Caxa de

Leruela o prácticas como la ganadería trashumante, de manera que aparecen corrientes de opinión que revisan o modifican la valoración tradicionalmente negativa que había suscitado La Mesta. Por lo mismo y en sentido contrario, se convierte en un ejercicio escolástico criticar el ideal agrarista y por lo tanto el paradigma representado por el discurso en torno a la cuestión agraria de los ilustrados y reformadores españoles¹.

Es en este ambiente —que coincide con una creciente preocupación internacional por la Agrosilvicultura— en el que se dispara el interés por los sistemas adhesados. Y probablemente, el colectivo que protagoniza de manera más entusiasta este proceso es el de los ecólogos. La atención científica sobre la dehesa no sólo crece en intensidad sino que frecuentemente presenta un tono claramente justificativo, hagiográfico o vindicativo, en un discurso en el que es habitual presentar a la dehesa como una especie de “cuadratura del círculo” ambiental, como una suerte de quintaesencia del equilibrio entre producción y conservación².

Aunque algunos investigadores más circunspectos y lúgubres no se habían sumado con tanto entusiasmo a esta corriente de empatía, es sobre todo a partir de la última década del siglo pasado cuando se empieza a invertir la tendencia y se alzan voces que ponen en tela de juicio esa visión tan favorable o positiva que se había transmitido sobre el adhesamiento. Tal vez es todavía pronto y probablemente no es éste el momento en que debemos entretenernos en valorar las causas de este cambio de orientación, pero lo cierto es que al menos en dos aspectos se ha puesto en cuestión el equilibrio o la sostenibilidad de los sistemas adhesados.

Una tiene que ver con la creciente dependencia de insumos externos de muchas de estas fincas, en forma de combustibles, abonos o piensos. Y el otro, que es el que ahora nos interesa, tiene un carácter más radical, pues se refiere a las dificultades que experimenta la regeneración del arbolado en las dehesas.

EL PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

A nadie se le oculta que, desde la perspectiva del aprovechamiento ganadero, el ideal del adhesamiento nos remite a un monte de estructura ahuecada en el que un pastizal estabilizado y libre de matorral aparece salpicado por pies adultos de quercíneas muy productivas en lo referente a la producción de bellota. Esta situación finalista choca con las posibilidades de regeneración del monte y es lo que hemos llamado la paradoja forestal de la dehesa.

En estas condiciones, desde hace algunos años se ha venido alertando sobre las amenazas que gravitan sobre estas explotaciones a causa de la decadencia del monte, o de su “fosilización”, como nos hemos acostumbrado a decir. La denuncia de ese proceso presenta diferentes grados en el sentido de que hay autores que consideran que los problemas de regeneración se deben a (o se han agudizado por) las actuales condiciones de aprovechamiento de estas fincas, que han sufrido un notable incremento de la presión ganadera. Por otro lado nos encontramos con posturas más radicales que argumentan que los terrenos de uso silvo-pastoral nunca han sido en realidad sistemas sustentables (Montoya Oliver, 1998, p. 115), sino una especie de espejismo.

En este sentido se argumenta que la antigüedad de la mayoría de las dehesas que hoy conocemos es pequeña (no más de trescientos años), y de ahí se puede razonar que esos montes estarían todavía en su primer ciclo o turno después del adhesamiento inicial. Dicho de otro modo: el monte de las dehesas no se habría regenerado nunca con carácter general, de manera que los pies añosos que hoy conocemos serían los jóvenes árboles que existían en el momento del adhesamiento, por eso no ha sido hasta hace relativamente

1 No debemos olvidar que uno de los lugares comunes del discurso ilustrado y reformista era la crítica a los despoblados (dehesas) salmantino-extremeños, que se reforzó a partir de finales del siglo XIX cuando creció la preocupación por el problema agrario y se identificó en buena medida a la dehesa como una de las manifestaciones típicas del latifundismo.

2 En un diccionario de ecología muy difundido se puede leer, entre otras cosas, en la entrada *dehesa*: “Para muchos autores es un acabado y perfecto ejemplo de sistema natural modificado armoniosamente por el hombre; es un buen caso de equilibrio entre conservación y explotación, ya que, aunque el bosque esclerófilo originario está alterado, se conservan la mayoría de los elementos faunísticos y florísticos primitivos con un mínimo desperdicio de superficie productiva. (...) De forma que para muchos ecologistas es paradigma de una relación entre hombre y naturaleza a reivindicar”, PARRA, F.; 1984. *Diccionario de ecología, ecologismo y medio ambiente*. Alianza Editorial, Madrid, pp. 105-106.

poco tiempo que se ha empezado a poner claramente de manifiesto el envejecimiento de los árboles y la necesidad de regeneración³.

Pues bien, la insuficiente regeneración del monte en las dehesas es un hecho incuestionable; otra cosa es el alcance de la misma o su carácter más o menos irreversible. Pero en cualquier caso para valorar el efecto de esa fosilización en la propia persistencia de los sistemas adhesionados es necesario establecer un diagnóstico adecuado sobre las causas de la misma o sobre la posibilidad de que sea consustancial al propio sistema de manejo.

Son varias las posibilidades para afrontar este problema. Pero el objetivo de esta ponencia es bastante modesto y fundamentalmente descriptivo, por la amplitud del tema y por las dificultades materiales de la empresa, de manera que estas líneas tendrán sin duda un carácter fragmentario y necesariamente introductorio en relación con la meta que nos planteamos.

Pues bien, el dosel arbóreo en las dehesas aparece como un *continuum* de densidades que, aunque obedece a algún gradiente natural en términos bastante abstractos, de hecho se presenta en multitud de ocasiones como un mosaico aparentemente aleatorio, producto tanto de esos factores naturales, como derivados de los usos, de la proximidad a los núcleos habitados, de la ordenación pastoral en cercados o de aspectos puramente anecdóticos.

Surge así una de las cuestiones más incómodas que se le suelen plantear a cualquier estudioso de la dehesa por parte de aquellas personas que intentan entender esta forma de explotación. Nos referimos, claro está, al asunto de las densidades. En general las respuestas a estas dudas suelen resultar bastante insatisfactorias, y así son escasos los estudios que aborden seriamente este problema, y entre éstos no encontramos trabajos concluyentes que sienten bases aceptables sobre lo que puede ser el mantenimiento o la búsqueda de unas densidades óptimas, más allá de lo que más adelante comentaremos.

Sí sabemos que el arbolado o la presencia de matorral influyen en la calidad y cantidad de hierba⁴, y lo mismo se puede decir en el caso de los rendimientos de los cultivos. En general el monte supone una disminución en la generación de pasto que es tanto más importante en términos relativos cuanto mayor sea la productividad del terreno, de ahí que lo lógico sea que se tienda a un gradiente de densidad de árboles inversamente proporcional a la potencialidad del suelo: el monte más abierto o incluso ausente se corresponde con las tierras de cultivo que siguen rotaciones cortas y con los sectores de pastizal semiagostante; bajas o medias densidades aparecen en sectores de cultivo ocasional y en majadales; densidades de medias a altas son propias de los vaqueriles, y las mayores densidades son las lógicas en las zonas con mayores pendientes o con suelos más insuficientes (Figura 1).

En consecuencia, el grado de cubierta debe ser un compromiso entre los beneficios y perjuicios que ocasiona el arbolado de manera que en cada punto se obtenga una combinación óptima; pero junto a esto hay que pensar en el propio dinamismo del monte, y en sus necesidades de regeneración; es decir, se suele tender en muchos sectores de las explotaciones adhesionadas a conseguir una especie de foto-fija caracterizada por grandes árboles aparasolados que con densidad media-baja salpican un pastizal totalmente desprovisto de matorral. Así pues, podemos decir que en la ordenación de los montes adhesionados se debe partir de estos dos principios: por un lado, lograr y mantener densidades óptimas apropiadas en cada lugar, y, además, favorecer las posibilidades de regeneración de las distintas masas.

La responsabilidad de la gestión del monte en las dehesas ha sido siempre y continúa siendo cosa de los propietarios de las fincas. Esta circunstancia parece bastante natural al tratarse de un recurso que no presenta un ciclo anual o estacional sino que se comporta como un capital; de ahí las tradicionales cláusulas cautelares que a este respecto han venido apareciendo en los contratos de arrendamiento, que no permitían salvo

3 El origen de estas opiniones puede verse en Montero, San Miguel y Cañellas (1998, p. 546), y también han sido recogidas por Manuel Valdés y Gil Sánchez (s.a., p. 86).

4 A este respecto pueden consultarse entre otros los siguientes trabajos: PUERTO MARTÍN, A. 1992: Síntesis ecológica de los productores primarios del sistema de dehesa en el espacio y en el tiempo, pp. 657-706, y ESCUDERO BEIRÁN, A. 1992: Intervención del arbolado de la dehesa en los ciclos de nutrientes, pp. 707-723. Ambos trabajos en *El libro de las dehesas salmantinas*, Coor. J.M. GÓMEZ GUTIÉRREZ. Junta de Castilla y León. Salamanca, (España).

circunstancias excepcionales que los renteros cortaran ramas de los árboles (por ejemplo, cuando la nieve permanecía más de 24 horas sobre el suelo), o que limitaban o no permitían la utilización de determinadas especies (por ejemplo, el caprino) en las áreas de las dehesas en las que el monte presentaba una menor pujanza⁵.

Estas precauciones pretendían y pretenden que ese patrimonio forestal no fuera puesto en peligro por personas que se hacían con la tenencia de las dehesas por periodos relativamente cortos (los arrendamientos venían a hacerse para cuatro o cinco años), pero lo cierto es que el monte ha sido concebido con demasiada frecuencia como un recurso estratégico que podía servir para sacar de apuros a los dueños en determinadas circunstancias. Esa forma de entender el monte como un capital obtenido por el ahorro de varias generaciones que se podía movilizar en momentos críticos, o como un recurso que se cuidaba o descuidaba en función de su rentabilidad coyuntural, inmediata, y no en relación a los beneficios generales –a veces, eso sí, aparentemente intangibles– que podía reportar a la explotación ha quedado indeleblemente impresa en muchas dehesas, de las que uno puede recrear con cierta precisión su pasado a través de la correcta interpretación de las variaciones en la talla-edad de los árboles, o de la diversidad de formas, densidad y distribución de las distintas formaciones arbóreas o arbustivas (Gómez Gutiérrez y Pérez Fernández, 1992, p. 328).

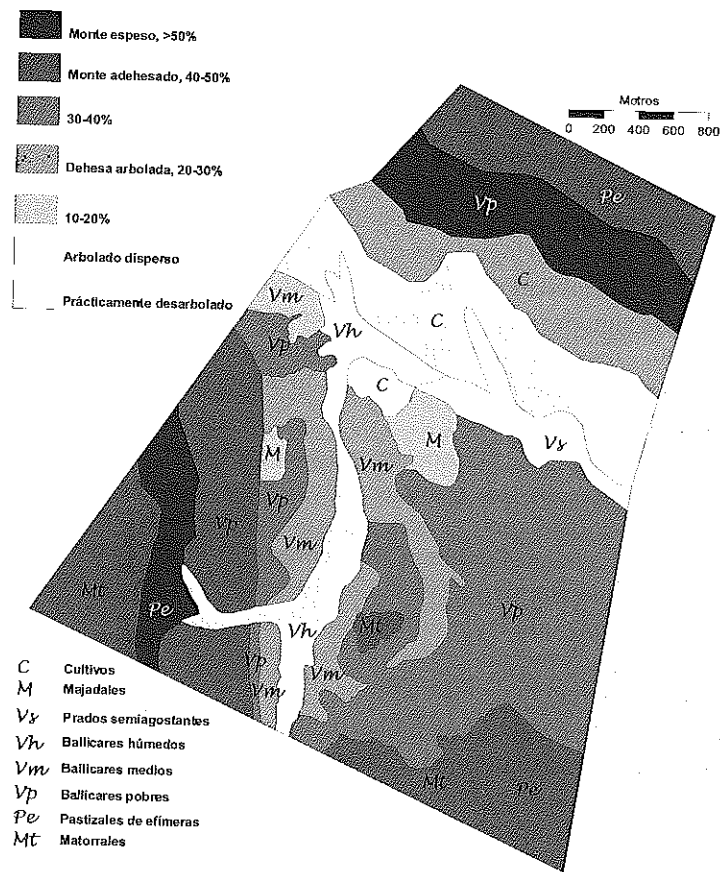


Figura 1.—Representación esquemática de la cobertura del monte y las diferentes unidades funcionales de una dehesa.

5 Puede verse a este respecto Llorente Pinto (2000, pág. 233)

Aunque sólo ahora empezamos a tener alguna documentación significativa sobre estos aspectos relacionados con el pasado del manejo del monte en las dehesas, ya podemos adelantar algunas cosas. Así, al menos desde la Desamortización de Mendizábal, no debió ser raro que los propietarios que compraban una dehesa acabaran recuperando una buena parte del dinero desembolsado gracias a cortas más o menos masivas; la construcción de ferrocarriles y la demanda de traviesas también debió animar a algunos propietarios con dehesas de robles; posteriormente, las sucesivas plagas de lagarta, la extensión de los terrenos cultivados tras la Guerra Civil española, la crisis y subsiguiente recuperación del cerdo ibérico o las coyunturas sufridas por los precios de la leña y el carbón vegetal han tenido una influencia a veces contradictoria pero siempre patente en los montes de quercíneas.

Todas estas circunstancias explican en una proporción elevada la diversidad de densidades y de masas en las dehesas, complicando el esquema ideal debido al potencial edáfico, que ya hemos comentado. La aparente estabilidad paisajística de la dehesa es consecuencia de la extraordinaria longevidad de estos árboles, de la capacidad de regeneración de las masas y de su estructura abierta, lo que permite que la composición por edades de estos montes no sea tan continua como cabía esperar de una masa que no se ha repoblado y que tampoco se beneficia a matarrasa; este truncamiento generacional no compromete en todo caso el futuro del monte adhesionado, a no ser que se lleve a extremos peligrosos. De hecho, la supervivencia de nuestras dehesas hay que explicarla en buena medida por la enorme flexibilidad de estos montes y por la periódica aparición de coyunturas favorables que compensaban en parte los desajustes producidos.

Para acabar con este apartado queda por preguntarse sobre los resultados de esta falta de ordenación forestal explícita; pues bien, para algunos autores esta situación de hecho conduce a que las dehesas no sean ya sistemas sustentables (Montoya Oliver, 1998, p. 115); obviamente este diagnóstico obligaría a poner a punto sistemas activos de ordenación forestal; pero sin llegar a tener una visión tan catastrofista, es posible pensar que el futuro del monte adhesionado no debe quedar en manos de la providencia, ya que la situación actual poco tiene que ver con el pasado, de manera que lo que ha podido servir hasta ahora, y no sin problemas, tal vez no resulte útil en la actualidad ni en el futuro.

LOS BENEFICIOS DEL MONTE EN LAS DEHESAS Y EL PROBLEMA DE LAS DENSIDADES

La existencia del monte en estos sistemas de orientación fundamentalmente ganadera se explica por los beneficios que reporta, pero tanto la estructura del monte como su densidad son un compromiso entre las ventajas que comporta y la vocación ganadera de la dehesa. Es por eso que para entender el problema de las densidades y el de la regeneración es necesario repasar el papel del monte en estos paisajes adhesionados.

Pues bien, si hoy se le pregunta a cualquier responsable de este tipo de explotaciones sobre las ventajas del monte, en la mayoría de los casos la respuesta irá en dos direcciones: la función de resguardo frente a las inclemencias y la relativa a la producción o reserva de alimentos en momentos de escasez, y especialmente la montanera. Pero los terrenos que se dedican al cultivo quedan cada vez más al margen de este tipo de consideraciones; esto se debe a dos cuestiones fundamentales; por un lado, las rotaciones largas o de ciclo medio que podían afectar a casi cualquier sector de muchas dehesas se utilizan cada vez menos; los terrenos de cultivo se tienden a concentrar en los sectores más propicios y se llevan de manera más intensiva que en el pasado; el hecho de que estos terrenos se labren de forma casi ininterrumpida obviamente impide la regeneración del monte, que se va aclarando por la paulatina y natural desaparición de algunos pies. Por otro lado, los modernos sistemas de cultivo y recolección casan mal con la existencia de árboles diseminados por las besanas, de forma que desde esta perspectiva no hay argumentos para tratar de invertir el proceso anterior, sino más bien para fomentarlo, aunque sea de manera encubierta.

Las ventajas del monte van más allá de proporcionar alimento y protección al ganado, pero la mayoría de estos beneficios se comportan como externalidades que tienen un efecto sobre el conjunto del medio ambiente o muy a largo plazo, como ocurre para todas las masas forestales. Así podemos hablar de sus efectos sobre la calidad de las aguas de escorrentía, sobre la infiltración y el control de la erosión, sobre la fijación de CO₂, sobre el desarrollo de la fauna silvestre, o sobre el mantenimiento de paisajes de alto valor, atractivos para el turismo rural. Estos efectos, que alcanzan a la sociedad de forma global, deben ser valorados en este contexto

y tal vez recompensados a través de iniciativas de política agraria; pero ahora nos interesa hablar de ventajas más tangibles desde la perspectiva de los explotadores, que son las que están en la base de esa combinación óptima entre arbolado, matorral, cultivos y pastizales que maximiza el uso de los recursos.

La presencia de arbolado afecta de forma directa e indirecta al pasto subyacente a causa de las modificaciones en distintos elementos del clima y del suelo; así supone un aumento de la interceptación de la radiación solar y de la precipitación y una redistribución de esta última; tiene un efecto cortavientos; bombea nutrientes desde capas profundas del suelo que hacen que éste mejore en su horizonte superficial; modifica tanto la composición florística como el desarrollo fenológico del pastizal.

Desde una óptica pecuaria, la existencia de estos árboles implica, pues, que el pasto es más variado, lo que simplifica la ordenación pastoral, pero además hay una mayor estabilidad en la producción respecto a los pastos desarbolados, lo que es muy importante en estos sistemas sometidos a una estacionalidad tan marcada; en efecto, la producción de pasto es menor bajo la copa de las encinas que fuera de su influencia, pero el periodo de vegetación se alarga, ya que comienza antes y termina después, y la irregularidad interanual también se ve compensada, no sólo a causa de esto sino también de las reservas forrajeras en forma de ramón⁶ que pueden utilizarse en momentos más o menos críticos. En fin a estas consideraciones habría que añadir las ya comentadas relacionadas con la mejora en las condiciones de estancia para el ganado y la producción de bellota, que en montes bien gestionados puede suponer por término medio unas 300 U.A. por ha, que es una cifra muy estimable por el momento en que se produce (otoño-invierno, con escasez de otros recursos en las dehesas) y por el valor que tiene en el engorde del cerdo ibérico. No es extraño así que se haya definido tradicionalmente la densidad óptima de los montes adeshados desde la óptica de su producción en montanera.

La producción de bellotas de cada árbol se reduce conforme aumenta la competencia entre ellos, pero no se incrementa indefinidamente al mitigarse la espesura si las quercíneas ya aparecen suficientemente aisladas. En general, los extremos que definen estos márgenes son una cabida cubierta que oscila entre 2/3 y 1/3, de manera que se suele considerar que la producción total de fruto por hectárea más elevada se alcanza con un recubrimiento próximo al 50%.

En masas muy maduras, como las que podemos encontrar en muchas fincas y que vienen a reflejar ese discutible óptimo estable de las dehesas, eso significa alrededor de 50 a 65 pies por ha. Obviamente cuando el tamaño medio de las quercíneas es menor, un recubrimiento equiparable se logra con un mayor número de árboles⁷; pero en la práctica, en las masas jóvenes es difícil mantener un recubrimiento tan bajo, ya que la espesura es mayor para poder garantizar el futuro del monte, e incluso en las masas más maduras llega un momento en que es preciso dejar que aparezcan algunos nuevos pies si se quiere mantener una densidad adecuada. Claro está, quedan fuera de estas consideraciones aquellos sectores que deben o pueden tener un menor o mayor grado de espesura o recubrimiento: áreas cultivadas, riberas o vegas, laderas de pendientes elevadas, sectores con afloramientos rocosos,...

Por lo que se refiere al impacto del arbolado sobre el pasto, se estima que para que estos efectos tengan una distribución más o menos homogénea el recubrimiento debe ser al menos del 40% y con un patrón de dispersión conveniente; una cabida cubierta claramente menor conduce a una reducción de los beneficios del arbolado y se hace más patente el efecto isla de los mismos; por el contrario, recubrimientos superiores al 70% tienden a "nemoralizar" el pasto, es decir, a provocar un pasto más pobre en cantidad y calidad y con menor resistencia al pastoreo.

6 Hay que tener en cuenta que la materia seca del ramón de encina supone cerca del 62% del peso total, que vale 0,45 Unidades Alimentarias por kilo y que tiene un porcentaje de proteína digestible del 4,5% (Mesón y Montoya, 1993, p. 309); en la práctica no cabe pensar que en nuestras dehesas se superen por término medio unas 100 U.A. por ha procedentes del ramón y que eventualmente puedan ser consumidas por el ganado.

7 En Extremadura y para masas maduras se ha encontrado la siguiente expresión entre número de pies por ha (n) y % de cabida cubierta (c), con $r^2 = 0.8896$; $n = c/0.8666$ (Hernández Díaz-Ambrona, 1998, p. 70, a partir de datos de Elena Roselló, et al., 1987). En Salamanca, aunque de manera provisional, hemos calculado la siguiente expresión: $\log n = 1.000199 * \log c + 0.09256768$. Por último, puede ser útil tener en cuenta la relación que hay entre el recubrimiento de las copas de encinas y su circunferencia a 1.3 m del suelo, en masas adeshadas con menos de 2/3 de cabida cubierta: $\log m^2 \text{ de recubrimiento} = 1.603674 * \log \text{ circunferencia en cm} + 1.550771$ (Mesón y Montoya, 1993, p. 244).

A la vista de todo esto y fuera de los sectores señalados que exigen o aconsejan otro tipo de espesura, se puede entender que la cubierta óptima debe estar –como referencia– entre el 40-50%; esto significa que debe buscarse el margen superior, ya que por lo general las densidades reales acaban siendo menores que las que se pretendían originalmente: a causa de la falta de regularidad en la implantación de los pies de estos montes, las sucesivas claras o entresacas suponen la corta o el arranque de los árboles que sobran por su carácter concurrente, pero simultáneamente hay espacios abiertos demasiado extensos, que hacen descender el valor medio del recubrimiento arbóreo.

Hay un último beneficio del monte de quercíneas que queda por comentar; se trata de los esquilmos propiamente forestales, es decir, de la producción de leñas y, eventualmente, carbones. Estos aprovechamientos tienen una gran tradición, si bien se comportaban y comportan cada vez más como subproductos en el sentido de que no se persiguen en sí mismos sino que son el resultado de las tareas de cuidado del monte; obviamente el precio que alcancen estos subproductos puede estimular en mayor o menor medida las tareas forestales e incluso hacer que los ingresos obtenidos por este concepto tengan cierta relevancia en el conjunto de las rentas⁸; pero lo cierto es que en la actualidad el conjunto de operaciones relacionadas con el manejo del monte no suelen reportar al propietario ingresos netos, de manera que para que éstas no resulten gravosas hay que recurrir a las subvenciones o a acuerdos con cortacinos y carboneros, de forma que unas labores (desmoche o arranque) compensen otras (olivado, limpia, encabezado,...)⁹.

Esta situación ha llevado en bastantes casos a descuidar demasiado el monte, en el sentido de que se han forzado aquellas tareas que podían resultar mínimamente rentables (arranque y poda) y se han desatendido las que pueden considerarse ruinosas a corto plazo, es decir, la limpia, el olivado o destaramado y el encabezado de carrascos o resalveo. El resultado es perceptible en muchas dehesas donde nos encontramos con los dos extremos perniciosos, ya que en algunos lugares dominan montes espesos, que son verdaderos carrascales arborescentes con algún pie de más edad reviejo, mientras que en otros la densidad de pies es demasiado pequeña, no hay carrascos y los árboles son varias veces centenarios.

MASA REGULAR, FOSILIZACIÓN Y SOSTENIBILIDAD DE LOS MONTES ADEHESADOS

Llegados a este punto, hay que preguntarse por el estado de nuestros montes adehesados; ¿están sufriendo los mismos un proceso de degradación interna y de regresión geográfica? Obviamente si nos hacemos esta pregunta es porque tenemos indicios de esa posibilidad. Puede sorprender esto cuando se asiste de manera global en los países desarrollados, incluida España, a dinámicas progresivas de muchas masas forestales y, en general, a una expansión de la superficie montaraz¹⁰.

Pues bien, algunos autores hemos venido alertando desde hace tiempo de diferentes amenazas para las dehesas en general y, en particular, para su monte (Llorente Pinto, 1993). Tal vez el más elocuente y exagerado es J.M. Montoya Oliver, que ha llegado a escribir que “las dehesas de hoy están muertas como sistema biológico” (Montoya Oliver, 1987, p. 285) o que “las dehesas en general, entendiéndolo como tales a los terrenos de uso silvopastoral, no son en sus actuales formas de utilización un sistema sustentable. No lo son hoy, y no lo han sido en realidad nunca” (Montoya Oliver, 1998, p. 115). Pero más allá de estas afirmaciones tal vez exageradas o de su recurrente olvido en documentar la regresión de los montes adehesados, este forestal atesora muchos méritos en este ámbito y, en concreto, el relativo a su denuncia respecto a lo que él ha venido llamando el actual proceso de “fosilización” de estos montes a causa de la falta de regenerado.

8 En el pasado, cuando la leña y el carbón tenían un precio remunerador, el cuidado del monte no sólo se veía estimulado por las ventajas que suponía desde el punto de vista ganadero, sino también por los directos beneficios económicos que rendía, ya que por los datos de que disponemos los ingresos procedentes de la venta de leñas y carbones podía suponer en torno al 10% de las rentas totales; obviamente y como ya hemos comentado, esta circunstancia también pudo favorecer procesos abusivos. El caso es que la extracción de leñas suponía el 5% de la renta anual de Muñopepe y el 6% en Fresnillo (Llorente Pinto, 2000, p. 246); el 10% en Miguel Muñoz (García Sanz, 1992, p. 362), y algo más del 12% en Traguntía (Memoria).

9 Ejemplos de la variabilidad de los posibles acuerdos pueden verse en Elena Roselló *et al.* (1987, p. 15).

10 Ese es un presupuesto del que se parte en Mather (1998, pp. 108-115).

Ésta es, en efecto, una de las amenazas que penden sobre el monte adhesionado, pero no la única, ya que también hay que tener en cuenta los problemas fitosanitarios, el manejo insuficiente o deficiente de algunas masas o la regresión de estos montes, que puede ser en parte consecuencia de alguno de los procesos anteriores, pero que en general tiene otras causas. Es muy frecuente, a este respecto, admitir como indiscutibles o evidentes dos hechos: que las dehesas arboladas cada vez ocupan menos extensión y que además en estos montes la densidad de árboles por ha decrece. Estas afirmaciones se hacen en la mayoría de los casos con escaso o nulo apoyo documental, lo que dificulta enormemente discutir sobre la magnitud del fenómeno, su generalización geográfica o las causas del mismo.

Sólo conocemos un trabajo que por su escala y rigor permita aproximarse —y no sin problemas— a esta cuestión (Elena Roselló *et al.*, 1987); según el mismo y para toda Extremadura entre 1957 y 1982 el número de pies de quercíneas disminuyó en un 23% y la superficie arbolada en casi el 10%; aunque con diferentes intensidades, estos procesos negativos fueron generales a todas las áreas comarcales extremeñas; estos datos vienen a representar algo así como una pérdida neta de un árbol por ha cada 4 años. ¿Habrá desaparecido desde esas fechas hasta hoy el equivalente a 4 encinas por ha en Extremadura? ¿El proceso se habrá frenado? ¿Son generalizables estos datos a otras áreas? —No tenemos contestaciones satisfactorias para todas estas preguntas, pero sinceramente cuesta creer que estas altas tasas de pérdida se hayan generalizado y extendido en el tiempo hasta la actualidad.

Para tratar de contestar a alguna de estas cuestiones hemos recurrido a la comparación de los dos Inventarios Forestales realizados en España hasta el momento, revisando el caso de la región extremeña y de Salamanca y centrándonos exclusivamente en los encinares¹¹. Como la comparación no es fácil, ni infalible la fuente, ni especialmente exhaustivo nuestro análisis, lo que vamos a exponer debe ser tomado con precaución. Pues bien, al enfrentar el número de pies de encina en 1965 y 1992 se aprecia un incremento global de los pies, que es espectacular en el caso de los pies menores y también para los encinos con diámetro menor a 17 cm. Son estos incrementos de las clases diamétricas más pequeñas los que hacen positivo el balance general, ya que en Extremadura se aprecia un fuerte retroceso en los pies de tamaños intermedios (de 18 a 37 cm de diámetro), mientras que en Salamanca son las encinas de más de 32 cm y menos de 67 cm las clases diamétricas más regresivas; en las dos regiones las encinas mayores han aumentado en número.

Aparentemente estos datos parecen señalar que en los últimos lustros se ha producido una importante progresión de los encinos, que deberían garantizar la regeneración de las masas y su futuro, pero es posible que esta progresión se haya basado en el apostado de brotes de encina y no de brinzales, lo que según algunos no resuelve el problema a largo plazo (Mesón y Montoya, 1993, p.299); tampoco sabemos hasta qué punto estas regeneraciones se producen en las dehesas propiamente dichas o en otras zonas tras el abandono de roturaciones o cortas, y, en caso de producirse en las dehesas, si es en los montes más maduros y más necesitados de regeneración o en aquellos sectores justamente que tienen ya demasiada densidad. Y en cualquier caso es incuestionable la regresión conjunta del número de pies mayores de más de 60 cm de circunferencia, aunque el proceso no parece tan dramático como podía desprenderse del estudio anterior (Elena Roselló *et al.*, 1987), ya que en ese tramo la regresión ha sido en Salamanca de un 6,62%, y en Extremadura de un 7,5 %.

En todo caso, no sabemos hasta qué punto esta dinámica regresiva es achacable a los cambios de uso o a problemas de gestión del monte o de falta de regeneración; pero sí nos parece básico conocer hasta dónde el proceso que comentamos responde a causas externas o a la lógica de estas explotaciones ganaderas; vamos a limitarnos a este segundo aspecto, ya que el primero desborda el marco de nuestro análisis. Pero antes de eso, una última nota referida al estudio extremeño sobre evolución de las quercíneas, que puede orientarnos algo sobre el problema anterior. En efecto, si consideramos cómo ha evolucionado la densidad media de la superficie arbolada, nos encontramos con que la disminución ha sido relativamente pequeña (de 34,06 pies

11 Ministerio de Agricultura, 1976: *Inventario Forestal Nacional. Región Extremadura*. ICONA, Madrid, Ministerio de Agricultura, 1979: *Inventario Forestal Nacional. Región Duero*. ICONA, Madrid, Ministerio de Agricultura, 1994: *Segundo Inventario Forestal Nacional, 1986-1995. Extremadura, Badajoz*. ICONA, Madrid, Ministerio de Agricultura, 1994: *Segundo Inventario Forestal Nacional, 1986-1995. Extremadura, Cáceres*. ICONA, Madrid, Ministerio de Agricultura, 1995: *Segundo Inventario Forestal Nacional, 1986-1995. Castilla y León, Salamanca*. ICONA, Madrid.

por ha en 1957 a 3,15 pies en 1982); este proceso no ha sido general, ya que de las 26 áreas comarcales consideradas, se ha producido en 16, en 5 apenas ha habido modificación y en otras 5 la densidad ha aumentado; lo más significativo es que entre estas últimas se encuentra la zona de Jerez de los Caballeros, que es —con diferencia— el sector de más peso en el conjunto regional y, curiosamente, una de las que presenta densidades más altas. Hay, pues, comportamientos evolutivos contrastados que ponen de relieve la complejidad de la situación, pero al menos globalmente podemos afirmar que la deforestación total parece la responsable de 2/3 partes del proceso de desaparición de quercíneas, mientras que el aclareo está en el origen del otro tercio.

En la regresión del monte adeshado tiene sin duda mucha importancia el impacto de las labores agrícolas; nos referimos aquí a los sectores labrados dentro de las dehesas y no a un cambio radical en el uso o en el sistema de explotación. Como ya comentamos con anterioridad esta situación, sólo insistiremos en sus consecuencias y en las posibilidades o en la conveniencia de la reversión. Pues bien, muchas zonas de cultivo bajo monte presentan un arbolado casi testimonial que no puede regenerarse en las condiciones actuales a causa del frecuente paso del arado y de la falta de interés en mantener el monte en estas besanas; es el ejemplo más acabado de la "fossilización" de la que hemos hablado, aunque en este caso evolucionando con demasiada rapidez hacia una arboleda dispersa; así en la práctica se asiste a un proceso de segregación de los usos por la creciente especialización de los terrenos labrados. Esta situación no parece fácil de revertir, ya que los estímulos para ello son menores que las ventajas que encuentran los explotadores a corto plazo en la disminución de pies en los cultivos bajo monte.

Hay otro proceso de fossilización que afecta a los pastizales arbolados; aquí, aunque entre los distintos pies pueda haber en algunos casos considerables diferencias de edad —no tanto de porte—, en la práctica nos encontramos ante un tipo de masa regular. Gracias a la longevidad de las quercíneas esta situación puede tener una gran persistencia, pero no puede mantenerse indefinidamente, ya que eso supondría la desaparición del monte; la gestión de esta situación es más difícil que en el pasado por el aumento de la carga ganadera; veamos porqué.

La producción de bellota de esos pies es muy elevada y por eso está asegurada la regeneración, de manera que, a no ser que se reduzca mucho la densidad, el proceso de fossilización no es irreversible, ya que los brinzales son capaces de sobrevivir durante muchos años en condiciones adversas y acabar sustituyendo a los árboles padres. El problema es que en algunos sectores de las dehesas esto resulta cada vez más complicado por la presión ganadera, que aunque globalmente no tiene efectos negativos sobre el pastizal, sino más bien al contrario, sí los puede tener respecto al monte; y eso porque gracias a que los ganaderos complementan la alimentación del ganado más que antes, la carga ha aumentado, y eso tiene un efecto sobre el consumo de bellotas, sobre las dificultades que tienen las que sobreviven para germinar en un suelo más empraizado y compacto, o sobre las posibilidades de futuro de los brinzales supervivientes ante el pisoteo, el mordisqueo, el rozamiento, el aplastamiento o el estercolado a los que se ven sometidos por un ganado que tiende a sestejar bajo las copas de unos árboles cada vez menos numerosos.

Cuando la presión es menor, estos montes maduros no muestran problemas graves de regeneración y se presentan como algo parecido a una masa con reserva, de manera que la regeneración en sus inicios se asemeja a la acometida con árboles padres; esto exige que existan algunos carrascos y que éstos, llegado el momento, puedan ser encabezados para sustituir en el futuro a sus progenitores. Esta situación era y es la típica en los pastizales más estabilizados, y por esas razones las densidades aquí suelen ser más bajas de lo que debieran; también es aquí donde en la actualidad existe ese riesgo de falta de regenerado, que debe ser atajado con medidas tanto más drásticas cuanto peor sea la situación, y que pueden ir desde una reducción de la presión ganadera o un acotamiento estacional y sólo referido a alguna especie, a un acotamiento al pastoreo total y más prolongado con necesidad incluso de repoblación artificial. Esto mismo se puede hacer en las áreas de cultivo bajo monte, donde el proceso puede ser probablemente más fácil y rápido. En general, el sacrificio en términos de renuncia a rentas o de gastos que pueden comportar estas acciones no es demasiado grande (Montoya Oliver, 1998, p. 122), pero tal vez sí lo es en cuanto implica complicar la gestión, y esto es algo que no podemos dejar de lado, ya que la mano de obra en estas explotaciones se está reduciendo a la mínima expresión.

Pero la evolución del monte no es siempre la que hemos descrito en los párrafos anteriores, sino que dentro de las dehesas puede haber masas claramente irregulares, que son producto de distintas circunstancias. Para empezar, en los sectores más desfavorecidos nos podemos encontrar con montes densos y poco pastados que no presentan problemas de regeneración; pero también hay montes con parecida espesura que vegetan sobre suelos más favorables y que pueden ser producto de un manejo poco adecuado tras el cultivo, tras un fuego, tras un pastoreo mal organizado, o que simplemente se regeneran después de una de estas circunstancias, habiéndose modificado algunas condiciones del aprovechamiento.

Estas situaciones eran especialmente típicas en el pasado, a causa sobre todo de los vaivenes que sufría la superficie y la propia actividad agrícola, pero por la amplitud de su ciclo han llegado hasta nuestros días. El proceso es relativamente simple (Figura 2); un monte, tras ser labrado bastantes años, dejaba de cultivarse; podía entonces contar con una baja densidad de pies, muy envejecidos; si el pastoreo tras el abandono es demasiado débil, la aparición de carrascos y su progresión bien a partir de brinzales o de rebrotes es considerablemente rápida¹²; en el plazo de una generación, estos montes se convierten en verdaderos carrascales, de los que sobresalen algunos vetustos árboles; si no se quiere perder potencial pastable es necesario actuar tanto mediante el manejo del ganado como con el monte, y eso significa encabezar los carrascos cuando éstos ya no puedan ser tronchados por las vacas y sólo aquellos que procedan de brinzales; cuando los encinos den suficiente bellota se puede pensar en ir arrancando las viejas encinas y en limpiar el monte bajo, y a partir de aquí seguir con una labor de entresaca y roza con vista a conseguir un monte adhesionado adecuado.

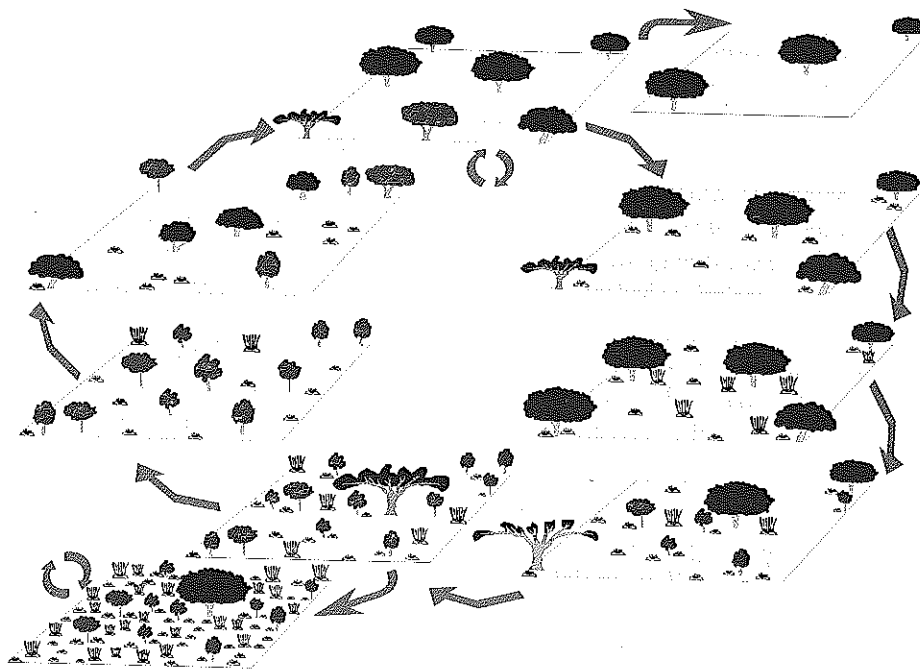


Figura 2.—Evolución de un monte adhesionado.

¹² Es muy frecuente en la toponimia menor de las dehesas que algunos pagos se llamen "el carrascal" o "el matón", y que el origen del topónimo no tenga más de un siglo, y sin embargo en la actualidad con lo que nos encontramos allí es con espléndidos montes nuevos.

Ahora bien, a causa de los costes de estas tareas y de un deficiente manejo del ganado, nos encontramos hoy frecuentemente con montes demasiado espesos, de baja producción pastoral y en montanera, que son escasamente frecuentados por el ganado —lo que alimenta el proceso—, con pies reviejos a pesar de ser jóvenes y con demasiados sectores ocupados por monte bravo; estos montes necesitan de una intervención, porque su escasa productividad incrementa la presión del pastoreo en los sectores de pastizal más estabilizado, dificultando aquí la regeneración de las quercíneas. Este manejo insuficiente y deficiente del monte es muy importante y no hemos llamado la atención demasiado sobre él, pero no afecta sólo al tratamiento global de un sector del monte sino también a la manera igualmente deficiente con que se realizan algunas tareas¹³.

Hay que insistir, no obstante, en algunos aspectos, pues las actuales condiciones en que se llevan a cabo estas labores conducen frecuentemente a determinados abusos: así, se tienden a encabezar matas con un tronco demasiado pequeño que enseguida son quebradas por el vacuno, mientras que en las tareas de limpia se convierten en leña matas que proporcionan leña gruesa (de 6 a 11 cm de diámetro), que es la que más vale; como el olivado sólo proporciona ramón y algo de leña fina, cada vez se realiza menos, y el esfuerzo se pone en el desmoche, que con frecuencia es muy radical, afectando a ramas de más de 15 cm de diámetro, lo que —sobre todo en quercíneas de mucha edad— no mejora las posibilidades de producción de bellota y puede facilitar su decadencia o muerte. Por último, también es necesario decir algo con respecto a la selección del arbolado; y así, a pesar de la importancia que tiene la montanera en estos montes, en especial en los encinares, la entresaca o la clara no se suele hacer teniendo en cuenta la calidad o cantidad en la producción de bellotas, sino en función de la distribución o el tamaño de los árboles, y con criterios a veces algo absurdos pero que pueden responder a alguna ventaja desde la perspectiva de los que llevan a cabo el arranque.

En fin, la última gran amenaza del monte adhesionado tiene que ver con las enfermedades de los árboles. Aunque en la actualidad no tiene tanta importancia como en el pasado la plaga de lagarta (*Lymantria dispar* L.), el brugo (*Tortrix viridiana* L.), otra oruga defoliadora, tiene mucho impacto en la producción de bellota por ser especialmente selectiva en su alimentación (suele empezar devorando las flores femeninas de las encinas); la desidia en el cuidado de los montes, reviejos por falta de olivado, es un factor que favorece la reproducción de estos lepidópteros. La acción de diferentes coleópteros empieza a ser también preocupante (Fuentes Sánchez, 1994, pp. 115-139). Pero lo que ha hecho saltar todas las alarmas es lo que se conoce como "seca" de las encinas; desde hace algunos años se observa, sobre todo en determinadas áreas, que muchos pies tienen ramas con las hojas secas y en general con pérdida de vigor; no está claro si la "seca" tiene un solo responsable (se ha dicho que es ocasionada por el hongo *Phytophthora* ssp.) o si responde a los daños ocasionados por varios agentes, pero sí parece claro que las circunstancias climatológicas radicalizan o mitigan la "seca", que también presenta menos impacto en los montes mejor manejados.

CONCLUSIONES. EL DESAFÍO DE LA GESTIÓN O LA CONVENIENCIA DE UNA ORDENACIÓN EXPLÍCITA DE LOS MONTES ADEHESADOS

Las virtualidades de la dehesa, o su buena imagen, tienden a encubrir su precariedad, el equilibrio tan inestable en el que se sustenta, producto de compromisos complejos entre diferentes subsistemas en el marco de un potencial ecológico muy exigente e irregular. Aunque tradicionalmente estas relaciones han visto modificarse sus cualidades por efecto de diferentes coyunturas, esos cambios parecían oscilar dentro de un dominio de fluctuación que no comprometía la identidad de los paisajes adhesionados. Pues bien, la hipótesis que manejo es que esa situación se ha empezado a complicar desde los años sesenta, por los cambios socioeconómicos generales que han ocurrido en España, y todavía más en los últimos lustros, tras nuestra integración en la U.E.

Este nuevo contexto compromete en muchos casos el delicado equilibrio entre el monte y otros usos en las dehesas, a causa sobre todo del incremento en la presión ganadera —que no siempre se proyecta con igual intensidad en el conjunto de la explotación— y de la intensificación del cultivo en determinados sectores; la

13 Se puede ver en detalle este tipo de vicios y cómo se debe proceder en las diferentes tareas de descuaje, encabezado, olivado o desmoche en Fuentes Sánchez (1994, pp. 75-113).

enorme persistencia y aparente estabilidad de los pastizales arbolados más maduros pueden engañar a los propietarios sobre las necesidades de regeneración, los cuales no abordan de manera sistemática y adecuada el cuidado del monte porque en bastantes casos puede resultar gravoso y complejo.

¿Cómo se puede revertir esta situación? Hay dos vías; una consiste en tratar de acentuar las ventajas del monte en estas explotaciones, y eso supone –entre otras cosas– que resulten especialmente remuneradoras la cría de cerdo ibérico y de vacuno autóctono; la otra remite a las inevitables ayudas, que deben primar a aquellas dehesas que presenten un buen monte o que se comprometan a realizar planes de ordenación y mejora en sus masas, siguiendo los preceptos indicados aquí y siempre minimizando el impacto sobre los rendimientos ganaderos.

Queda, para acabar, por preguntarse por la necesidad de que se generalicen en la dehesa fórmulas de ordenación silvopastoral explícitas, como viene proponiendo Montoya Oliver (1987, 1998). Estos planes activos nunca han existido en el común de las explotaciones, de manera que en realidad la organización forestal de las dehesas se sustentaba en una especie de caos –o de orden caótico, si se me permite la paradoja–, que resultaba útil y, sobre todo, poco engorroso en un contexto en el que las actuaciones con efectos irreversibles tenían muy escasa importancia.

Como el contexto ha cambiado, probablemente sería útil que los propietarios no dejaran la gestión del monte sometida a una estrategia puntual y de circunstancias, por mucho que ésta no fuera caprichosa, y mucho menos providencial. No se trata de acometer una planificación compleja, cerrada (menos aún hurocratizada), que acaba costando más que los beneficios que reporta, pero sí llevar a cabo una organización y manejo reflexivos de estos montes, que permitan establecer en cada caso las necesidades de regeneración o limpieza, los turnos de olivado o desmoche, la conveniencia de encabezar carrascos o de entresacar pies y la fijación de las densidades óptimas en cada lugar.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ELENA ROSELLÓ, M. *et al.*, 1987. *El carbón de encina y la dehesa*. INIA., M.A.P.A. 113 pp. Madrid (España).
- FUENTES SÁNCHEZ, C., 1994. *La encina en el centro y suroeste de España (Su aprovechamiento y el de su entorno)*. Junta de Castilla y León. Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio. 238 pp. Salamanca (España).
- GARCÍA SANZ, A., 1992. Explotación y renta en una dehesa salmantina durante el siglo XIX: Miguel Muñoz, 1802-1895, En *El medio rural español. Cultura, paisaje y naturaleza*. 347-380. Coord. V. CABERO DIÉGUEZ, J.M. I. LORENTE PINTO, J.I. PLAZA GUTIÉRREZ, C. POI. MÉNDEZ. Eds. Univ. de Salamanca. T. I. Salamanca (España).
- GÓMEZ GUTIÉRREZ, J.M.; PÉREZ FERNÁNDEZ, M.A., 1992. Manejo del arbolado y del matorral, En *El libro de las dehesas salmantinas*, 321-340. Coord. J.M. GÓMEZ GUTIÉRREZ. Junta de Castilla y León. Salamanca, (España).
- LLORENTE PINTO, J.M., 1993. Dificultades para la gestión y el aprovechamiento integral de las dehesas salmantinas. *SALAMANCA. Revista Provincial de Estudios*. 31-32, 207-222.
- LLORENTE PINTO, J.M., 2000. Las dehesas de la casa de Montijo en Cespedosa de Tormes (Salamanca) durante el siglo XIX. *Studia Historica. Historia Contemporánea*, 18, 225-247.
- LLORENTE PINTO, J.M., 2003. El problema de la sostenibilidad de las dehesas a la luz de la evolución histórica de los terrenos adehesados. *Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales*. 16, 135-140.
- MANUEL VALDÉS, C.M., GIL SÁNCHEZ, L., s.a. *La transformación histórica del paisaje forestal en España. Introducción al Segundo Inventario Forestal Nacional 1986-1996*. Ministerio de Medio Ambiente, 104 pp. Madrid (España).
- MARTÍN BOI AÑOS, M., 1943. *Consideraciones sobre los encinares de España*. Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias. 106 pp. Madrid (España).
- MARTÍN GALINDO, J.L., 1966. La dehesa extremeña como tipo de explotación agraria, *Estudios Geográficos*, 103, 157-226.
- MATHER, A., 1998. The changing role of forests, En *The Geography of Rural Change*. 106-127, Ed. B. ILBERY, Longman. Londres (Reino Unido).

- MEMORIA sobre el Cuartín de Traguntía, elaborada por Crispulo Naharro el 1º de Agosto de 1889. Archivo de la Fundación Inés Luna Terrero. Salamanca. Esta información se la debo a la amabilidad de Ricardo Robledo Hernández y Luis Enrique Espinoza.
- MESÓN, M.; MONTOYA, M., 1993. *Selvicultura Mediterránea (El cultivo del monte)*. Eds. Mundi-Prensa. 368 pp. Madrid (España).
- MONTERO, G., SAN MIGUEL, A., CAÑELLAS, I., 1998. Sistemas de selvicultura mediterránea. La dehesa, En *Agricultura sostenible*, 519-554, Ed. R.M. JIMÉNEZ DÍAZ, J. LAMO DE ESPINOSA, Ediciones Mundi-Prensa. Madrid (España).
- MONTOYA OLIVER, J.M., 1987. La ordenación forestal de frondosas mediterráneas, En *Conservación y desarrollo de las dehesas portuguesa y española*, 283-296. Eds. P. CAMPOS PALACÍN, M. MARTÍN BELLIDO, M.A.P.A. Madrid (España).
- MONTOYA OLIVER, J.M., 1998. Método de ordenación silvopastoral, En *La Dehesa. Aprovechamiento sostenible de los recursos naturales*, 115-124. Coord. C.G. HERNÁNDEZ DÍAZ-AMBRONA, GEDEA- Ed. Agrícola Española S.A., Madrid (España).
- PULIDO, F.J.; DÍAZ, M.; HIDALGO, S.J., 2001. Size-structure and regeneration of Spanish holm oak (*Quercus ilex*) forest and dehesas: effects of agroforestry use on their long term sustainability. *Forest Ecology and Management*. **151**, 1-13.
- PULIDO, F.J.; CAMPOS, P.; MONTERO, G., (Eds.). 2003. *La gestión forestal de las dehesas. Historia, Ecología, Selvicultura y Economía*. Instituto del Corcho, la Madera y el Carbón. 183 pp. Mérida (España).
- TEJÓN LASO, E., 1948. Los modos de vida en la dehesa salmantina, *Estudios Geográficos*. **32**, 421-442.

Morfología y distribución de biomasa en plántulas de encina (*Quercus ilex* L. subsp. *ballota* (Desf.) Samp.) tras una defoliación en primavera

A. BLÁZQUEZ, M.D. CARBONERO y P. FERNÁNDEZ REBOLLO

Departamento de Ingeniería Forestal. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos y de Montes. Universidad de Córdoba. Avda. Menéndez Pidal s/n. 14080 Córdoba (España)

RESUMEN: Se analizan los efectos de una defoliación durante la primavera en la morfología y distribución de biomasa en plantas de encina de un año de edad, en envase y en condiciones controladas. Se efectuaron cortes con diferente intensidad (50 % y 100 % de la biomasa aérea) y frecuencia (en una o en dos ocasiones). Los cortes no influyeron en la longitud acumulada de tallos pero sí en la densidad lineal. La biomasa foliar acumulada y biomasa leñosa acumulada disminuyeron significativamente con la intensidad de la defoliación y la frecuencia de la misma. El sistema radical también se vio afectado por los cortes tanto en biomasa como en longitud, tardando en ajustarse a las pérdidas sufridas en la parte aérea con lo cual la relación parte aérea/ parte radical también se vio afectada.

Palabras clave: encina, cortes, herbivoría, crecimiento, raíces.

Morphology and biomass allocation in after simulated browsing in Quercus ilex L. subsp. ballota (Desf.) Samp. seedlings after spring defoliation

SUMMARY: Holm oak response to spring simulated browsing was studied on one year-old seedlings under controlled conditions. Clipping treatments were different in intensity (50% and 100% of above-ground biomass) and frequency (one or two times). Clipping did not affect stem accumulated growth but clipped plants had stems with a lower biomass/length ratio. Control seedlings show a higher dry accumulated biomass in leaves and stem, decreasing with higher frequency and intensity in clipping treatments. Root system show significative differences in length and biomass. Type of clipping had influence in shoot/root ratio at the end of the experiment.

Key words: holm oak, clipping, herbivory, growth, roots.

INTRODUCCIÓN

El establecimiento de las plántulas es una fase fundamental en la regeneración de las masas forestales, tanto de forma natural como artificial (McPherson, 1993; Kullberg y Welander, 2003). Uno de los principales problemas con que se encuentran en esta primera etapa es el consumo de su parte aérea por parte de herbívoros, tanto vertebrados como invertebrados. A lo largo del proceso evolutivo las plantas han seguido dos estrategias de adaptación, la elaboración de compuestos y estructuras de defensa y la tolerancia a la herbivoría, principalmente mediante la formación de brotes adventicios (López, 2003).

En el caso de la encina (*Quercus ilex* L. subsp. *ballota* (Desf.) Samp) se combinan ambas estrategias produciendo hojas coriáceas y con espinas y conservando al mismo tiempo una gran capacidad de rebrote. A pesar de todo una defoliación intensa puede traer consecuencias graves para la planta siendo muy importantes el momento, la frecuencia y el grado de defoliación ocasionado. En el ámbito mediterráneo, el crecimiento de las plántulas de encina se produce en un periodo corto durante la primavera, aunque algunos años puede haber una segunda metida en otoño. En este periodo la planta almacena reservas importantes para el desarrollo adecuado de los distintos procesos biológicos. La intensidad de la defoliación que sufre la parte aérea así como el intervalo de la misma determinará la capacidad de elaborar fotosintatos así como el lugar y la probabilidad de aparición de nuevos brotes. La estructura del sistema radical, está estrechamente relacionada con lo que le ocurra a la parte aérea de la planta (Papatheodorou *et al.*, 1998). Las plantas suelen equilibrar su biomasa aérea y su biomasa radical cuando se produce una variación en cualquiera de las dos, eliminando las hojas que producen un exceso de transpiración o las raíces que producen un exceso de

respiración. Por otra parte si la producción fotosintética se interrumpe también lo hará la acumulación de reservas siendo las raíces uno de los principales órganos de acumulación.

En este trabajo se trata de evaluar el efecto que una defoliación durante la primavera, de distinta intensidad y frecuencia, produce en el desarrollo del sistema aéreo y radical de plántulas de encina de una savia.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se utilizaron plantas de encina sembradas en diciembre de 2001 en envases de tres litros de capacidad, en un sustrato formado por un 70 % de turba rubia y un 30 % de perlita, además de tres gramos/ litro de fertilizante de liberación lenta (Basacote 6M 14.10.13 1,4 Mg). Las plantas estuvieron todo el tiempo en un umbráculo con un sistema de riego por goteo individualizado y controlado de tal forma que no se produjese estrés hídrico.

El 16 de mayo de 2002 se seleccionaron 50 plantas de forma aleatoria entre las que presentaban un tamaño similar, pocas ramificaciones y ausencia de tallos dobles, midiéndose a continuación la longitud del tallo principal y de las ramificaciones cuando existían.

Para el diseño del experimento se tomaron plantas a las que les fueron asignados los tratamientos de corte de forma aleatoria, con diferente porcentaje de biomasa aérea extraída y en una o dos ocasiones, separadas por un intervalo de tiempo de un mes (Tabla 1)

Tabla 1. Diseño experimental

Tratamiento	N	Primer corte	Segundo corte
Control C	10	0 % b.a.	0 % b.a.
Un corte parcial P1	10	50 % b.a.	0 % b.a.
Dos cortes parciales P2	10	50 % b.a.	50 % b.a.
Un corte total T1	10	100 % b.a.	0 % b.a.
Dos cortes totales T2	10	100 % b.a.	100 % b.a.

b.a. = biomasa aérea

Se comprobó que la longitud total de tallos era la misma para todos los tratamientos ($p > 0,611$, $F > 0,68$). Los cortes se realizaron con la ayuda de una tijera de podar, el 21 de mayo de 2002 y el 21 de junio de 2002, guardándose las partes extraídas para su posterior análisis. Dos semanas después del segundo corte, el 4 de julio de 2002, se procedió a la extracción de las plantas.

La parte aérea extraída, tanto en cortes como en la extracción, se separó en tallos y hojas, midiendo la longitud de los primeros con una precisión de milímetro y llevando después ambas fracciones a una estufa de aire forzado donde se mantuvieron a 60° C. durante 72 horas llegando a un peso constante. Los tallos y las hojas se pesaron por separado en una balanza de precisión de décimas de miligramo (error ± 1 mg).

Las raíces se separaron del sustrato de forma manual, manteniéndose hidratadas en todo momento. Una vez limpias se escanearon y se separó la fracción de raíces gruesas (> 2 mm) de las raíces finas (< 2 mm) con la ayuda de un calibre de precisión ($\pm 0,01$ mm). Posteriormente se secaron en estufa a 60° C. durante 72 horas, hasta peso constante. Las imágenes de las raíces se analizaron con el programa WinRhizo 3.10b obteniéndose su longitud total y según clases diamétricas ($D < 2$ mm; $2\text{mm} \leq D < 4\text{mm}$ y $4\text{mm} \leq D$)

Tratamiento de datos y análisis estadístico.

Las longitudes y pesos obtenidos en los distintos cortes y extracciones se sumaron para el análisis estadístico obteniéndose las variables: longitud total de tallos, biomasa total de tallos y biomasa total de hojas. A partir de estas variables se obtuvieron otras como la densidad lineal de tallos (cociente entre biomasa y longitud) y la relación parte aérea/ parte radical en el momento de la extracción, RAE (cociente entre la biomasa de tallos y hojas y la biomasa radical)

El tratamiento de los datos se realizó con la ayuda del paquete estadístico SPSS 11.0.1 tomando siempre niveles de confianza del 95%. En primer lugar se comprobó la homogeneidad de varianzas con el estadístico de Levene y en aquellos casos donde las varianzas fueron heterogéneas se aplicó una transformación logarítmica ($\log D$). Cuando se observaron diferencias significativas se utilizó el test Tukey para establecer grupos homogéneos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La longitud total de los tallos medida en cada una de las plántulas no mostró diferencias significativas entre ninguno de los tratamientos (Tabla 2). Similares resultados han sido encontrados por otros autores para distintas especies (Papatheodorou *et al.*, 1998; Kullberg y Welander, 2003; Papatheodorou *et al.*, 1998 Orden cronológico al revés) y parecen confirmar la habilidad de ciertos árboles para continuar creciendo a pesar de los cortes, si bien una defoliación excesiva o demasiado frecuente podría mermar esta capacidad como sucede con un pastoreo intenso (Hester *et al.*, 1996). Hay que tener en cuenta también que las condiciones del experimento fueron ideales en cuanto a disponibilidad de agua y luminosidad, factores que en condiciones naturales perjudican el desarrollo de las plántulas e incluso su viabilidad (McPherson, 1993; Kullberg y Welander, 2003).

Tabla 2. Datos medios de longitud de tallos, densidad lineal y relación biomasa aérea/aérea/ biomasa radical (RAE) en función del tratamiento de corte. Error estándar de la media entre paréntesis.

Corte	L. inicial (cm)	L. acumulada (cm)	Densidad (mg cm ⁻¹)	RAE
Control	14,6 (1,4)a	40,6 (5,2)a	1,64 (0,14)a	1,69 (0,18)a
Parcial 1	16,3 (2,9)a	40,1 (5,0)a	1,13 (0,05)b	1,29 (0,15)ab
Parcial 2	12,4 (1,7)a	30,1 (2,8)a	1,16 (0,09)b	0,70 (0,10)b
Total 1	15,6 (1,4)a	31,0 (4,3)a	1,02 (0,06)b	0,36 (0,05)c
Total 2	14,2 (1,0)a	26,9 (2,0)a	1,03(0,06)b	0,03 (0,00)d

Letras en cada columna indican diferencias significativas entre grupos ($p < 0,05$ test de Tukey)

La biomasa seca acumulada de tallos arrojó diferencias significativas, siendo mayor en los controles (0,63 g E.E. 0,08) que en las plantas P2, T1 y T2 (Figura. 1). Relacionando esta variable con la longitud se obtuvo que la densidad lineal de tallos fue significativamente mayor ($p < 0,001$) en el control (1,64 mg/cm E.E. 0,14) que en el resto de tratamientos, lo que indicaría que los nuevos tallos crecieron en longitud más que en grosor en las plantas defoliadas.

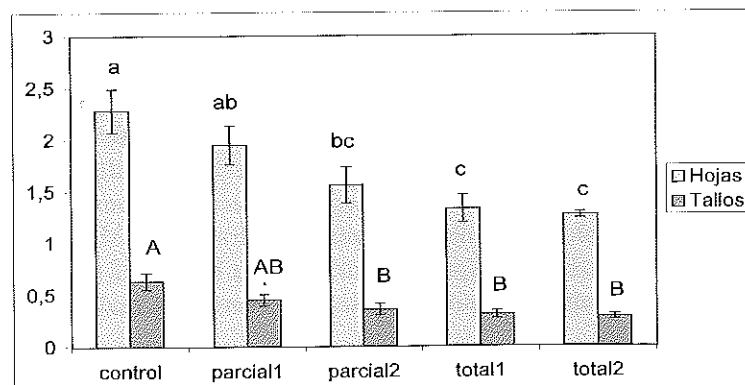


Figura 1. Biomasa acumulada (g) de hojas y tallos en los distintos tratamientos de corte. Las letras indican diferencias significativas entre grupos ($p < 0,05$, test de Tukey) Las barras corresponden al error estándar de la media.

La biomasa foliar acumulada también mostró diferencias significativas. Fue mayor en los controles (2,28 g E.E. 0,21) que en las plantas P2, T1 y T2 como se muestra en la Figura 1. Las plantas sometidas a una sola defoliación parcial (P1) presentan una biomasa foliar similar a los controles. Papatheodorou *et al.* (1998) encontraron también diferencias significativas en la biomasa foliar de plantas pastoreadas y no pastoreadas de coscoja mientras que en el caso de *Quercus robur* L., arbóreo pero menos adaptado al ambiente mediterráneo, la influencia del pastoreo en la biomasa foliar total no ha sido tan clara (Kullberg y Welander, 2003).

En el momento de la extracción se encontraron diferencias significativas tanto en la biomasa aérea como en la biomasa radical. Las plantas control (2,91 g E.E. 0,27) y las P1 (1,75 g E.E. 0,15) presentan valores similares de biomasa (Figura 2) sin embargo para el resto de tratamientos la biomasa aérea en la extracción resultó menor a medida que la defoliación fue más intensa o frecuente. Las plantas con cortes totales se desarrollaron muy poco, las T1 (0,35 g E.E. 0,05) no consiguieron alcanzar ni a las P2 (0,83 g E.E. 0,10), a pesar de que la extracción se produjo un mes y medio después del corte.

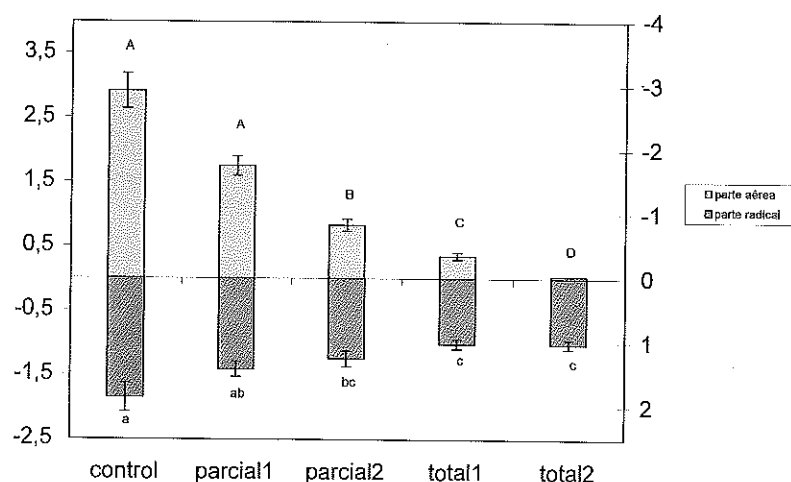


Figura 2. Biomasa aérea (g) y biomasa radical (g) en el momento de la extracción para los distintos tratamientos de corte. Las letras indican diferencias significativas entre grupos ($p < 0,05$, test de Tuckey) Las barras corresponden al error estándar de la media.

La biomasa radical mostró diferencias significativas distanciándose las plantas control (1,86 g E.E. 0,22) de los cortes P2 (1,25 g E.E. 0,12), T1 (1,02 g E.E. 0,08) y T2 (1,03 g E.E. 0,07) como puede verse en la Figura 2. Estos datos muestran que la eliminación total o parcial de la parte aérea reduce el crecimiento radical (McPherson, 1993; Kullberg y Welander, 2003). Los valores de la relación parte aérea/parte radical difieren significativamente entre encontrando valores similares entre las plantas controles y las que han sufrido una defoliación parcial, lo que podría probar que un mes y medio después de un corte parcial las plantas P1 recuperaron el equilibrio (Tabla 2). Resultados similares fueron encontrados por McPherson (1993) para *Quercus emory*, con ratios de parte aérea/parte radical que se aproximaban a 1,5, 1 y 0,2 para controles, cortes parciales y cortes totales. Estos resultados indicarían que el ajuste estructural que realiza la planta no se produce de forma rápida.

Se han obtenido diferencias significativas en la biomasa de raíces finas siendo mayor la de las plantas control (0,77 g E.E. 0,13) que la de las plantas T1 (0,44 g E.E. 0,03) sin que difieran el resto de tratamientos (Figura 3). Este resultado podría indicar que las T1 comenzaban a perder las raíces finas, debido probablemente al largo periodo en que estuvieron dependiendo únicamente de las reservas acumuladas, sin embargo el mismo efecto debería haberse observado en las T2 (0,51 g E.E. 0,04). Las raíces con diámetros mayores

a 2 mm aportaron diferencias significativas entre el control (1,09 g E.E 0,17) y las plantas con cortes T1 (0,58 g E.E 0,07) y T2 (0,51 g E.E 0,07), lo que podría reflejar una mayor magnitud de reservas en las plantas que no han sufrido defoliación o donde ésta ha sido menor.

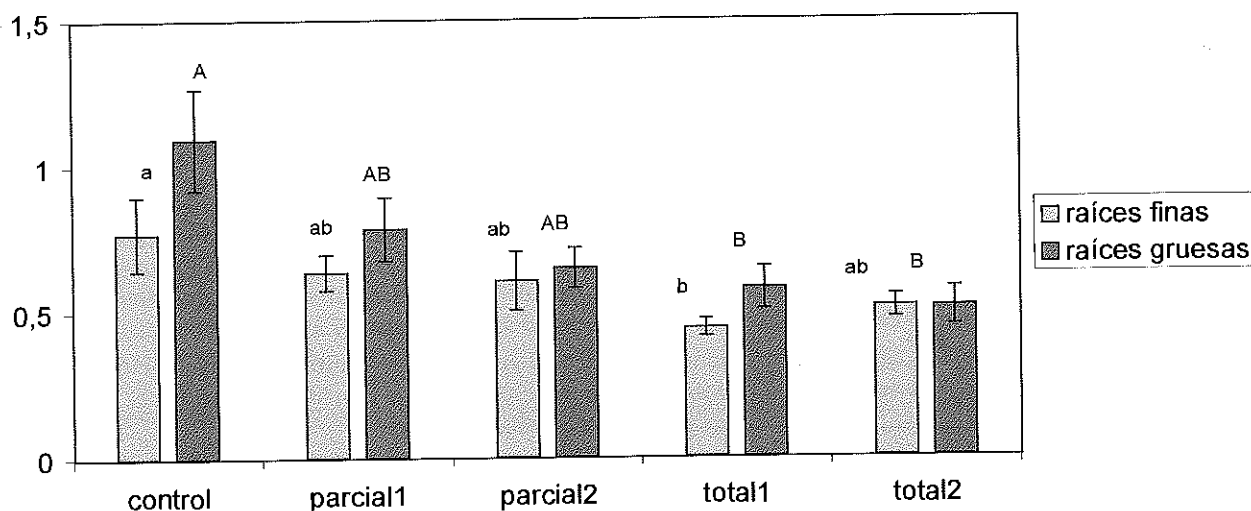


Figura 3. Biomasa (g) de raíces finas ($D < 2\text{mm}$) y gruesas ($D > 2\text{mm}$) para los distintos tratamientos de corte. Las letras indican diferencias significativas entre grupos ($p < 0,05$, test de Tuckey) Las barras corresponden al error estándar de la media.

En cuanto a la longitud total de raíces también aparecen diferencias significativas. Cuando se analizan por separado las distintas clases diamétricas radicales, las únicas diferencias significativas en longitud aparecieron para los diámetros menores a 2 mm (Tabla 3). La presencia de diferencias significativas en la biomasa y no en la longitud de las raíces más gruesas podría indicar una densidad lineal que indicase una mayor acumulación de reservas en las plantas control.

Tabla 3. Datos medios (cm) de la longitud radical total y en función del diámetro para los distintos tratamientos de corte. Error estándar de la media entre paréntesis.

Corte	Longitud total	Clase diamétrica		
		$D < 2\text{ mm}$	$2\text{ mm} \leq D < 4\text{ mm}$	$4\text{ mm} < D$
Control	1184 (142)a	1132 (134)a	47,51 (11,21)a	4,32 (0,65)a
Parcial 1	1003 (160)ab	958 (154)ab	40,07 (12,55)a	4,87 (0,40)a
Parcial 2	728 (79)b	685 (75)ab	37,45 (7,07)a	5,02 (0,92)a
Total 1	619 (62)b	588 (60)b	26,94 (3,72)a	4,43 (1,09)a
Total 2	577 (64)b	546 (62)b	28,44 (4,73)a	2,54 (0,64)a

Letras en cada columna indican diferencias significativas entre grupos ($p < 0,05$ test de Tuckey)

CONCLUSIONES

Las encinas toleraron bien todos los tratamientos de corte en condiciones experimentales favorables en cuanto a régimen hídrico y luminosidad, sin que se produjese mortalidad ni diferencias en la longitud acumulada de tallos. Los cortes afectaron principalmente a la biomasa foliar acumulada y a la biomasa leñosa acumulada, que disminuyeron con el corte, en mayor grado al aumentar la intensidad y la frecuencia de la defoliación. Los tallos producidos tras la defoliación han presentado una densidad linear menor. El sistema radical tardó en ajustarse a las pérdidas sufridas en la parte aérea con lo cual la relación parte aérea/ parte radical también se vio afectada.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- HESTER, A.J.; MITCHELL, F.J.G.; KIRBY, K.J., 1996. Effects of season and intensity of sheep grazing on tree regeneration in a British upland. *Forest Ecology and Management*, **88**, 99-106.
- KULLBERG, Y.; WELANDER, N.T., 2003. Effects of simulated winter browsing and drought on growth of *Quercus robur* L. seedlings during establishment. *Forest Ecology and Management*, **173**, 125-133.
- LÓPEZ GONZÁLEZ, G., 2003. Adaptaciones y defensas contra el pastoreo de las plantas de climas mediterráneos. En *Pastos, desarrollo y conservación*, 539-550. Ed. A.B. ROBLES; M.E. RAMOS; M.C. MORALES; E. DE SIMÓN; J.L. GONZÁLEZ REBOLLAR; J. BOZA. Junta de Andalucía. Sevilla (España)
- McPHERSON, G.R., 1993. Effects of herbivory and herb interference on oak establishment. *Journal of Vegetation Science*, **4**, 687-692.
- PAPATHEODOROU, E.M.; PANTIS, J.D.; STAMOU, G.P., 1998. The effect of grazing on phenology and biomass allocation in *Quercus coccifera* (L.). *Acta Oecologica*, **19** (4), 339-347.

Repoblación con especies del género *Atriplex* en terrenos agrícolas abandonados de clima mediterráneo

I. CAÑELLAS, S. ROIG, A. BACHILLER y J. L. MONTOTO

Centro de Investigación Forestal, INIA, C^a La Coruña km. 7,5 28040 Madrid (España)

RESUMEN: La actual política agraria europea busca nuevas alternativas de uso para los terrenos agrícolas marginales a través de la reforestación. La instalación de arbustos forrajeros incluidos en sistemas agrosilvopastorales con ganadería extensiva o caza puede ser una solución en zonas mediterráneas. En este trabajo se ensayan cuatro especies del género *Atriplex*: *A. halimus*, *A. nummularia*, *A. canescens* y *A. polycarpa* en los cuatro primeros años de instalación en una finca de Toledo, controlando su persistencia y crecimiento. Si bien la persistencia fue muy buena en todas las especies, las mejores tasas de supervivencia se dieron en *A. nummularia* y *A. polycarpa* con porcentajes superiores al 90%. La especie con peores crecimientos y tasa de supervivencia fue *A. canescens*; el resto de especies muestran muy buenos resultados aunque destacan por su mayor desarrollo *A. nummularia* (plantas con altura media de 50,8 cm y diámetro máximo de copa medio de 64,7 cm al cuarto año) y *A. polycarpa* (plantas con altura media de 69,7 cm y diámetro máximo de copa medio de 59,1 cm al cuarto año). En el tercer año se encontraron abundantes plántulas procedentes de regeneración natural de *A. halimus* y *A. polycarpa*.

Palabras clave: forraje, arbustos forrajeros, restauración, caza, ganadería extensiva.

Fodder shrub reforestation in mediterranean abandoned agricultural lands

SUMMARY: Current European agriculture policy searches for new uses in marginal agricultural lands through reforestation. The plantation of fodder shrubs in agroforestry systems with livestock or wildlife could be an alternative in Mediterranean zones. In this paper we test four *Atriplex* species for this purpose: *A. halimus*, *A. nummularia*, *A. canescens* and *A. polycarpa* during four years after plantation, controlling their persistence and growth. Persistence was very high for all species although we found the best survival rates at *A. nummularia* and *A. polycarpa* (more than 90%). *A. canescens* was the species with lowest survival rate and smallest growth. The other three species had similar height and crown diameter growth: *A. nummularia* plants had 50.8 cm of mean height and 64.7 cm of mean crown diameter at fourth year, while *A. polycarpa* plants had 69.7 cm of mean height and 59.1 cm of mean crown diameter. During the third year there were natural seedling from *A. halimus* and *A. polycarpa*.

Key words: fodder, *Atriplex*, restoration, big and small game, livestock.

INTRODUCCIÓN

En los últimos diez años se ha desarrollado en España una gran actividad repobladora originada por la reforma de la política agraria de la Unión Europea, que incentiva el abandono del cultivo y la reforestación de tierras agrarias marginales. Entre las acciones de carácter forestal para la recuperación de estas tierras, está la aplicación de técnicas silvopascícolas dirigidas hacia la implantación de arbustos de crecimiento rápido (bancos de proteína u otros sistemas) elegidos entre especies de aptitud forrajera de rebrote vigoroso y compatibles con aprovechamiento con ganado doméstico extensivo o caza. La dedicación de terrenos a esta producción silvopascícola en la UE es escasa, a pesar de que presenta múltiples ventajas: puede ser una eficaz protección contra la erosión, supone un importante complemento en la alimentación del ganado extensivo, etc. El éxito de estas plantaciones que se realizan muchas veces en condiciones edafo-climáticamente muy desfavorables, depende de la persistencia de las especies especialmente en la fase juvenil; de la resistencia de estas plantas al ramoneo y de su capacidad de rebrote frente al mismo.

Los estudios realizados sobre arbustos forrajeros han tenido un auge muy importante en los últimos años, sobre todo en países mediterráneos con problemas de aridez y salinidad. De entre todos los géneros más empleados en estos sistemas silvopastorales, han sido los *Atriplex* los más estudiados debido a su frugalidad, palatabilidad y capacidad de soportar largos periodos de sequía (Atiq-ur-Rehman, 2002). Además, las espe-

cies de *Atriplex* presentan estrategias de tipo C4, lo que les hace más eficientes en la utilización del agua y aumenta su resistencia a elevadas temperaturas y permite su aprovechamiento en verano, época especialmente problemática para la alimentación de los fitófagos en el medio mediterráneo. La evaluación de la calidad y cantidad del forraje de estas especies y las técnicas para su manejo con ganado doméstico se está realizando tanto en España (Ríos *et al.*, 1989; Otal *et al.*, 1991; Robledo *et al.*, 1995) como en otros países (Wills y Sheppard, 1986; Picolo, 1989; Sheppard *et al.*, 1991).

El trabajo que hemos desarrollado tiene como objetivo profundizar en el conocimiento de la instalación de estos sistemas silvopastorales, intentando dar una solución a la utilización de terrenos marginales y excendentarios de cereal, en zonas de gran dureza climática con un elevada sequía estival y donde su dedicación a la caza se presenta con una alternativa económica en auge (San Miguel *et al.*, 2002).

MATERIAL Y MÉTODOS

La experiencia se realizó en una finca de la Diputación de Toledo situada en Polán (Toledo), antiguo encinar deforestado para el cultivo de cereal, a 650 m s.n.m. Los suelos son básicos con un pH de 8,5 y tienen una textura franca bastante arenosa (62% de arena, 6% de limo y 14,4 % de arcilla) y un contenido en materia orgánica muy bajo (0,92%). Según la clasificación fitoclimática de Allué-Andrade (1990) el clima corresponde a un clima mediterráneo genuino (IV₁). En la Figura 1 se presenta el climodiagrama de la estación meteorológica más cercana.

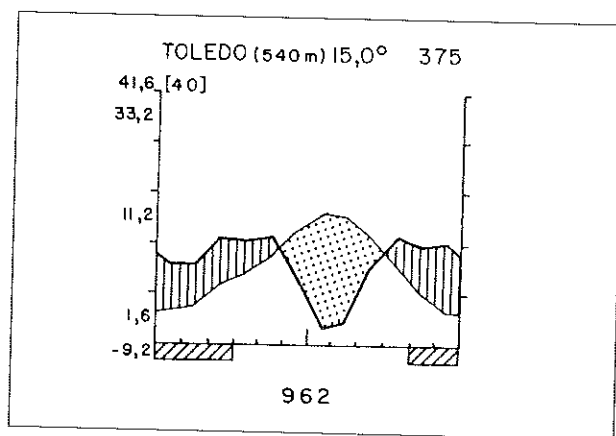


Figura 1. Climodiagrama de la estación meteorológica de Toledo.

La plantación se realizó en Abril de 1993 en marco de 2 m x 2 m en la dirección de máxima pendiente y cercado la misma con malla conejera dada la abundancia de conejos en la zona. No se realizaron tratamientos de riegos, fertilización o eliminación de la vegetación adventicia nacida tras la plantación durante ninguno de los años de medición. Las especies utilizadas en la plantación fueron las siguientes: la autóctona *Atriplex halimus* L. (189 plantas); una especie procedente de Australia ya estudiada y empleada en España, *Atriplex nummularia* Lind. (191 plantas); y dos especies procedentes de los predesiertos de Norte América, *Atriplex canescens* (Pursh) Nutt. (95 plantas) y *Atriplex polycarpa* (Torr) S. Watson (163 plantas). Todas ellas fueron producidas durante el año anterior a la plantación en envase Super-Leach de 150 cm³ y se plantaron con la edad de una savia.

Tras la plantación en primavera de 1993 se midió la persistencia antes y después del verano por conteo de plantas muertas. Se midió asimismo como niveles de desarrollo, la altura y el diámetro máximo de copa de todos los arbustos desde 1993 hasta 1996. Como índice de volumen se ha aplicado la aproximación del volumen del arbusto a un cilindro (Valderrábano *et al.*, 1993). Dado el corto periodo de tiempo del estudio y para evitar incluir condiciones climáticas extraordinarias, se comprobó que los climodiagramas de los años de estudio eran similares al climodiagrama típico de la zona.

RESULTADOS

La Tabla 1 muestra el porcentaje de supervivencia de cada especie al final de la experiencia y el número de marras producidas en estos cuatro años. La persistencia de todas las especies ha sido en general muy buena, destacando *A. polycarpa* y *A. nummularia*, con porcentajes superiores al 90%. La mayor parte de las marras en todos los casos (media de 85% de las marras) se produce en los primeros meses tras la instalación, en el primer verano.

Tabla 1. Numero de plántulas utilizadas en la experiencia y porcentaje de supervivencia en los años de seguimiento para las cuatro especies de *Atriplex*.

Especie	Plantadas en 1993	marras según inventario					% supervivencia
		Jul93	Nov93	Oct94	Oct95	Oct96	
<i>A. canescens</i>	95	25	3	0	0	0	70.53
<i>A. halimus</i>	189	33	3	0	0	1	80.42
<i>A. polycarpa</i>	163	6	1	0	0	0	95.71
<i>A. nummularia</i>	206	12	3	0	0	0	92.72

En la Tabla 2 y las Figuras 2, 3 y 4 se presenta el desarrollo en altura, diámetro máximo de copa y volumen de las plantas durante estos 4 años de seguimiento. *A. polycarpa* es la especie que presenta un mayor desarrollo en altura ya incluso en los momentos de realizar la plantación y se mantiene durante todo el periodo de estudio. Por el contrario *A. canescens* es la especie con menor crecimiento desde su instalación, además de ser la especie con menor tasa de supervivencia. La evolución del diámetro de copa (Figura 3) de *A. canescens* es similar a la de la altura, con los valores menores de las especies ensayadas, mientras que las otras tres especies tienen similares desarrollos. Como consecuencia de los resultados anteriores, *A. canescens* tiene el menor volumen (Figura 4) mientras que los volúmenes calculados para *A. nummularia* y *A. polycarpa* son prácticamente iguales y muy superiores, destacándose en el último año la primera especie. En *A. halimus* y *A. polycarpa* se observó ya en el segundo año de la plantación floración y formación de semillas y en el tercer año se encontraron plántulas procedentes de regeneración natural de ambas especies de forma abundante. El periodo

Tabla 2. Datos de altura (H) y diámetro máximo de copa (Dc) para las especies ensayadas de *Atriplex* a los 4 años de la plantación. Valor medio, desviación típica (entre paréntesis) y valores mínimos y máximos (tamaño de letra menor).

Especie	H (cm)				Dc (cm)		
	93	94	95	96	94	95	96
<i>A. canescens</i>	15.7 (7.51) 3-39	21.7 (10.8) 5-53	32.2 (14.4) 8-67	31.6 (14) 5-67	22.4 (11.3) 5-49	29.7 (14) 7-70	32.2 (14.2) 5-71
<i>A. halimus</i>	20.4 (14.7) 2-72	37 (17.2) 5-90	40.3 (19) 3-105	62.7 (30) 2-141	37.7 (20) 5-110	45.8 (22.7) 5-127	56.6 (27.6) 4-142
<i>A. polycarpa</i>	32.4 (11.1) 6-60	53.5 (16) 12-100	60.7 (16.7) 18-102	69.7 (20.9) 6-133	38.2 (19.6) 7-96	49.1 (22.5) 10-105	59.1 (27.2) 3-132
<i>A. nummularia</i>	22.4 (11.9) 3-70	49.4 (20.5) 5-100	50.8 (20.4) 3-115	68.6 (26.9) 6-135	42.3 (21.8) 3-102	51.8 (21.8) 6-120	64.7 (28) 9-158

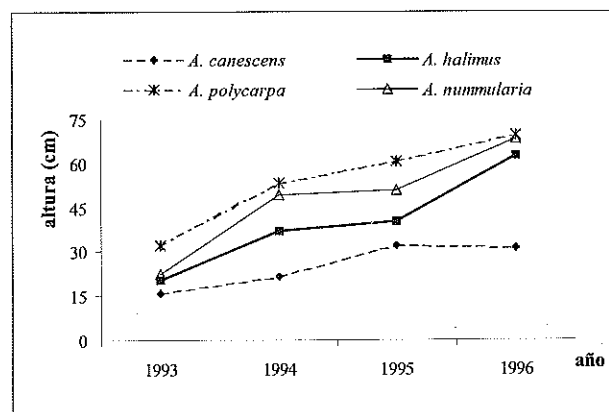


Figura 2. Evolución de la altura media de las plantas tras la plantación.

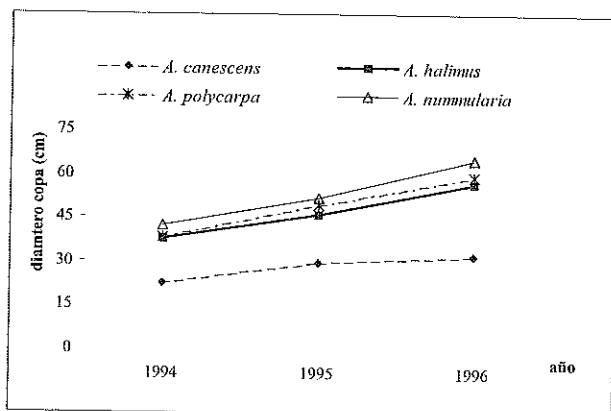


Figura 3. Evolución del diámetro máximo de copa medio de las plantas tras la plantación.

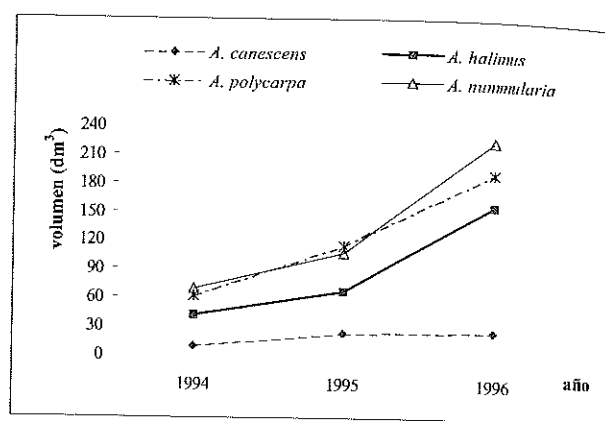


Figura 4. Evolución del volumen de las plantas para las cuatro especies ensayadas.

de estudio presentó un régimen de precipitaciones y temperaturas similar a los del climodiagrama medio, aunque en 1995 el periodo de sequía estival fue más amplio e intenso que la media.

DISCUSIÓN

La persistencia para las cuatro especies ha sido alta, aun en las condiciones de frugalidad tanto edáfica como climática donde se realizó la plantación. Resultados semejantes de persistencias fueron obtenidos por Sheppard *et al.* (1991), Zulueta *et al.*, (1993) y Otal *et al.* (1995) para algunas de las mismas especies ensayadas. Estos autores constatan también el número insignificante de marras, incluyendo en su estudio el pastoreo. La especie con menor crecimiento en el periodo de estudio ha sido *A. canescens*; incluso *A. nummularia*, que ve disminuida su producción en condiciones de frío y sequía (Correal *et al.*, 1990; Otal *et al.*, 1995), ha tenido muy buenos resultados.

La instalación de arbustos forrajeros supone una mejora directa en la alimentación del ganado por la presencia de los mismos y por la mejora indirecta que se produce en la vegetación circundante espontánea (Otal *et al.*, 1995). No sólo producen una excelente cobertura del suelo en terrenos con riesgo de erosión, sino que además constituyen un hábitat interesante para la fauna silvestre y alimento para todo tipo de ganado (los *Atriplex* tienen mayores contenidos en proteína que la alfalfa), (Atiq-ur-Rehman, 2002). Es necesario comprobar tras la instalación de la plantación cómo es consumida por el ganado, cuál es la proporción más adecuada de especies, la mejora de alimentación que produce y la mejor forma de manejo de las cargas ganaderas (Gintzburger *et al.*, 2000). Algunas de estas cuestiones han sido ya abordadas para España en la bibliografía: ej. Robledo *et al.* (1995) incide en la mejora de la alimentación del ganado con mezclas de albaida y *Atriplex*; Otal *et al.* (1995) establece el orden de preferencia del ganado doméstico como el siguiente, de mayor a menor: *A. nummularia* > *A. halimus* > *A. canescens*; etc. aunque es necesario profundizar en las cuestiones planteadas.

En el actual marco de política agraria de la UE es imprescindible potenciar la ganadería extensiva que genere productos de calidad (Correal y Sotomayor, 1998). La utilización de arbustos forrajeros es un posible complemento en la alimentación animal, al mantener niveles adecuados de proteína bruta y de minerales en periodos críticos del año, como el verano (Ríos *et al.*, 1989). La baja productividad y relativa baja palatabilidad de estos arbustos puede elevarse con métodos que fijen un equilibrio entre pastos herbáceos y arbustivos (aproximadamente un 50% de cada) con cargas ganaderas moderadas. Las plantaciones con arbustos forrajeros se recomiendan como recursos estratégicos para complementar los pastos arbustivos naturales (Papanastasis, 1996)

CONCLUSIONES

A. halimus, *A. polycarpa* y *A. nummularia*, por sus buenos resultados en los primeros años de la plantación, deben ser tenidas en cuenta en la recuperación de terrenos agrícolas abandonados, con suelos básicos y clima mediterráneo, donde se prevea un interés en su uso silvopastoral. *A. canescens* ha mostrado peores resultados tanto en supervivencia como en crecimiento en este estudio preliminar.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLUÉ-ANDRADE, J.L., 1990. *Atlas fitoclimático de España. Taxonomías*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. INIA. Madrid.
- ATIK-UR-REHMAN., 2002. Role of saltbush (*Atriplex* spp.) in animal production systems of Mediterranean climate. En: *Prospect for saline agriculture*, 385-401. Eds. R. AHMAD, K.A. MALIK. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht (Holanda).
- CORREAL, E.; BELMONTE, C.; OTAL, J., 1990. Utilization by sheep of oldman saltbush (*Atriplex nummularia*): palatability, browse efficiency, voluntary intake and chemical composition. En: *6th Meeting FAO Subnetwork on Mediterranean Pastures and Fodder Crops*, Bari, 17-19.
- CORREAL, E.; SOTOMAYOR, J.A., 1998. Sistemas ovino-cereal y su repercusión sobre el medio natural. *Pastos*, **XXVIII** (2), 137-180.
- GINTZBURGER, G.; BOUNEJMATE, M.; NEFZAOU, A., (Eds.). 2000. Fodder Shrub Development in Arid and Semi-arid Zones. En: *Proceedings of the Workshop on Native and Exotic Fodder Shrubs in Arid and Semi-arid Zones*, INRAT/ICARDA/SWP/Ministerio de Agricultura, Hammamet (Túnez). CIHEAM/IPGRI/IDRC/FAO/RNE/ICCNRDALME. 377 pp. Vol 1 y 2.
- OTAL, J.; ALCOLADO, V.; ROMERO, M.J.; BURGOS, A.; CLIMENT, P.; PÉREZ, J.L.; SELVA, M., 1995. Adaptación y producción de arbustos forrajeros en el sur de la provincia de Ciudad Real. En: *Actas de la XXXV Reunión Científica de la S.E.E.P.*, Tenerife, 193-196.
- OTAL, J.; BELMONTE, C.; CORREAL, E.; SOTOMAYOR, J.A., 1991. Evaluation of sheep production under continuous rotational grazing of a saltbush plantation (*Atriplex* sp. Pl.) in South East Spain. En: *Proceedings IVth International Rangeland Congress*, 568-572.
- PAPANASTASIS, V.P., 1996. Shrubland management and shrub plantations in Southern Europe. En *Proceedings of the Workshop on Native and Exotic Fodder Shrubs in Arid and Semi-Arid Zones*, Hammamet, Túnez, 54-66.
- PICOLA, R., 1989. Crecimiento y comportamiento de la biomasa aérea en *Medicago arborea* y *Atriplex nummularia*: respuesta al riego. *Options Méditerranéennes - Série Séminaires*, **3**, 351-356.
- RIOS, S.; CORREAL, E.; ROBLEDO, A., 1989. Palatability of the main fodder and pasture species present in S.E. Spain: I. Woody species (tree and shrubs). *XVIIth Int. Grassland Congress*, Niza, 1531-1532.
- ROBLEDO, A.; AOUISSANT, M.; CORREAL, E.; RIOS, S., 1995. Utilización de *Atriplex nummularia* como complemento forrajero de la albaida (*Anthyllis cytisoides*). En *Actas de la XXXV Reunión Científica de la S.E.E.P.*, Tenerife, 189-192.
- SAN MIGUEL, A.; ROIG, S.; CAÑELLAS, I., 2002. Las prácticas agroforestales en la Península Ibérica. *Cuadernos de la Sociedad de Ciencias Forestales*, **14**, 33-38.
- SHEPPARD, J.S.; WILLS, B.J.; BEGG, J.S., 1991. *Atriplex* species for land restoration and forage production in New Zealand. En: *Proceedings IVth International Rangeland Congress*, 577-580.
- VALDERRÁBANO, J.; MUÑOZ, F.; DELGADO, I., 1993. Comportamiento en pastoreo de ovejas y cabras frente a *Atriplex halimus*. *ITEA* **12** (1), 72-74.
- WILLS, B.J.; SHEPPARD, J.S., 1986. Shrub species suitable for revegetation and forage production in dryland regions of New Zealand. *New Zealand Agricultural Science*, **20**(3), 138-140.
- ZULUETA, J.; GRAU, J.M.; MONTOTO, J.L., 1993. Recuperación silvopascícola sobre un anterior cultivo cerealista excedentario en Polán (Toledo). En *Actas 1^{er} Congreso Forestal Español*, **II**, 655-660.

Diversidad vegetal como resultado de diferentes manejos forestales en la Sierra de Francia (Salamanca)

I. SANTA REGINA¹, S. SALAZAR¹, H. GONDARD² y A. PEIX¹

¹I.R.N.A./C.S.I.C. C/Cordel de Merinas 40-52. Apdo. 257. 37071 Salamanca. ²CEFE (C.N.R.S.-U.P.R. 9056), 1919 route de Mende, 34293 Montpellier cedex 5, France.

RESUMEN: En las últimas décadas han tenido lugar notables cambios en la región Mediterránea. Dichos cambios tienen un gran impacto en la diversidad vegetal cuyas variaciones pueden afectar al funcionamiento del ecosistema. Esto es particularmente cierto en áreas de castaño (*Castanea sativa* Mill.), que han sido más o menos abandonadas desde finales del siglo pasado. Debido a ello, nuestro objetivo fue analizar las consecuencias en la diversidad vegetal de varios tipos de gestión forestal en parcelas de castaño y rebollo (*Quercus pyrenaica*), de la provincia de Salamanca.

Los resultados indican que la diversidad vegetal es mayor en castañares dedicados a fruto que en aquellos dedicados a madera. Los primeros están generalmente caracterizados por pequeños terófitos heliófilos y los cultivos abandonados por hemicriptófitos con dispersión anemócora y caméfitos. Los castañares dedicados a la producción de madera están caracterizados por fanerófitos con dispersión zoócora.

Palabras clave: Diversidad vegetal, rasgos funcionales, abandono cultural, *Castanea sativa*.

Plant diversity as result of different forest management in Sierra de Francia (Salamanca)

SUMMARY: Since the last few decades, marked land use changes have taken place throughout the Mediterranean region. These changes have a great impact on plant diversity of which variations can affect in return ecosystem functioning. This is particularly true for sweet chestnut (*Castanea sativa* Mill.) stands (groves or coppices) that have been more or less abandoned from the end of the last century. Thus, our objective was to analyze consequences on plant species diversity of various management types in chestnut and oak stands of the Salamanca province.

Results indicate that plant species diversity is higher in groves than in coppice stands. Cultivated groves were generally characterized by small heliophilous therophytes, and abandoned groves by hemicryptophytes with anemochorous dispersal mode and chamaephytes. Coppice stands were characterized more particularly by phanerophytes with zoochorous dispersal mode.

Key words: Vegetal diversity, functional trait, cultural abandonment, *Castanea sativa*.

INTRODUCCIÓN

En la cuenca Mediterránea se desarrollan grandes áreas con diversos tipos de gestión forestal del castaño, y particularmente en Portugal, España, Francia, Italia y Grecia. Por ello, es urgente analizar los efectos del abandono en la diversidad vegetal de dichos ecosistemas, con el fin de establecer estrategias adecuadas de gestión forestal, las cuales permitan conservar la biodiversidad y, al mismo tiempo, optimizar su producción y rentabilidad. La caracterización de la comunidad vegetal como respuesta al abandono, en términos de rasgos funcionales, es esencial para llevar a cabo este objetivo (McIntyre *et al.*, 1995). La clasificación de especies atendiendo a sus rasgos funcionales es una práctica muy extendida en Ecología (Gitay *et al.*, 1996). El uso de estos rasgos funcionales para la comprensión de la dinámica de especies vegetales en relación con la perturbación ha sido claramente demostrado por varios autores (Gondard *et al.*, 2003). Estos autores sugieren que existe un patrón de respuesta a la perturbación (pasto, abandono cultural, tala, etc.), que permite analizar el funcionamiento del ecosistema, y la respuesta al abandono, enfocándolo en la descripción de la vegetación definida por rasgos funcionales y no sólo por especies. Estos rasgos funcionales pueden ser morfológicos, que describen el aspecto y el comportamiento de la planta en el ambiente, y rasgos regenerativos (Lavorel *et al.*, 1997).

Varios estudios empíricos (Grime, 1997) han demostrado que la función del ecosistema es principalmente una consecuencia de las estrategias predominantes de las especies constituyentes, en interacción con el medio abiótico. Algunos de los efectos experimentales que son atribuidos a la diversidad son probablemente una consecuencia del efecto de las condiciones abióticas.

Consecuentemente, nuestro objetivo es analizar las consecuencias de varios tipos de gestión forestal en la diversidad vegetal, incidiendo en la diversidad presente en el sotobosque, el cual es muy importante en el funcionamiento del ecosistema. Tal diversidad vegetal es sensible a cambios en las condiciones de dicho ecosistema.

MATERIAL Y MÉTODOS

El experimento ha sido realizado en La Honfría, en el Sudeste de la provincia de Salamanca. El bosque de La Honfría es representativo de la gestión forestal tradicional del castaño (*Castanea sativa*) a lo largo de muchos siglos en España, pero también un modelo de posible gestión forestal en el futuro; se desarrolla a 950 m de altitud, su suelo es un cambisol húmico sobre esquistos, con una precipitación anual media de 1500 mm y una Temperatura anual media de 11° C. En este área, el castaño es considerado como una especie paraclimática, cuyo desarrollo se adapta en área del roble melojo o rebollo (*Quercus pyrenaica*), especie climática. Se seleccionaron cinco parcelas (10 000 m²) representativas de estos tipos de bosque: un castañar cultivado para fruto, un castañar de fruto abandonado, un castañar dedicado a madera, una parcela mezcla de castañar para fruto y rebollar y una parcela de rebollar, cuyas características más representativas se indican en la Tabla 1.

Tabla 1. Principales características de La Honfría.

Área	Parcela	Edad		DBH (cm)	Árboles ha ⁻¹	Área
		árboles (años)	Altura árbol (m)			basal (m ² ha ⁻¹)
La Honfría	Castañar de fruto cultivado	90	11,30 ± 1,3 ^b	18,30 ± 2,1 ^c	295 ± 20 ^a	23,40 ± 5 ^b
	Castañar de fruto abandonado	85	8,90 ± 0,8 ^a	20,40 ± 3,0 ^c	382 ± 30 ^a	18,50 ± 4 ^a
	Castañar de madera	70	15,3 ± 1,3 ^c	12,90 ± 1,7 ^b	1 892 ± 100 ^b	28,40 ± 8 ^c
	Castañar+rebollar	60	10,7 ± 0,8 ^b	8,90 ± 1,2 ^a	3 208 ± 150 ^c	21,40 ± 5 ^a
	Rebollar	75	12,2 ± 1,0 ^b	11,60 ± 1,5 ^b	2 960 ± 125 ^c	26,50 ± 7 ^c

Intervalo de confianza p = 0,05. Mann-Whitney test, p < 0,05.

En cada parcela, registramos todas las especies presentes en el sotobosque. La cobertura vegetal de cada especie fue estimada por el método del punto cuadrado (Gounot, 1969), usando 100 puntos, uno cada 10 cm, a lo largo de una línea de 10 m a través de la parcela. Según observaciones previas, inventarios de 100 m² parece ser de tamaño suficiente para controlar este tipo de vegetación. Además, cada especie vegetal registrada fue caracterizada por rasgos funcionales a fin de examinar cómo la composición de especies cambia respecto al tipo de manejo. Estos rasgos funcionales se refieren a la morfología (altura de la planta, formas vitales de Raunkiaer (Raunkiaer, 1934)), tolerancia a la luz, y rasgos regenerativos (tipo de dispersión).

Análisis estadísticos

Se ha utilizado un Análisis de Correspondencia (CA, Greenacre, 1984) a partir de una matriz compuesta por todas las especies observadas, y una clasificación que nos permita identificar los grupos en un plano factorial (Roux, 1985). El criterio para comparar parcelas fue la riqueza específica (numero de taxones por 100 m²) y diversidad de especies (Pielou, 1975; Magurran, 1988). Entre los muchos índices de diversidad disponibles, elegimos el índice de Shannon-Weaver's index (H'): $H' = -\sum_{i=1,m} (p_i \log_2(p_i))$ donde p_i es la abundancia

de especies (i) en el cuadrado y n el número de especies. También se calculó el índice de Jaccard, a fin de obtener un porcentaje de similitud entre parcelas (Jaccard, 1908 in Roux y Roux, 1967): $I_d = \frac{N_{ab}}{(N_a + N_b - N_{ab})}$ donde N_a es el número de especies en la parcela a, N_b es el número de especies en la parcela b, y N_{ab} es el número de especies similares entre las parcelas a y b. Las medias fueron comparadas usando el test de Mann-Whitney (Falissard, 1998).

A fin de cuantificar los efectos del tipo de gestión forestal con rasgos funcionales usamos CA, Análisis canónico de Correspondencia (CCA, Ter Braak, 1987), y clasificación jerárquica para identificar grupos en el plano factorial (Roux, 1985).

RESULTADOS

Indices de diversidad

El análisis Canónico de Correspondencias (Figura 1) confirmado por los valores del índice de Jaccard indican que el castañar cultivado tiene una composición muy diferente a las otras parcelas (Tabla 2). La mayor riqueza de especies se observó en el castañar cultivado con 53 ± 4 especies, mientras que la menor se estableció en el rebollar con 16 ± 2 especies (Figura 2). En los otros tres tipos de muestreos no se observaron diferencias significativas 19 ± 2 especies, 18 ± 2 especies, 21 ± 2 especies respectivamente.

El índice de Shannon nos indica que la mayor diversidad de especies se encontró en el castañar cultivado ($3,3 \pm 0,3$) y la más baja en el castañar abandonado ($1,7 \pm 0,2$), y en el castañar de madera ($1,4 \pm 0,2$) (Figura 3). La riqueza específica del rebollar fue baja comparada con la de las otras parcelas, pero la diversidad de especies en dicha parcela fue comparable a la de las otras parcelas ($2,1 \pm 0,2$), no encontrándose especies dominantes.

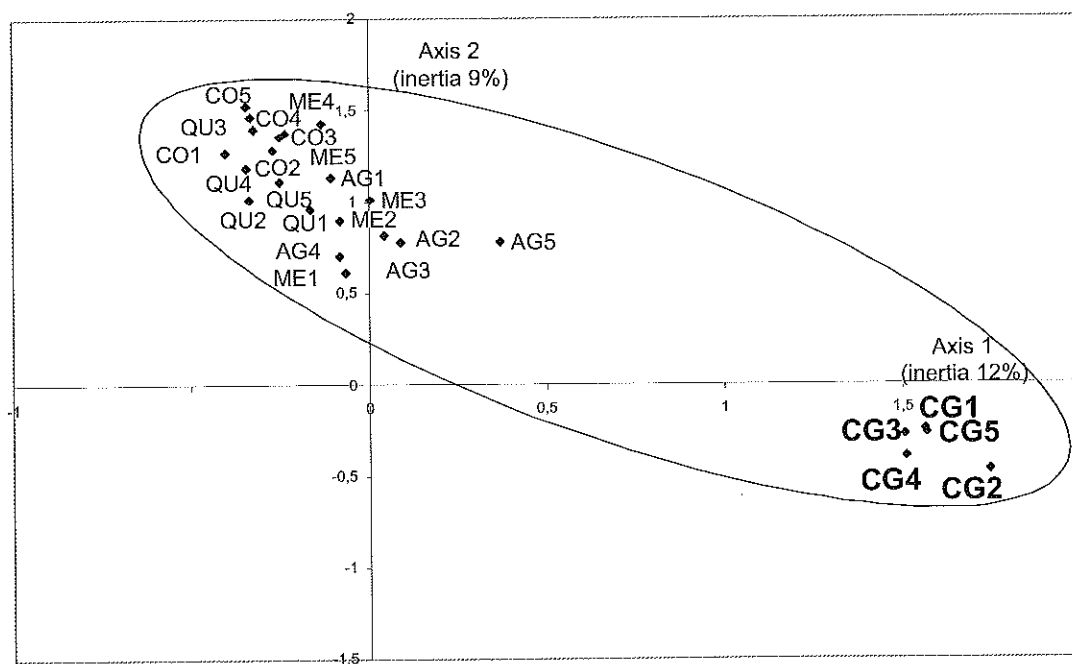
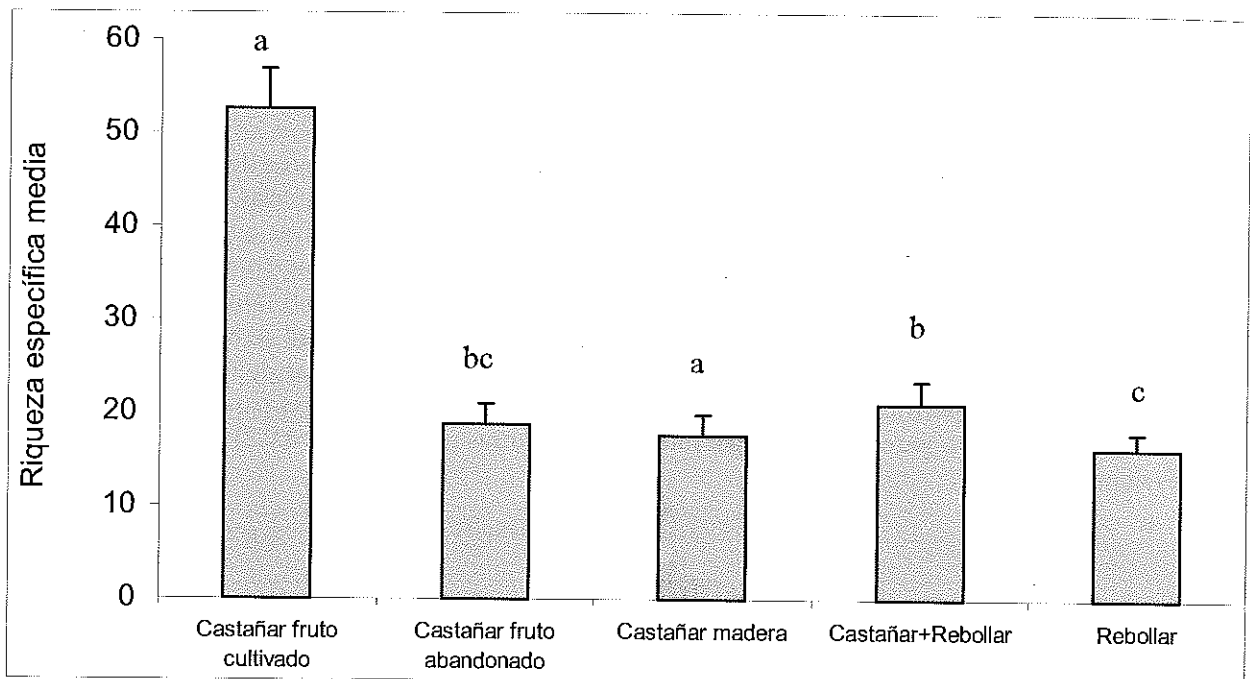
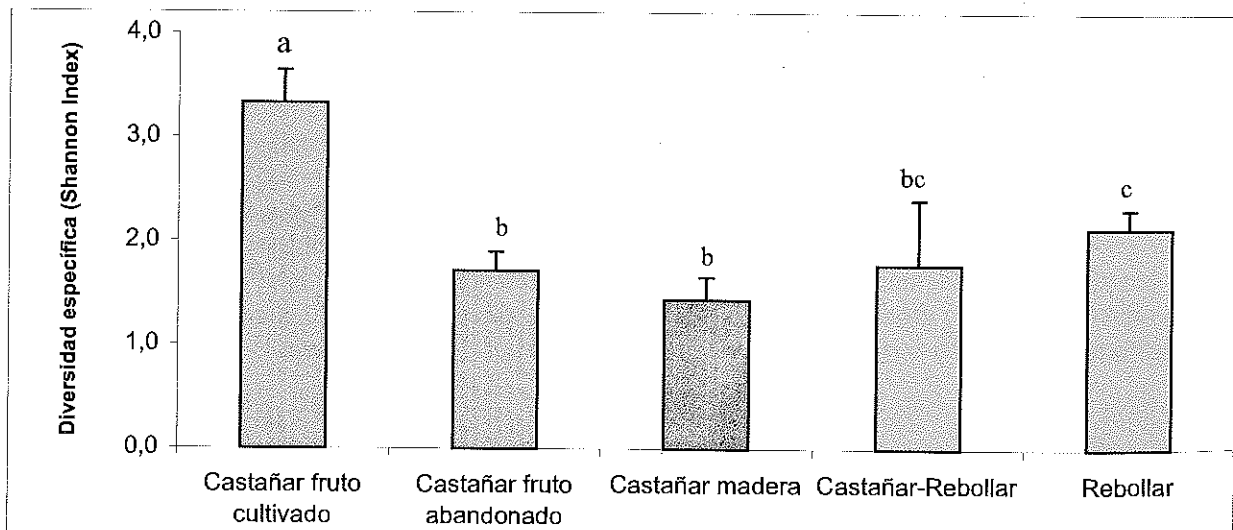


Figura 1. Ordenación en el plano de los dos primeros ejes de las parcelas después del Análisis de correspondencia de la matriz compuesta por 25 parcelas y 67 especies de plantas observadas en las parcelas. Los grupos fueron identificados por clasificación jerárquica ascendente.

CG= Castañar de fruto cultivado, AG= Castañar de fruto abandonado, CO= Castañar de madera, ME= Castañar+Rebollar, QU= Rebollar.

Tabla 2. Índice Jacard (%) para cada parcela estudiada.

Parcelas	Rebollar	Rebollar+castaña	Castaña de madera	Castaña de fruto abandonado
Castaña+rebollar	30			
Castaña de madera	36	26		
Castaña de fruto abandonado	23	49	19	
Castaña de fruto cultivado	8	12	7	18

**Figura 2.** Riqueza específica media. Valores medios con diferentes letras son significativamente diferentes. Test de Mann-Whitney, $p < 0,05$ **Figura 3.** Diversidad específica media. Valores medios con diferentes letras son significativamente diferentes. Test de Mann-Whitney, $p < 0,05$

Rasgos funcionales y tipos de gestión forestal

Distinguimos tres grupos en el plano de los dos ejes del CCA. El grupo 1 compuesto por el castaño cultivado, caracterizado por pequeños terófitos heliófilos (*Anthemis pratensis*, *Trifolium angustifolium*, etc.) (Figura 4). El castaño de madera (grupo 2), se caracterizó por fanerófitos tolerantes a la sombra con dispersión zoócora y geófitos (*Aristolochia pallida*, *Prunus avium*, etc.). El castaño abandonado, el bosque mezclado y el rebollar (grupo 3), estaban compuestos esencialmente por hemicriptófitos y caméfitos con dispersión anemócora (*Anthoxantum odoratum*, *Genista hispanica*, etc.).

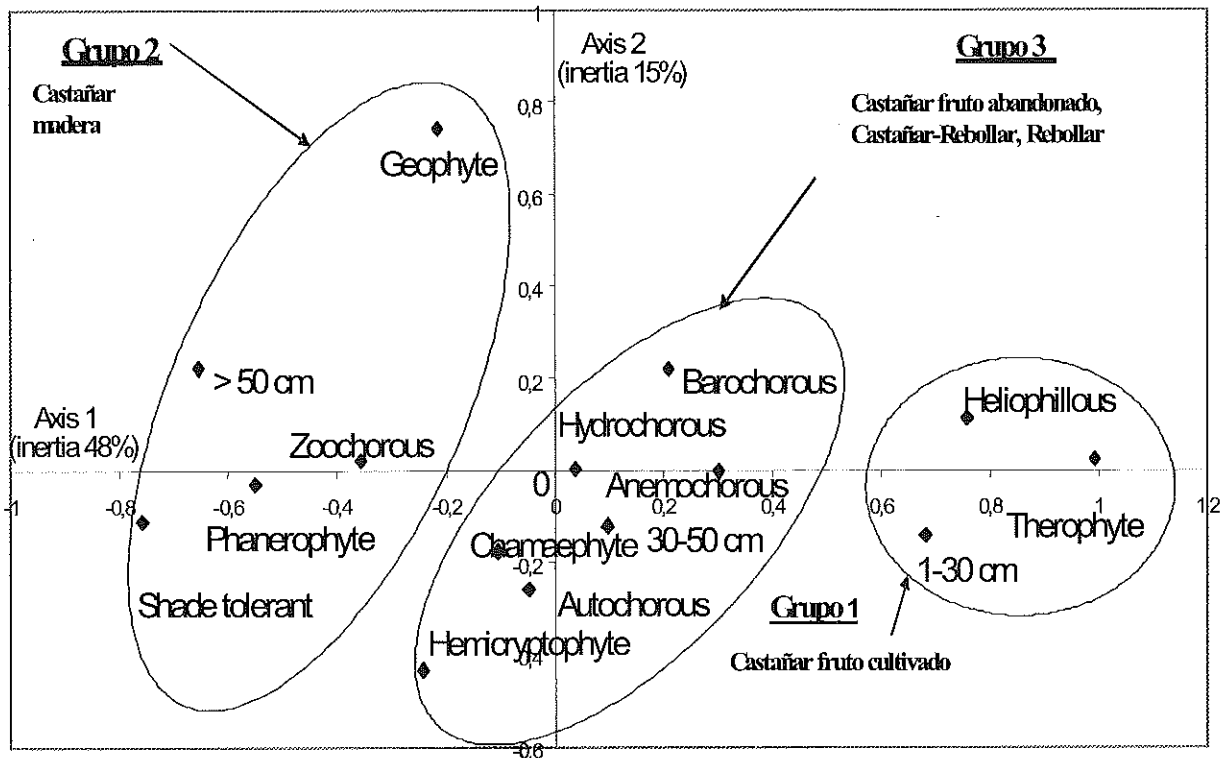


Figura 4. Ordenación en el plano de los dos primeros ejes de rasgos funcionales después del Análisis de Correspondencia a partir de las especies observadas y una matriz compuesta por las mismas especies de plantas y sus rasgos funcionales. Los grupos fueron identificados por clasificación jerárquica ascendente.

DISCUSIÓN

La principal tendencia que surge a partir de nuestros datos de riqueza de especies es que en el castaño cultivado es más alta que en el castaño de madera. Así, un completo abandono de castaño no produce automáticamente la más alta diversidad vegetal en el sotobosque (Gondard *et al.*, 2001). Efectivamente, pastoreo, arado y poda ocurren en castaños bien gestionados, y generan heterogeneidad, tanto espacial como temporal, produciendo un hábitat desigual que conduce al mantenimiento de altos niveles de biodiversidad (Caswell y Cohen, 1991). A escalas locales y generales, los cambios en el uso de los bosques están entre los más inmediatos conductores de la diversidad de especies. La intensificación de este uso forestal está supuesta a cambiar la composición y reducir la biodiversidad de las comunidades biológicas (Schläpfer *et al.*, 1999). En consecuencia, una de las posibilidades para contrarrestar la pérdida de biodiversidad puede ser reducir la intensidad en el uso forestal, así como abandonar bosques cultivados.

Examinando los cambios en la composición de especies según el tipo de gestión forestal (CCA) se observa que generalmente pequeños fanerófitos heliófilos caracterizan a los castañares cultivados. Realmente, en castañares bien manejados, se establecen grandes espacios entre los árboles y así, la luz, que es un reconocido factor unido positivamente a la riqueza de especies (Gilliam *et al.*, 1995), está disponible en el sotobosque y favorece a las especies anuales y perennes de corta vida (McIntyre *et al.*, 1995). Los efectos de las especies (tales como número o identidad) o la diversidad funcional en ecosistemas, se espera que incrementen con la magnitud de las diferencias entre especies o los tipos funcionales (Tilman *et al.*, 1997). La pérdida de grupos funcionales de plantas tiene importantes consecuencias en el desarrollo de los procesos de cualquier ecosistema, tales como la productividad, actividad descomponedora, liberación de nutrientes y estabilidad, especialmente si las especies tienen nichos ecológicos separados y demuestran complementariedad en el uso de los recursos.

Hemicriptófitos con modo de dispersión anemócora y caméfitos podrían colonizar todos los tipos de ambientes. Como en los estudios realizados en la región Mediterránea por Houssard *et al.* (1980), encontramos que fanerófitos con modo de dispersión zoócora caracterizan a los castañares con vocación maderera, donde la relación de estrés y perturbación es más baja.

CONCLUSIÓN

Este estudio confirma nuestra hipótesis: la diversidad de especies varía según el tipo de gestión forestal, y es posible identificar rasgos funcionales de las especies de plantas características de cada tipo de gestión forestal. Encontramos que la diversidad de especies más alta se observó en castañares de fruto cultivados. Así, la creación de un mosaico de castañares manejados y abandonados parece necesaria para una óptima conservación de la diversidad vegetal.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CASWELL, H.; COHEN, J.E., 1991. Communities in patchy environments. En: *Ecological Heterogeneity, Ecological Studies*, Kolasa, J., Pickett, S.A. (eds.) Springer-Verlag, Berlin, New York, **86**: 96-122.
- FALISSARD, B., 1998. Comprendre et utiliser les statistiques dans les sciences de la vie. *Collection Evaluation et Statistique*. Masson (Ed.), Paris.
- GILLIAM, F.S.; TURRILL, N.L.; BETHADAMS, M., 1995. Herbaceous-layer y overstorey species in clear-cut y mature central Appalachian hardwood forests. *Ecological Applications* **5**: 947-955.
- GITAY, H.; WILSON, J.B.; LEE, W.G., 1996. Species redundancy: a redundant concept? *Journal of Ecology*, **84**, 121-124.
- GONDARD, H.; ROMANE, F.; GRYJANNY, M.; LI J.; ARONSON, J., 2001. Plant species diversity changes in abandoned chestnut (*Castanea sativa*) groves in southern France. *Biodiversity and Conservation*, **10**, 189-207.
- GONDARD, H.; JAUFFRET, S.; ARONSON, J.; LAVOREL, S. 2003. Plant functional types: a promising tool for management and restoration of degraded lands. *Applied Vegetation Science*, **6**, 223-234.
- GOUNOT, M., 1969. *Méthodes d'étude quantitative de la végétation*. Masson, Paris.
- GREENACRE, M.J., 1984. *Theory y applications of Correspondence analysis*. Academic Press, London.
- GRIME, J.P., 1997. Biodiversity y ecosystem function: the debate deepens. *Science*, **277**, 1260-1261.
- HOUSSARD, C.; ESCARRÉ, J.; ROMANE, F., 1980. Development of species diversity in some Mediterranean plant communities. *Végétation*, **43**, 59-72.
- LAVOREL, S.; MCINTYRE, S.; LYSBERG, J.; FORBES, T.D.A., 1997. Plant functional classification: from general groups to specific groups based on response to disturbance. *Tree*, **12** (12), 474-478.
- MAGURRAN, A.E. 1988. *Ecological diversity and its measurements*. Croom Helm, London.
- MCINTYRE, S.; LAVOREL, S.; TREMONT, R.M., 1995. Plant life history attributes: their relationships to disturbance response in herbaceous vegetation. *Journal of Ecology*, **83**, 31-44.
- PIELOU, R.H., 1975. *Ecological diversity. A Wiley-Interscience Publication*, New York.

- RAUNKIAER, C., 1934. *The life-forms of plants y statistical plant geography*. Oxford University Press, Oxford, 632 pp.
- ROUX, G.; ROUX, M., 1967. A propos de quelques méthodes de classification en phytosociologie. *Revue de statistique appliquée* **15(2)**: 59-72.
- ROUX, M., 1985. *Algorithmes de classification*, Masson, Paris, 151 pp.
- SCHLÄPFER, F.; SCHMID, B.; SEIDL, I., 1999. Expert estimates about effects of biodiversity on ecosystem processes y services. *Oikos*, **84**, 346-352.
- TER BRAAK, C.J.F., 1987. The analysis of vegetation-environment relationships by canonical correspondence analysis. *Vegetatio*, **69**, 69-77.
- TILMAN, D.; KNOPS, J.; WEDIN, D.; REICH, P.; RITCHIE, M.; SIEMANN, E., 1997. The influence of functional diversity and composition on ecosystem processes. *Science*, **277**, 1300-1302.

Eficacia de distintos métodos de recuperación de pastos de puerto invadidos por lecherina (*Euphorbia polygalifolia*)

J. BUSQUÉ¹, S. MÉNDEZ¹, P. MARTÍNEZ¹, H. MALLAVIA¹, O. FERNÁNDEZ¹, F. J. MANRIQUE¹, C. ZARAGOZA², M. MORA³ y B. FERNÁNDEZ¹

¹Centro de Investigación y Formación Agraria. C/ Héroes 2 de mayo, 27. Muriedas, 39600 Cantabria. ²Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria. DGA. Apdo. 727. 50080 Zaragoza. ³Estación Agrícola Experimental de León. CSIC. Apdo. 788. 24080 León.

RESUMEN: Utilizando un diseño experimental factorial, se aplicaron distintos tratamientos (químicos, culturales y de manejo del pastoreo) en pastos de puerto invadidos por la planta lecherina (*Euphorbia polygalifolia*), con el fin de reducir su población y recuperar el valor pastoral y ecológico de estas comunidades vegetales. El análisis de la evolución del pasto en el segundo año del experimento mostró la gran efectividad de la mayoría de los herbicidas en la reducción de la lecherina, pero perjudicó en algunos casos la cobertura vegetal, y siempre la diversidad florística. Mientras que los tratamientos culturales no produjeron efectos significativos en ninguna de las variables estudiadas, el pastoreo con ovino resultó eficaz en reducir el recubrimiento de lecherina. La alternancia del pastoreo de ovino y ganado mayor (vacuno y equino) resultó ser la mejor opción, al combinar la reducción de recubrimiento de lecherina con el mantenimiento de una diversidad florística superior.

Palabras clave: herbicidas, ovino, diversidad vegetal, Cantabria.

Efficiency of different methods of restoring mountain grasslands invaded by spurge (Euphorbia polygalifolia)

SUMMARY: A factorial experimental design comprising three different groups of treatments (chemical, cultural and of grazing management) was implemented on mountain pastures invaded by a species of spurge: *Euphorbia polygalifolia*. The treatments were aimed at reducing the cover of the spurge while improving the productivity and ecological value of the resulting grassland. The analysis of the changes in the pasture in the second year of the experiment showed the great effect of most of the herbicides tested in reducing the cover of the spurge. However, some of them reduced unacceptably the cover of the vegetation, and all of them reduced significantly its diversity. While cultural treatments did not produce significant effects in any of the studied variables, sheep grazing proved to be efficient in reducing the cover of spurge. Combining sheep grazing with the usual cattle and equine grazing of the area was considered to be the best treatment, as, in addition to reduce the cover of spurge, it maintained a higher plant diversity of the grassland community.

Key words: herbicides, sheep, plant diversity, Cantabria.

INTRODUCCIÓN

La invasión de pastos aprovechados de forma extensiva por plantas de escaso valor para el ganado es un grave problema que afecta a regiones de todo el mundo (Masters y Sheley, 2001). En los últimos años se viene detectando en algunos pastos de puerto ácidos de la Cordillera Cantábrica una progresiva invasión del caméfito endémico *Euphorbia polygalifolia* Boiss., comúnmente conocido en Cantabria como lecherina. El fuerte rechazo del vacuno y equino al consumo de esta planta está produciendo un descenso importante del valor pastoral de estos ecosistemas. Con estos precedentes, se decidió probar el efecto de distintos tratamientos (químicos, culturales y de manejo de pastoreo) aplicados en zonas invadidas por lecherina sobre la evolución de su población, así como sobre la diversidad vegetal resultante.

MATERIAL Y MÉTODOS

El experimento se llevó a cabo en los pastos de puerto de Sejos (Mancomunidad Campoo-Cabuérniga, Cantabria). Dentro de estos, y en junio de 2001, se eligieron y cerraron con estacas y alambre cinco parcelas

de 4200 m² cada una, con altitudes comprendidas entre los 1370 y los 1720 m.s.n.m., sobre suelos muy ácidos (pH=4,4 ±0,38 d.e.), y con baja disponibilidad de nutrientes, especialmente fósforo (6,2 mg/kg ±2,49 d.e.).

Cada parcela estaba compuesta de 84 sub-parcelas de 50 m² cada una, con un diseño factorial resultado de la combinación de tres grupos de tratamientos de potencial control de la lecherina: químicos, culturales y de pastoreo (Figura 1). El control químico consistió en siete tratamientos, uno de ellos de referencia sin herbicida, y aplicándose en los otros los siguientes productos en las dosis y momentos recomendados por los fabricantes al inicio de los veranos de 2001 y 2002: picloram 24% (Tordon 22 de Dow Agrosciences aplicado a 1 l p.c. ha⁻¹), picloram 6% + 2-4D 24% (Tordon 101 de Aventis a 7 l p.c. ha⁻¹), glifosato 18% + MCPA 18% (Sable de Aragonesas a 8 l p.c. ha⁻¹), triclopir 3% + fluroxipir 9% (Garlon de Dow Agrosciences a 3 l p.c. ha⁻¹), glifosato 36% (Herbolex de Aragonesas a 7 l p.c. ha⁻¹) y dicamba 48% (Banvel D de Syngenta a 3 l p.c. ha⁻¹). Todos los herbicidas se aplicaron diluidos en agua en cantidades equivalentes a 300 litros ha⁻¹. Las labores culturales fueron cuatro: desbroce, encalado, encalado + abonado fosfórico, y desbroce + encalado + abonado fosfórico. La dosis de encalado fue de 2.000 kg de carbonato cálcico ha⁻¹, y la de abonado fosfórico de 475 kg de superfosfato de cal (18% de P₂O₅) ha⁻¹. El encalado y desbroce se realizaron al principio de la estación de pastoreo de 2001, y el abonado fosfórico al principio de la estación de pastoreo de 2002. Los tratamientos de pastoreo fueron tres: pastoreo continuo y abierto, equivalente al existente en el puerto, pastoreo rotacional exclusivo con ovejas y pastoreo rotacional y secuencial entre ovejas y el existente en el puerto. El pastoreo existente en el puerto fue fundamentalmente de vacuno y equino. En el pastoreo con ovino (exclusivo y secuencial) se emplearon cuatro ovejas de raza lacha para cada tercio de parcela (1500 m²). Las fechas de entrada y salida de animales en los tratamientos de pastoreo para la campaña de 2002 se presentan en la Tabla 1.

		H0	H1	H2	H3	H4	H5	H6		
		↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
D	→								←	Pastoreo continuo por ganado mayor
D+E+A	→									
E+A	→									
E	→									
D	→								←	Pastoreo rotacional por ovino
D+E+A	→									
E+A	→									
E	→									
D	→								←	Pastoreo secuencial ovino seguido ganado mayor
D+E+A	→									
E+A	→									
E	→									

Figura 1. Diseño factorial de las parcelas de experimentación. La columna izquierda indica los tratamientos culturales (D: desbrozado; E: encalado y A: abonado). La fila superior indica los tratamientos químicos (0: sin herbicida; 1: picloram; 2: picloram + 2-4D; 3: glifosato + MCPA; 4: triclopir + fluroxipir; 5: glifosato 36% y 6: dicamba). La columna derecha indica los tratamientos de pastoreo.

Tabla 1. Calendario de pastoreo en las parcelas de experimentación durante el verano de 2002.

Fecha inicio	Fecha fin	Días	Tratamiento de pastoreo		
			Solo ovino	Ovino + Local	Local
9-Julio	23-Julio	14	Cerrado	Ovino	Vacas+Yeguas
23-Julio	6-Agosto	14	Ovino	Vacas+Yeguas	Vacas+Yeguas
6-Agosto	19-Agosto	13	Cerrado	Ovino	Vacas+Yeguas
19-Agosto	10-Septiembre	22	Ovino	Vacas+Yeguas	Vacas+Yeguas
10-Septiembre	24-Septiembre	14	Cerrado	Ovino	Vacas+Yeguas
Total días		77	36	31 Ov. 36 V+Y	77

Durante el tiempo del experimento la climatología se caracterizó por temperaturas relativamente suaves (promedios de temperaturas diarias medias, mínimas y máximas de 11,4°C, 8,7°C y 14,5°C respectivamente) y precipitaciones frecuentes (precipitación total de 216,4 mm, repartidos en 39 de los 77 días del experimento). En ningún momento se apreció estrés hídrico en las plantas.

El efecto de los tratamientos sobre el pasto se estudió midiendo visualmente en un cuadrado de un metro de lado centrado en cada sub-parcela la cobertura vegetal y el recubrimiento de lecherina y demás especies según la metodología fitosociológica (Braun-Blanquet, 1979). Dada la sesgada distribución de los valores de porcentaje de cobertura de lecherina medidos en 2002, se utilizó también como variable respuesta el número de sub-parcelas con recubrimientos de lecherina inferiores al 5%. La diversidad vegetal se estimó calculando los índices de riqueza, de Shannon y de equitatividad (Begon *et al.*, 1996). La cobertura vegetal y el recubrimiento por lecherina se midieron en julio y octubre de 2002. La composición botánica se midió solamente en octubre de 2002. Se emplearon análisis no paramétricos (pruebas de Kruskal-Wallis), pruebas de Chi-cuadrado y análisis de varianza para estudiar los efectos de los tratamientos sobre la cobertura vegetal y el recubrimiento de lecherina. En el caso de los índices de diversidad, se utilizaron análisis de varianza.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Cobertura vegetal

La aplicación de los herbicidas basados en glifosato resultó en sub-parcelas con coberturas significativamente más bajas (prueba de Kruskal-Wallis; $p < 0,001$) que las del resto de sub-parcelas (Tabla 2). A raíz de los bajos valores de cobertura vegetal encontrados con estos herbicidas, se prescindió de ellos en los análisis posteriores sobre cobertura de lecherina.

Tabla 2. Efecto de los tratamientos de herbicidas sobre el recubrimiento vegetal (%). Octubre 2002.

Herbicida	Media	Desv. est.	Mín	Máx
Picloram	86,9	12,01	45	100
Picloram + 2-4D	88,3	8,62	60	100
Glifosato + MCPA	28,5	20,57	5	85
Triclopir + fluroxipir	92,1	7,93	70	100
Glifosato 36%	21,6	20,01	5	80
Dicamba	88,6	11,28	40	100
sin herbicida	87,6	12,50	35	100

Cobertura de lecherina

De junio a octubre de 2002 se observó una reducción generalizada de la cobertura de lecherina (Tabla 3). Tomando como referencia los valores de la Tabla 3, se comprobó que las únicas diferencias significativas entre los valores dentro de cada grupo de tratamientos respecto a su media esperada correspondieron a los herbicidas en junio de 2002, antes de aplicar la segunda dosis (valor $\chi^2 = 15,55$; $p = 0,016$). En este caso se observaron mayores coberturas de lecherina para el herbicida picloram y el tratamiento sin herbicida. Por el contrario, se notó una alta efectividad del herbicida dicamba (Tabla 3).

Resulta interesante analizar los efectos de los sistemas de pastoreo y las labores culturales sin la utilización de herbicidas, pues estas opciones son las más viables debido al elevado coste de la aplicación de herbicidas y por la peculiaridad de la zona de estudio (inscrita a varias figuras de protección ambiental; con un manejo del ganado incompatible con el tiempo necesario para la actuación y seguridad de la mayoría de los productos fitosanitarios probados). De los análisis presentados anteriormente se deduce un fuerte efecto de todos los herbicidas sobre el recubrimiento de lecherina (Tabla 3). Este hecho puede enmascarar los verda-

deros efectos de las otras herramientas de control ensayadas. Por este motivo se analizó la variación porcentual del recubrimiento de lecherina de junio a octubre de 2002 en aquellas sub-parcelas sin herbicida y con recubrimientos de lecherina en junio de 2002 superiores al 5%. Del análisis de covarianza empleado, únicamente el efecto del pastoreo ($p=0,003$) y la cobertura de lecherina en Junio ($p=0,008$) resultaron significativos. El pastoreo con ovejas, exclusivo o mixto, supuso un claro descenso del recubrimiento de lecherina, mientras que el pastoreo habitual de la zona no produjo cambios significativos (Figura 2). La defoliación de la lecherina por parte del ovino (Busqué *et al.*, 2003) y el rechazo del ganado mayor a su consumo podrían explicar este descenso.

Tabla 3. Nº de sub-parcelas con recubrimientos de lecherina inferiores al 5% en Junio y Octubre de 2002 para cada tratamiento individual.

TRATAMIENTO	Subparcelas con Lecherina <5%	
	Junio 2002	Octubre 2002
Herbicida	n=60	n=60
Picloram	30 (50%)	58 (97%)
Picloram + 2-4D	50 (83%)	60 (100%)
Triclopir + fluroxipir	45 (75%)	58 (97%)
Dicamba	57 (95%)	60 (100%)
sin herbicida	28 (47%)	47 (78%)
Pastoreo	n=140	n=112a
Testigo	102 (73%)	98 (88%)
Ovino	91 (65%)	107 (96%)
testigo y ovino	103 (74%)	109 (97%)
Labor	n=105	n=105
D	66 (63%)	95 (90%)
D+E+A	68 (65%)	100 (95%)
E+A	81 (77%)	100 (95%)
E	81 (77%)	101 (96%)

*. No se consideran las sub-parcelas del cierre número 1 (La Penilla) por haber cambiado el tratamiento de pastoreo del año 2001 al año 2002.

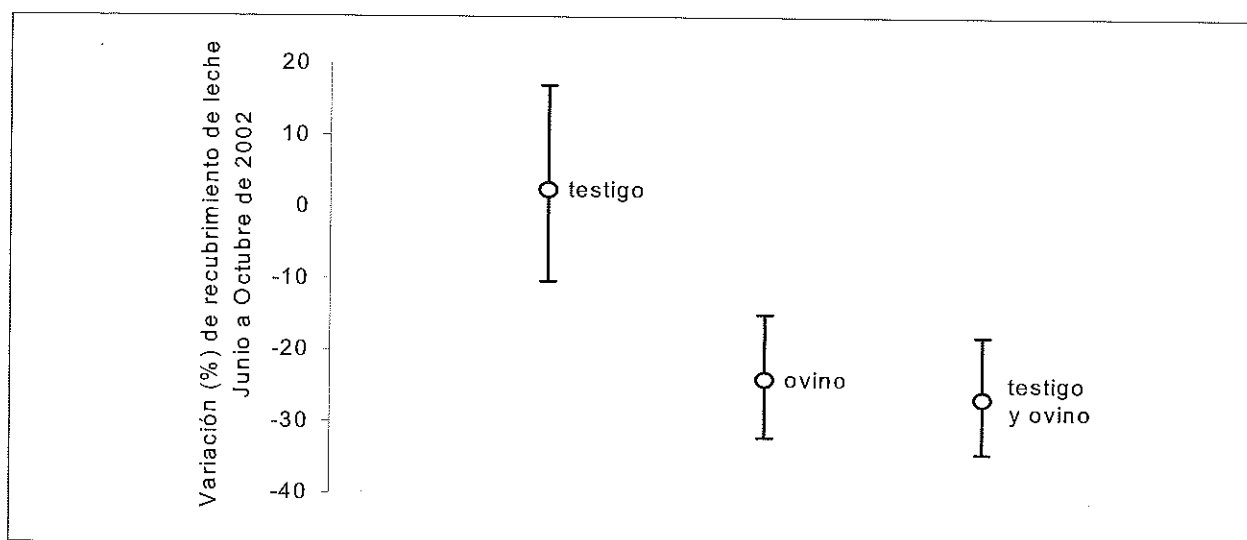


Figura 2. Efecto del pastoreo ($p=0,003$) durante el verano de 2002 sobre la variación en el recubrimiento de lecherina en las sub-parcelas de experimentación sin aplicación de herbicidas. Las barras verticales representan el intervalo de confianza al 95%.

Diversidad de las comunidades vegetales

Se encontraron diferencias significativas en la diversidad vegetal entre los distintos tratamientos de cada grupo (Figura 3). Las sub-parcelas sometidas a pastoreo de ganado mayor mostraron mayor diversidad según el índice de Shannon, que las de ovino exclusivo. Estos mayores valores fueron alcanzados por la mayor equitatividad (mayor similitud entre las coberturas de todas las especies que componen el pasto) y no por incrementos en la riqueza florística. El pastoreo mixto no produjo diferencias significativas en diversidad con respecto a los otros tipos de pastoreo. Las labores culturales no afectaron significativamente a los parámetros de diversidad florística. Por último, las sub-parcelas sin aplicación de herbicida mostraron valores más altos en todos los parámetros de diversidad, mientras que las parcelas donde se aplicó el herbicida picloram + 2-4D fueron las que resultaron en los valores más bajos de riqueza florística y del índice de Shannon.

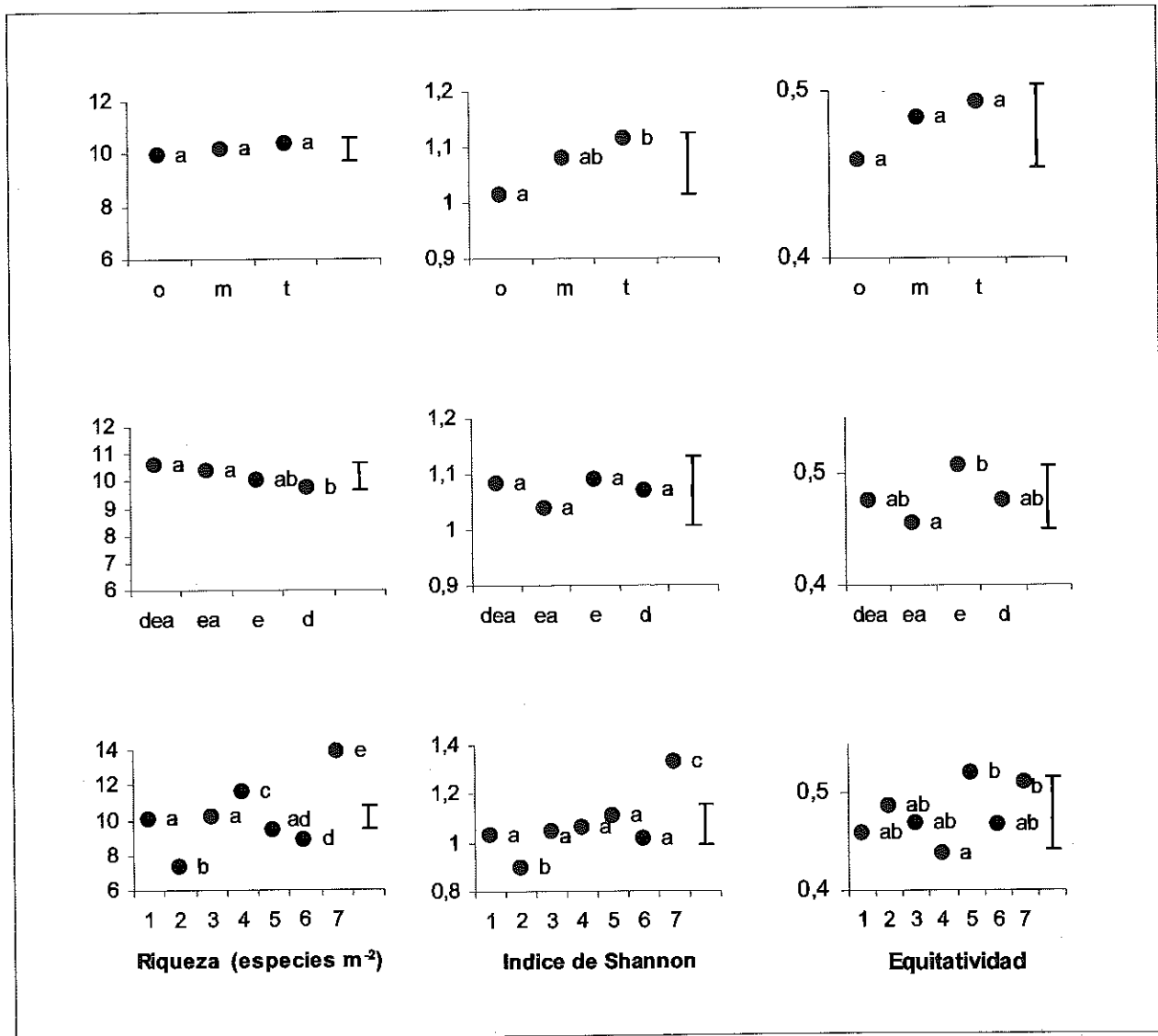


Figura 3. Medias de parámetros de diversidad vegetal para cada uno de los tratamientos en Octubre de 2002. Pastoreo: o, ovejas exclusivo; m, mixto ovejas y ganado mayor; t, ganado mayor. Labores: d, desbroce; e, encalado; a, abonado fosfórico. Herbicidas: 1, picloram; 2, picloram + 2-4D; 3, glifosato + MCPA; 4, triclopir + fluroxipir; 5, glifosato 36%; 6, dicamba; 7, sin herbicida. Dentro de cada figura, valores con distinta letra son significativamente diferentes con $p < 0,05$.

CONCLUSIONES

Aparte de las restricciones de manejo y coste, no parece recomendable el uso de herbicidas en este tipo de comunidades vegetales complejas, bien sea por la reducción drástica de la cobertura vegetal que producen aquellos basados en glifosato, o por la reducción generalizada de diversidad vegetal, con las consecuencias medio-ambientales que eso conlleva.

Dentro de las opciones ensayadas, el pastoreo de ovino se desmarca como la mejor para el control de la lecherina, siendo aconsejable compatibilizarlo con el pastoreo de ganado mayor para disminuir la cobertura de lecherina sin afectar la diversidad vegetal.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BEGON, M.; HARPER, J.L.; TOWNSEND, C.R., 1996. *Ecology*. Blackwell Science. 1068 p. Oxford (Reino Unido).
- BRAUN-BLANQUET, J., 1979. *Fitosociología. Bases para el estudio de las comunidades vegetales*. II. Blume Eds. 820 p. Madrid.
- BUSQUÉ, J.; FERNÁNDEZ, B.; MÉNDEZ, S.; MARTÍNEZ, P.; MALLAVIA, H.; MANRIQUE, F.J.; ZARAGOZA, C., 2003. Estudio de la defoliación específica del ovino en pastoreo y su efecto sobre la estructura de pastos de puerto de Cantabria. En *Actas de la XLIV Reunión Científica de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos*, 481-486.
- MASTERS, R.A.; SHELLEY, R.L., 2001. Principles and practices for managing rangeland invasive plants. *Journal of Range Management*, 54, 502-517.

Comunidades colonizadoras y pastoreo en la restauración de la vegetación leñosa en olivares abandonados

J. R. GUZMÁN ÁLVAREZ y R. M. NAVARRO CERRILLO

Departamento de Ingeniería Forestal. Universidad de Córdoba. Avda Menéndez Pidal s/n, 14080 Córdoba.

RESUMEN: Esta comunicación forma parte de un trabajo de investigación cuyo objetivo ha consistido en determinar los patrones de colonización de olivares abandonados en Andalucía. El objetivo del trabajo que se presenta ha sido estudiar la relación del pastoreo con la manifestación de la vegetación en las parcelas de abandono, mediante la confrontación de las comunidades vegetales presentes en 40 olivares abandonados en el dominio Bético de Andalucía, principalmente sobre litología caliza. Los resultados muestran una mayor presencia de comunidades retamoides sobre las parcelas pastoreadas (27%) que sobre las no pastoreadas (6%). Aunque no se ha realizado una aproximación detallada a la influencia del pastoreo, los inventarios permiten plantear la hipótesis de que puede ser un factor determinante en la velocidad y la definición de la trayectoria de la sucesión en este tipo de campos abandonados.

Palabras clave: Sucesión, Campos abandonados, Tierras marginales.

Plant communities and grazing on restoration of woody cover in olive groves abandoned

SUMMARY: This paper is part of a research which objective has been the study of the patterns of succession in olive old fields in Andalucía (south of Spain). Grazing influence has been measured as evidence of present or past extensive grazing management in abandoned groves. Analysis and interpretation of vegetation cover in 40 fields, mainly on basic substrate, shows a higher presence of "retamares" (*Retamo sphaerocarpa-Genistetum speciosae*) on grazed groves (27%) than in non grazed ones (6%).

Key words: Succession, Old fields, Marginal lands.

INTRODUCCIÓN

Aunque el olivar ha atravesado durante la última década por un periodo de bonanza económica, algunos de sus emplazamientos están caracterizados por presentar condiciones de acusada marginalidad del medio físico. Esta superficie de olivar marginal se ha evaluado en un 16% del olivar total andaluz (Guzmán Álvarez, 2003). El abandono, previsiblemente, será el destino de muchos de estos olivares, abandono que ya es una realidad en parcelas puntuales de Andalucía. Tras el cese del cultivo, en estos olivares se inicia un proceso de regeneración natural de la vegetación, cuyo resultado en el ámbito mediterráneo tiene un alto grado de impredecibilidad (Vallejo *et al.*, 2003) debido al alto grado de factores que pueden influir sobre la sucesión.

Esta comunicación forma parte de un trabajo de investigación cuyo objetivo ha consistido en determinar los patrones de colonización de olivares abandonados en Andalucía. El objetivo del trabajo que se presenta ha sido estudiar la relación del pastoreo con la manifestación de la vegetación en las parcelas de abandono, mediante la confrontación de las comunidades vegetales presentes en 40 olivares abandonados.

MATERIAL Y MÉTODOS

Para estudiar la reconstrucción de la vegetación natural en los olivares abandonados se ha trabajado con parcelas de abandono representativas, con la importante restricción de la superficie de olivar efectivamente abandonada en Andalucía y la datación certera de la edad de abandono. Entre 1998 y 2000 se llevaron a cabo las visitas de campo en las que se tomó nota de los atributos relativos a la vegetación colonizadora. Si bien el estudio completo (Guzmán Álvarez, 2003) comprende 101 parcelas abandonadas, en este trabajo exponemos los resultados de 40 parcelas localizadas sobre litología predominantemente básica (calizas y margas) en el dominio de las campiñas y cadenas montañosas béticas en los municipios de Baena, Nueva Carteya, Zuheros, Castro, Priego y Carcabuey (Córdoba), Archidona y antequera (Málaga), Estepa (Sevilla) y Jaén, La Guardia, Cárcheles y Alcaudete (Jaén).

Para la aproximación descriptiva se han llevado a cabo inventarios basados en el método fitosociológico (Mueller-Dombois y Ellenberg, 1974). La unidad de muestreo consistió en cuatro círculos tangenciales de 10 metros de radio que contuvieran la vegetación representativa de la parcela abandonada y dispuestos en sentido perpendicular al de máxima pendiente. Esta superficie de muestreo ha resultado del compromiso de establecer una unidad mínima de muestreo para todas las parcelas estudiadas. La determinación de los taxones se llevó a cabo mediante las obras de Castroviejo *et al.* (1986 - 1999), Tutin *et al.* (1964-1980) y Valdés *et al.* (1987). La escala de medida fue una adaptación de la de Braun-Blanquet para los inventarios (*relevés*) fitosociológicos (Mueller-Dombois y Ellenberg, 1974), recogiéndose información solamente de las especies arbustivas y arbóreas (matas, trepadoras de tipo lianoide o no, arbustos y árboles) y de las gramíneas cespitosas de gran porte. Como información adicional se anotaron aspectos relativos a la comunidad vegetal como la estrategia de dispersión de las especies presentes y su significado sucesional.

Los atributos de manejo y ambientales recopilados fueron: edad de abandono, superficie, altitud, orientación, pendiente, distancia a fuente de propágulos, presencia de brinzales o chirpiales de *Olea* y estado vegetativo de los olivos, así como una caracterización de los atributos del medio físico. Tanto la edad de abandono como la actividad ganadera fueron determinadas a través de entrevistas a agricultores y ganaderos locales.

Una vez realizado el inventario de las parcelas, se interpretó la vegetación existente en cada parcela tratando de adscribirla a una clase fitosociológica - asociación, alianza u orden - y situar esta comunidad en el contexto de las series de vegetación propuestas para la región (Rivas Martínez, 1987). En numerosas ocasiones, esta identificación fue imposible, por lo que se recogió un apelativo genérico (tomillar, romeral, encinar, etc.).

La valoración del grado de manejo ganadero no pudo ser objeto de un seguimiento exhaustivo en cada una de las parcelas estudiadas, dado que no se pudo llevar a cabo un rastreo histórico de la intensidad del pastoreo. Sin embargo, la anotación de un atributo sencillo como la presencia o no de pastoreo - ya fuera permanente u ocasional - permite comparar la vegetación presente en las parcelas pastoreadas respecto a las no pastoreadas.

RESULTADOS

La vegetación presente en cada una de las parcelas se recoge en la Tabla 1, en la que se ha recogido además la localización de la parcela de abandono (CO: Córdoba; GR: Granada; JA: Jaén; MA: Málaga), la orientación de la parcela, el grado de pendiente, la existencia o no de pastoreo, la riqueza medida como el número de especies arbustivas o leñosas, el porcentaje de cobertura arbustiva y el tipo de vegetación situado a menos de 500 m.

DISCUSIÓN

El pastoreo constituye un factor modelador de primer orden en los ecosistemas mediterráneos. No obstante, su papel es complejo y de difícil interpretación: en ocasiones puede acarrear severos riesgos para los ecosistemas (sobrepastoreo), mientras que otras veces constituye una herramienta útil de manejo (Ferrer y Broca, 1999; Zamora, Gómez y Hódar, 2001). Aunque en este trabajo no se ha profundizado en la intensidad y tipo de pastoreo, se ha tomado nota acerca de la incidencia o no de este fenómeno, puesto que su acción contribuye a explicar en muchos casos el sentido de la sucesión. En concreto, se constata la presencia de retamares en un 27% de las parcelas pastoreadas, mientras que sólo se localizan en un 6% de las no pastoreadas. La influencia del pastoreo sobre la evolución de la vegetación de los olivares abandonados calizos queda de manifiesto en las parcelas de abandono BE-12 (Zuheros) y BE-14 y BE-15 (Priego de Córdoba). La restauración ha sido facilitada por la herbivoría cuya acción nitrificante y el carácter selectivo de su predación ha conducido a la formación de retamares (*Retamo sphaerocarphae-Genistetum speciosae*) muy bien definido en BE-12 y más empobrecido en BE-14. En esta segunda parcela, la mayor altitud puede contribuir a la dominancia de la hiniesta (*Genista cinerea*) y la ausencia de *Retama sphaerocarpha*.

Tabla 1. Parcelas de muestreo de olivar abandonado.

Parcela	Término	Orienta	Pendiente	Pastoreo	Riqueza	Cobertura Arbustiva	Vegetación próxima	Comunidad
Menos de 5 años de abandono								
B-1	Baena (CO)	Solana	> 30%	No	4	65%	Olivar	*Comunidad saxícola (<i>Phagnolo saxatilis</i> - <i>Rumicetalia indurati</i>) enriquecida con <i>Asparagus acutifolius</i> , <i>Rhamnus alaternus</i>
B-2	Baena (CO)	Solana	> 30%	No	2	20%	Olivar	*Comunidad saxícola (<i>Phagnolo saxatilis</i> - <i>Rumicetalia indurati</i>)
B-3	Baena (CO)	Solana	> 30%	No	5	40%	Olivar	*Comunidad saxícola (<i>Phagnolo saxatilis</i> - <i>Rumicetalia indurati</i>)
BE-1	Nueva Carteya (CO)	Solana	> 30%	No	4	50%	Olivar	*Comunidad saxícola (<i>Phagnolo saxatilis</i> - <i>Rumicetalia indurati</i>)
De 5 a 20 años de abandono								
B-4	Baena (CO)	Solana	> 30%	No	11	70%	Olivar	*Retamar de <i>Genista cinerea</i> (<i>Retamo sphaerocarphae</i> - <i>Genistetum spaeiosae</i>) enriquecido con <i>Rhamnus alaternus</i>
B-5	Baena (CO)	Solana	> 30%	No	8	10%	Olivar	*Comunidad indefinida enriquecida con <i>Asparagus acutifolius</i> , <i>Rhamnus alaternus</i>
B-6	Baena (CO)	Solana	> 30%	Sí	8	50%	Olivar	*Comunidad saxícola <i>Helichrysum stoechas</i> , <i>Phagnolon saxatile</i> enriquecida con <i>Rh. alaternus</i> , <i>Jasminum fruticosum</i> , <i>Ostrya alba</i> .
BE-2	Archidona (MA)	Solana	15 a 30%	No	14	60%	Olivar	*Aulagar (<i>Ulex parviflorus</i>) favorecido por incendio reciente.
BE-3	Archidona (MA)	Solana	15 a 30%	No	11	50%	Olivar	*Tomillar (<i>Micromeria micranthae</i> - <i>Coridothymion capitati</i>) enriquecido con <i>Rhamnus lycioides</i> , <i>Dhapne gnidium</i>
BE-4	Campillos (MA)	Solana	15 a 30%	No	6	60%	Olivar	*Tomillar (<i>Micromeria micranthae</i> - <i>Coridothymion capitati</i>).
BE-5	Almargen (MA)	Solana	> 30%	Sí	10	10%	Espinar - Palmerar degradado	*Comunidad indefinida con <i>Marrubium vulgare</i> , <i>Urtica maritima</i> , <i>Mercurialis tomentosa</i> .
BE-6	La Guardia (JA)	Solana	> 30%	No	10	10%	Olivar	*Comunidad saxícola (<i>Phagnolo saxatilis</i> - <i>Rumicetalia indurati</i>)
BE-7	La Guardia (JA)	Solana	> 30%	No	1	5%	Tomillar con P. halepensis	*Tomillar (<i>Thymo gracile-Hypparrhenium hirtae</i>)
BE-8	La Guardia (JA)	Solana	> 30%	Sí	8	5%	Espartal - romeral	*Comunidad indefinida (<i>Phagnolon saxatile</i> , <i>Stipa tenacissima</i> , <i>Fumana thymifolia</i> , <i>Genista cinerea</i>)
BE-9	Jaén	Solana	15 a 30%	Sí	2	25%	Espinar - encinar empobrecido	*Comunidad saxícola (<i>Phagnolo saxatilis</i> - <i>Rumicetalia indurati</i>)
BE-10	Los Cárcheles (JA)	Umbria	15 a 30%	No	16	70%	Romeral - lentiscar con Pinus halepensis	*Romeral (<i>Rosmarinetalia</i>) enriquecido con <i>Fistacia lentiscus</i> , <i>P. terebinthus</i>
BE-11	Mancha Real (JA)	Solana	> 30%	Sí	8	15%	Tomillar	*Tomillar (<i>Thymo gracile-Hypparrhenium hirtae</i>)
BE-12	Zuheros (CO)	Umbria	15 a 30%	Sí	7	25%	Encinar	*Retamar (<i>Retamo sphaerocarphae</i> - <i>Genistetum spaeiosae</i>)
BE-14	Priego (CO)	Solana	< 15%	Sí	6	30%	Olivar abandonado (hacia encinar)	*Retamar (<i>Retamo sphaerocarphae</i> - <i>Genistetum spaeiosae</i>)
BE-15	Priego (CO)	Solana	> 30%	Sí	5	5%	Olivar	*Pastizal (<i>Thero</i> - <i>Brachypodium retusi</i>)
BE-16	Priego (CO)	Umbria	> 30%	Sí	3	80%	Olivar	*Comunidad de gayombas (<i>Spartium junceum</i>)
BE-17	Castro (CO)	Solana	> 30%	Sí	6	60%	Encinar empobrecido	*Comunidad saxícola (<i>Phagnolo saxatilis</i> - <i>Rumicetalia indurati</i>)
BE-18	Castro (CO)	Umbria	> 30%	No	5	10%	Arbustado - Encinar	*Pastizal (<i>Thero</i> - <i>Brachypodium retusi</i>) enriquecido con <i>Rhamnus alaternus</i> , <i>Crataegus monogyna</i> , <i>Jasminum fruticosum</i>
BE-19	Castro (CO)	Solana	15 a 30%	No	12	60%	Arbustado	*Transición de comunidad saxícola a tomillar enriquecido con <i>Lonicera implexa</i> , <i>Fistacia lentiscus</i> , <i>Crataegus monogyna</i> .
BE-20	Mocín (GR)	Umbria	> 30%	Sí	10	10%	Encinar muy empobrecido	*Tomillar muy raro e indefinido
BE-21	Estepa (SE)	Solana	15 a 30%	Sí	5	40%	Olivar	*Tomillar (<i>Teucrio lusitanici-Coridothymion capitati</i>) con <i>Ononis natrix</i>

Parcel	Término	Orienta	Pendiente	Pastoreo	Riqueza	Cobertura Arbustiva	Vegetación próxima	Comunidad
Más de 20 años de abandono								
B-7	Baena (CO)	Solana	> 30%	Sí	11	50%	Olivar	*Retamar de hiniesta (<i>Genista cinerea</i>) evolucionando hacia Arbustedo (<i>Rhamnus alaternus</i> , <i>Jasminum fruticans</i> , <i>Quercus ilex</i> , <i>Pistacia lentiscus</i>)
B-8	Baena (CO)	Umbria	> 30%	No	10	40%	Olivar	*Arbustedo (<i>Asparagus albi-Rhamnetum oleoidis</i>) con predominio de <i>Rhamnus alaternus</i>
B-9	Baena (CO)	Umbria	> 30%	Sí	9	50%	Olivar	*Retamar de hiniesta (<i>Retanion sphaerocarpace</i>) enriquecido con <i>Rhamnus alaternus</i> , <i>Coronilla juncea</i> , <i>Jasminum fruticans</i> , <i>Lonicera implexa</i>
B-10	Baena (CO)	Solana	> 30%	Sí	15	15%	Olivar	*Tomillar enriquecido (<i>Micromeria micranthae</i> - <i>Coridothymum capitati</i>)
BE-22	Antequera (MA)	Umbria	15 a 30%	Sí	11	40%	Encinar empobrecido	*Retamar (<i>Retamo sphaerocarpace-Genistetum speciosae</i>)
BE-23	Archidona (MA)	Solana	< 15%	Sí	13	50%	Olivar	*Retamar (<i>Retamo sphaerocarpace-Genistetum speciosae</i>)
BE-13	Carabuey (CO)	Solana	15 a 30%	No	19	60%	Arbustedo - encinar empobrecido	*Coscojar (<i>Asparagus albi-Rhamnetum oleoidis</i>)
BE-24	Carabuey (CO)	Solana	15 a 30%	No	12	30%	Olivar abandonado (acebuchal)	*Acebuchal (<i>Asparagus albi-Rhamnetum oleoidis</i>)
BE-25	Castro Río (CO)	Solana	> 30%	Sí	14	40%	Coscojar	*Javal de jara estepa (<i>Phlomis purpureae-Cistetum albidii</i>) hacia coscojar, con <i>Genista cinerea</i>
BE-26	Castro (CO)	Solana	15 a 30%	Sí	14	75%	Encinar empobrecido	*Javal de jara estepa (<i>Phlomis purpureae-Cistetum albidii</i>) hacia coscojar, con <i>Retama sphaerocarpa</i>
BE-27	Antequera (MA)	Solana	15 a 30%	Sí	18	40%	Tomillar evolucionado	*Tomillar (<i>Teucrio lusitanici-Coridothymum capitati</i>) con <i>Marrubium vulgare</i> , <i>Mercurialis tomentosa</i>
BE-28	Alcaudete (JA)	Solana	15 a 30%	Sí	9	40%	Romeral sobre arcillas	*Espartal (<i>Thymo gracilis</i> - <i>Stipetum tenacissimae</i>)
BE-29	Mocín (GR)	Solana	> 30%	No	9	60%	Olivar	*Espartal (<i>Thymo gracilis</i> - <i>Stipetum tenacissimae</i>) aclarado
BE-30	Cabra (CO)	Solana	15 a 30%	Sí	13	50%	Lentiscar	*Lentiscar (<i>Asparagus albi-Rhamnetum oleoidis</i>)

El significado futuro de estas comunidades retamoides es complejo. Posiblemente las comunidades densas de genísticas como *Gemista cinerea* ralentizan la progresión sucesional, dado que estos arbustos inhiben (*sensu* Connell y Slatyer, 1977) el desarrollo de especies de niveles más avanzados de la sucesión (Debussché *et al.*, 1980). La inhibición también ha sido constatada en campos abandonados en Francia, en donde se da lugar a una colonización rápida durante los primeros años y posteriormente a una elevada mortalidad de plántulas (Debussché *et al.*, 1982). Sin embargo, las especies umbrófilas pueden verse favorecidas por el desarrollo de este tipo de vegetación. Sin embargo, los retamares abiertos béticos bajo ombroclima seco o semiárido pueden promover de modo efectivo el relevo sucesional al actuar como islas de fertilidad (Pugnaire *et al.*, 1996).

En un 33% de las parcelas estudiadas en los medios béticos con una edad de abandono superior a 5 años, el proceso de reconstrucción parece estancado en comunidades incipientes que son, en general, poco diversas (comunidades saxícolas y tomillares). Como se aprecia en las parcelas estudiadas, numerosos factores pueden contribuir a esta demora, tales como el grado de pendiente, la orientación o el tipo de vegetación próxima. La influencia del pastoreo sobre el estancamiento de la sucesión no se pone claramente de manifiesto, mediante los inventarios realizados, aunque la inspección visual sugiere la hipótesis de que el sobrepastoreo en estos ambientes tan frágiles, cuando se produce, puede suponer un grave impedimento adicional al avance de la reconstrucción vegetal, como es el caso de las parcelas B-10, BE-5, BE-11, BE-17 y BE-27, incluso en el caso de que existan ecosistemas de alto grado de madurez en las proximidades. ¿Hasta cuándo queda cortocircuitada la trayectoria restauradora? Las respuestas que nos ofrecen las parcelas estudiadas a este interrogante no son concluyentes. La gran heterogeneidad del medio físico y el elevado número de factores y de interacciones a tener en cuenta – incluso a escala local – convierten en enigmático el proceso futuro de la reconstrucción vegetal, sobre todo en estos medios béticos, máxime si se han de incorporar en el modelo elementos difícilmente predecibles como el grado de incidencia del pastoreo o acontecimientos meteorológicos extremos como la incidencia de la sequía, que puede acabar con la mayoría de las plántulas establecidas (Vallejo *et al.*, 2003) o las consecuencias del cambio climático (Cheddadi *et al.*, 2001).

CONCLUSIÓN

Es previsible que en un futuro más o menos próximo se produzca un abandono efectivo de una importante fracción de olivares marginales en Andalucía (Guzmán Álvarez, 2003). Muchos de ellos están destinados a su renaturalización o asilvestramiento, dándose lugar a procesos de restauración de la vegetación que pueden ser interpretados con ayuda de la dinámica sucesional. Pero el abandono de la actividad agraria no supone – no debería suponer – el cese completo de la intervención sobre estas parcelas, dado que se puede actuar dirigiendo la trayectoria de la sucesión hacia estados deseables para el hombre, ya sea por su aprovechamiento futuro (ganadero, cinegético o paisajístico) o para evitar riesgos ambientales (entre los que destaca el derivado de la combustibilidad de la vegetación colonizadora).

En las parcelas béticas los suelos pueden llegar a estar tan degradados que apenas permiten el establecimiento de una flora ruderal saxícola de muy escasos requerimientos ecológicos. Sin embargo, localmente – sobre todo bajo condiciones de umbría en paisajes en mosaico – se puede dar lugar a una efectiva restauración de la vegetación arbustiva. Tanto en uno como en otro caso, el pastoreo puede constituir una herramienta de gestión futura para estos ecosistemas, aunque son necesarios estudios en detalle para evaluar el efecto sobre los olivares abandonados. Además del beneficio económico a corto plazo, se pueden obtener importantes beneficios sociales a medio y largo plazo. Pero ello depende de la evolución futura de dos aspectos básicos: la pervivencia de la cultura pastoril extensiva (ovina y caprina especialmente) y el adecuado manejo del ganado que evite el riesgo que supone para la evolución de la vegetación el sobrepastoreo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CASTROVIEJO, J. (dir.), 1986-2000. *Flora Iberica*. Real Jardín Botánico – CSIC. Madrid.
- CHEDDADI, R.; GUIOT, J.; JOLLY, D., 2001. The Mediterranean vegetation: what if the atmospheric CO₂ increased?. *Landscape Ecology*, **16**, 667-675.
- CONNELL, J. H.; SLATYER, RO., 1977. Mechanisms of successions in natural communities and their role in community stability and organization. *American Naturalist*, **III**, 1119-1144.
- DEBUSSCHÉ, M.; ESCARRÉ, J.; LEPART, J., 1980. Changes in Mediterranean shrub communities with *Cytisus purgans* and *Genista scorpius*. *Vegetatio*, **43**, 73-82.
- DEBUSSCHÉ, M.; ESCARRÉ, J.; LEPART, J., 1982. Ornithochory and plant succession in Mediterranean abandoned orchards. *Vegetatio*, **48**, 255-266.
- FERRER, C.; BROCA, A., 1999. El binomio agricultura-ganadería en los ecosistemas mediterráneos: pastoreo frente a "desierto verde". *Pastos* **39**, 309-344.
- GUZMÁN ÁLVAREZ, J.R., 2003. *Reconstrucción de la vegetación natural en olivares abandonados: historia, geografía y ecología del olivar marginal andaluz*. Tesis Doctoral. Universidad de Córdoba. Córdoba.
- MUELLER - DOMBOIS, D.; ELLENBERG, H., 1974. *Aims and methods of Vegetation Ecology*. John Wiley and Sons. New York.
- PUGNAIRE, F.I.; HAASE, P.; PUIGDEFÁBREGAS, J., 1996. Facilitation between higher plant species in a semiarid environment. *Ecology*, **77**, 1420-1426.
- RIVAS MARTÍNEZ, S., 1987. *Memoria del Mapa de Series de Vegetación de España*. ICONA, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid.
- TUTIN, T.G.; HEYWOOD, V.H.; BURGESS, N.A.; VALENTINE, D.H.; WALTERS, S.M.; WEBB, D.A. (eds.), 1964. *Flora Europaeae, Vol I*. Cambridge.
- TUTIN, T.G.; HEYWOOD, V.H.; BURGESS, N.A.; MOORE, D.M.; VALENTINE, D.H.; WALTERS, S.M.; WEBB, D.A. (eds.), 1968-1980. *Flora Europaeae, Vol II-V*. Cambridge.
- VALDÉS, B.; TALAVERA, S.; FERNÁNDEZ-GALIANO, E. (eds.), 1987. *Flora Vascular de Andalucía Occidental, Vol. I-III*. Ed. Ketres, Barcelona.
- VALLEJO, R.; CORTINA, J.; VILAGROSA, A.; SEVA, J.P.; ALLOZA, J.A., 2003. Problemas y perspectivas de la utilización de leñosas autóctonas en la restauración forestal. En *Restauración de ecosistemas mediterráneos*, 11-42. Ed. J.M. REY BENAYAS; T. ESPINARES PINILLA; J.M. NICOLAU IBARRA. Universidad de Alcalá de Henares. Madrid.
- ZAMORA, R.; GÓMEZ, J.M.; HÓDAR, J.A., 2001. Las interacciones entre plantas y animales en el Mediterráneo: importancia del contexto ecológico y el nivel de organización. En *Ecosistemas Mediterráneos. Análisis Funcional*, 237-268. Ed. R. ZAMORA; F. PUGNAIRE. CSIC - Asociación Española de Ecología Terrestre. Madrid.

Caracterización del aprovechamiento de pastos, hierbas y rastrojeras de la comarca de La Manchuela (Albacete)

E. JORDÁN GONZÁLEZ¹, M. V. VICENTE VALERO² y M. SELVA DENIA¹

¹Escuela de Ingenieros Agrónomos de Albacete (Universidad de Castilla-La Mancha). esteban.jordan@uclm.es

²Empresa Consultora IVA-LEYING S.A (Tèsifonte Gallego, 9. Edif. Val General 2º- Pta. 4. 02002-Albacete)

RESUMEN: Se pretende dar a conocer el sistema de aprovechamiento de pastos en Castilla-La Mancha y su gestión. Además, se aporta información de las características de los polígonos de aprovechamiento común de pastos, hierbas y rastrojeras de la Comarca de La Manchuela en la Provincia de Albacete.

Palabras clave: pastos, Comisión Local de Pastos, aprovechamiento común, gestión de pastos, ganadería extensiva.

Characterization of the management of pastures, grass and stubble field of the Manchuela region (Albacete)

SUMMARY: The objective of this job is to present the grass management system in Castilla-La Mancha. In addition to this, information about grass common management polygons characteristics of the Manchuela Region, in Albacete, is contributed.

Key words: Grazing, Pastures Local Commission, Grassland management, extensive livestock.

INTRODUCCIÓN

Castilla-La Mancha goza de gran tradición ganadera, siendo esta actividad, junto con la agricultura, la base de sustentación de gran número de municipios de esta Comunidad Autónoma desde tiempos inmemoriales. En esta Comunidad el aprovechamiento de pastos se encuentra regulado actualmente por la *Ley 7/2000, de 23 noviembre, de Ordenación del Aprovechamiento de Pastos, Hierbas y Rastrojeras* desde su entrada en vigor, en diciembre de 2000.

Se trata de una ley que articula la gestión del aprovechamiento de pastos en los diferentes términos municipales. La citada ley contempla el aprovechamiento de los pastos ordenando el territorio en polígonos de aprovechamiento. Se distinguen dos tipos de polígonos según el origen de la gestión de sus pastos:

A) Polígonos de aprovechamiento común

Se entiende por polígonos de aprovechamiento común aquellos terrenos que se aprovechan según los preceptos marcados por la *Ley 7/2000 de Ordenación de Pastos, Hierbas y Rastrojeras de Castilla-La Mancha* y la Comisión Local de Pastos. Este órgano es de obligada constitución en todos los municipios de Castilla-La Mancha, a través de las correspondientes Ordenanzas Municipales. Estos polígonos, se caracterizan además por estar constituidos por diferentes propietarios de los terrenos. Un polígono de pastos de aprovechamiento común puede presentar un número de hasta 100-150 propietarios de los terrenos. Su aprovechamiento se realiza por un solo ganadero adjudicatario de los recursos pastables.

Esta *Ley 7/2000 de Pastos* requiere a las diferentes entidades locales la diferenciación entre **terrenos pastables** y **no pastables** dentro de cada polígono de aprovechamiento común. Se definen como pastos todos aquellos productos procedentes de praderas, eriales o productos secundarios de explotaciones agrícolas o forestales que sean susceptibles de servir como alimento del ganado. En la categoría de terrenos "pastables" se distinguen los cultivos de cereal seco, los terrenos cubiertos por erial, los matorrales y montes arbolados salvo las excepciones que se comentan a continuación.

Los terrenos considerados como no pastables, y por lo tanto excluidos de las ordenaciones de aprovechamiento común son (según Ley 7/2000):

- a) Las zonas que ostenten la condición de regadío, cuando se hayan regado en una de las dos últimas campañas y las huertas.
- b) Las superficies plantadas de viñedos, olivares o frutales.
- c) Los montes catalogados de Utilidad Pública, los Conveniados y Consorciados, salvo informe contrario del órgano competente.
- d) Las fincas cercadas de modo permanente mediante setos vivos o de obra.
- e) Las fincas enclavadas en alguna de las anteriores superficies.

Aun así, las superficies enumeradas, excepto los montes señalados en el apartado c), pueden ser aprovechados con el consentimiento escrito del titular.

B) Polígonos de aprovechamiento independiente

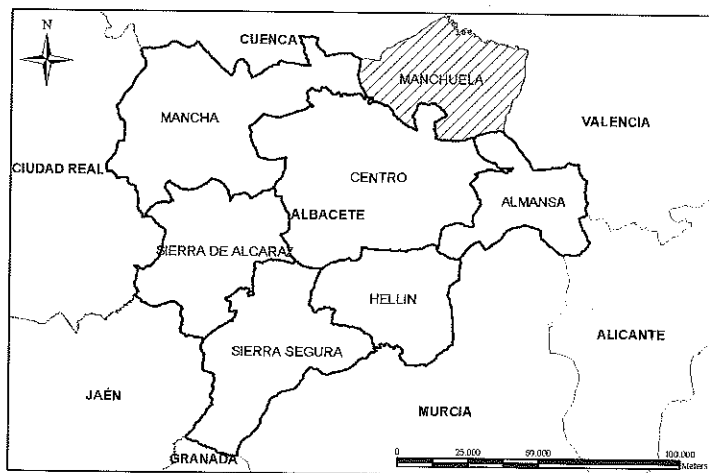
Se entiende por polígonos independientes aquellos que no se encuentran sujetos a dichos preceptos, ya que en ellos se mantiene un aprovechamiento por parte del titular de estos terrenos, o en caso de no poseer ganado él mismo, ha de realizar una agrupación ganadera tal y como define la Ley 7/2.000. Además es necesario reunir una superficie mínima para poder constituir un polígono independiente: 260 ha con ganado y 330 ha si el propietario no tiene ganado y hace una agrupación con un ganadero.

Es necesario citar el artículo 18 de la Ley, donde los terrenos incluidos dentro de las vías pecuarias se consideran de aprovechamiento libre de pastos. A pesar de la importancia de estas vías para la movilidad de los ganados, es necesario denunciar los diferentes deterioros que se ocasionan en estas áreas debido a acumulaciones de escombros, piedras de las parcelas colindantes, incursión de los cultivos de cereales, etc. Esto está suponiendo hoy en día importantes limitaciones en el aprovechamiento común de pastos, ya que importantes superficies no pueden ser pastadas al quedar enclavadas o aisladas por la desaparición de la vía pecuaria correspondiente.

MATERIAL Y MÉTODOS

A continuación se analizan las características de los polígonos de pastos de aprovechamiento común de la Comarca de La Manchuela (Provincia de Albacete). Se trata de una zona representativa de Castilla-La Mancha, en la que alternan superficies de cereal, olivar, viñedo, regadíos, superficies forestales, etc.

Localización de la zona de estudio



Para la realización del estudio de caracterización de los polígonos sometidos al aprovechamiento común de pastos, se han elegido los términos municipales de Casas Ibáñez, Casas de Juan Núñez y Jorquera, situados en esta comarca característica de La Mancha (Figura 1). Las superficies de cada término municipal son de 9000 ha para Casas Ibáñez, 8700 ha para el término de Casas de Juan Núñez y 6700 ha para el municipio de Jorquera. En total se han analizado 24 400 ha para el presente estudio.

Figura 1. Ubicación de la Comarca de estudio.

Recopilación de información

Para la caracterización de los polígonos de pastos de esta comarca se ha utilizado la información de trabajos previos realizados a las Comisiones Locales de Pastos, Hierbas y Rastrojeras de los tres Términos Municipales que se analizan. De estos trabajos se ha extraído la siguiente información de interés referente a los polígonos de aprovechamiento común:

- Superficie total (ha)
- Superficie pastable (ha)
- Superficie excluida del aprovechamiento según Ley 7/2000 (ha)

Análisis de información

Para el análisis de la superficie de cada polígono se ha utilizado el programa estadístico SPSS 11.0. Con éste se han analizados los valores medios de superficie en cada polígono para los diferentes usos del suelo contemplados anteriormente (superficie total, pastable y excluida del aprovechamiento común). Además se han obtenido los valores del error típico, y de los límites superior e inferior de la media al 95% de probabilidad.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Número de polígonos de aprovechamiento común e incidencia económica y social

En la Tabla 1 se refleja el número de polígonos de que dispone cada término municipal con sistema de gestión de aprovechamiento común de recursos pastables. Así, se desprende que el número medio de polígonos de aprovechamiento común de pastos es de 18,3 en cada término municipal. Ello significa que en cada municipio se garantiza la dependencia económica del sector ganadero con aprovechamiento extensivo de aproximadamente 15 a 20 ganaderos. En función de estos resultados se puede hacer una valoración de la incidencia económica y social del sistema en esta región.

Tabla 1. Número de polígonos de Aprovechamiento

Común por Término Municipal	
Término Municipal	Número de polígonos de aprovechamiento Común
Casas Ibáñez	14
Casas de Juan Núñez	23
Jorquera	18
Media	18,3

Este sistema de gestión garantiza al ganadero la disponibilidad y pastoreo de una amplia superficie de terreno, que sin él no sería posible. Ello es así ya que el territorio se encuentra repartido de modo que la superficie media de la que dispone cada propietario ronda las 3-4 hectáreas. Resultaría muy difícil lograr una superficie suficiente por parte de cada ganadero de modo que se pudiera dar un aprovechamiento extensivo.

Análisis de la superficie de cada polígono de aprovechamiento común

En la Tabla 2 se ofrecen resultados del análisis estadístico efectuado con los datos procedentes de los tres términos municipales objeto de estudio.

Tabla 2. Análisis de superficies en los polígonos de aprovechamiento común

Superficie por polígono	Término Municipal	Media	Error típ.	Intervalo de confianza al 95%.	
				Límite inferior	Límite superior
Total (ha)	Casas Ibáñez	456,8 ^a	61,4	333,7	579,9
	Casas de Juan Núñez	340,7 ^a	47,9	244,6	436,7
	Jorquera	318,2 ^a	54,1	209,6	426,8
	Media	362,9			
No pastable (ha)	Casas Ibáñez	285,4 ^b	34,3	216,7	354,2
	Casas de Juan Núñez	61,2 ^a	26,7	7,6	114,9
	Jorquera	87,3 ^a	30,2	26,6	147,9
	Media	126,8			
Pastable (ha)	Casas Ibáñez	171,1 ^a	42,2	86,5	255,7
	Casas de Juan Núñez	279,3 ^a	32,9	213,3	345,3
	Jorquera	230,9 ^a	37,2	156,3	305,5
	Media	235,9			
Pastable (%)	Casas Ibáñez	40,6 ^a	4,3	32,0	49,3
	Casas de Juan Núñez	83,9 ^b	3,4	77,2	90,7
	Jorquera	75,3 ^b	3,8	67,6	82,9
	Media	70,1			

a,b: letras iguales significan que la media pertenece al mismo grupo homogéneo de valores.

La superficie total media de los polígonos de aprovechamiento común en los municipios analizados ha resultado ser de 362,9 ha. Los polígonos del municipio de Casas Ibáñez son los que disponen de mayor superficie total con 456,8 ha, mientras que los de Jorquera son los de menor superficie total con 318,2 ha. No se encuentran diferencias significativas entre la superficie total de cada polígono de pastos (Figura 2).

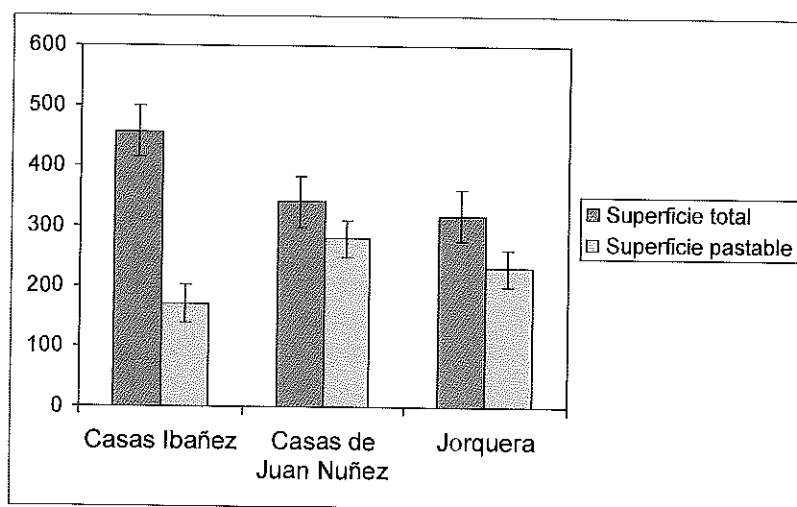


Figura 2. Superficie total y pastable (ha) por polígono de aprovechamiento común de pastos.

En lo referente a la superficie no pastable, existen diferencias significativas entre municipios. En concreto, el término de mayor superficie total media por polígono, Casas Ibáñez, es también el de mayor superficie no pastable con una media de 285,4 ha. Por ello, tan sólo el 40,6 % del territorio sometido a aprovechamiento común está siendo pastado. Esto se debe a la predominancia de terrenos dedicados a la explotación vitivinícola, siendo la actividad preponderante en esta localidad.

Los polígonos de aprovechamiento común de Casas de Juan Núñez son los que mayor superficie pastable ofrecen, coincidiendo con su cultivo mayoritario de cereal de secano. A pesar de ser el que tiene las mayores extensiones de polígonos de pastos, Casas Ibáñez es el municipio con menor proporción de terreno pastable para el aprovechamiento común. Por tanto, existe una gran influencia del tipo de cultivo predominante en cada término municipal y la superficie disponible para pastorear en régimen común de pastos (Figura 2).

Características de los recursos pastables de la comarca

El aprovechamiento óptimo de los recursos forestales y agrícolas que presenta la comarca se consigue mediante sistemas agro-silvo-pastorales. Esto permite la combinación en el calendario pastoral de los recursos pastables que se exponen a continuación:

A) Recursos sobre formaciones forestales:

- Pastizales sobre pinares de pino carrasco de densidad variable: Las especies pastables que predominan en el sotobosque son: *Juniperus oxycedrus*, *Quercus coccifera*, *Anthyllis cytisoides*, *Cistus clusii*, romero (*Rosmarinus officinalis*), *Cistus albidus*, etc.
- Pastizales dominados por Atochar-romeral: se caracterizan por la ausencia casi absoluta de *Pinus halepensis*. Las especies más representativas de esta formación son el romero (*Rosmarinus officinalis*) y el esparto (*Stipa tenacissima*).
- Pastizales dominados por la coscoja: La especie dominante es la coscoja (*Quercus coccifera*). A esta le acompañan el enebro (*Juniperus oxycedrus*), romero (*Rosmarinus officinalis*), etc.
- Pastizales de caméfitos: predomina el tomillar mixto.

B) Recursos sobre terrenos agrícolas:

Principalmente el aprovechamiento sobre estos terrenos se desarrolla en áreas ocupadas por rastrojos, barbechos y eriales. Estos terrenos agrícolas presentan gran importancia para la gestión de recursos alimentarios en épocas de bache de los recursos pastables procedentes de las áreas forestales.

En la comarca se presenta una doble problemática en lo referente al aprovechamiento extensivo de los pastizales. Por una parte, en ella predominan los terrenos de uso agrícola sobre los de uso forestal. Ello implica que la mayor parte del terreno se puede aprovechar durante un corto periodo de tiempo al año (época de rastrojeras). Por otra parte, los sistemas forestales se caracterizan por presentar unos recursos alimenticios diversos, escasos, excepcionalmente variables y complementarios en espacio, tiempo y calidad. Por lo tanto predominan los periodos con bache alimentario, que generalmente se soslayan mediante suplementación en sistemas semi-intensivos.

CONCLUSIONES

Se trata de un sistema de gestión pastoral ampliamente aceptado en Castilla-La Mancha. De este modo se garantiza el aprovechamiento extensivo de unos recursos pastables que sin la participación de este sistema no se aprovecharían de un modo tan eficaz.

Este sistema supone un apoyo a la economía local, permitiendo la permanencia de un número importante y constante de ganaderos en cada Término Municipal de Castilla La Mancha.

Los polígonos sometidos a aprovechamiento común en la comarca de La Manchuela disponen de una superficie media total de 362,9 ha, de las que tan sólo el 70 % de éstas son pastables. Así, la superficie media disponible para pastar dentro de cada polígono es de 235,9 ha.

El incremento de la superficie ocupada por viñedo en los últimos años, ha reducido la superficie pastable de los polígonos de aprovechamiento común de pastos. Otras causas de la reducción de superficies pastables

han sido la repoblación con especies forestales como consecuencia de la forestación de terrenos agrícolas, el incremento de zonas arboladas agrícolas y la conversión de terrenos a regadío.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CORTES DE CASTILLA- LA MANCHA, 2000. Ley 7/2000, de 23 de noviembre del Aprovechamiento de Pastos Hierbas y Rastrojeras en Castilla- La Mancha. BOE 5 enero 2.001, núm. 5/2001. Pág. 675.

Costes de pastoreo y de alimentación forrajera en explotaciones ovinas en proceso de adopción de innovaciones

E. MANRIQUE, A. OLAIZOLA y T. CHERTOUH

Departamento de Agricultura y Economía Agraria. Universidad de Zaragoza. Miguel Servet 177.50013. Zaragoza. E-mail: olaizola@unizar.es

RESUMEN: Se estudia la incidencia sobre el pastoreo y la alimentación forrajera, medidos en los costes que generan, de la adopción de un nuevo sistema de alimentación; todo ello en el marco de una investigación sobre la dinámica de los sistemas de producción ovina de carne y sus relaciones con el entorno natural de las explotaciones. Se parte de la información de 101 explotaciones aragonesas de una Red de Gestión Técnico-Económica. Por métodos estadísticos multivariantes y utilizando variables estructurales se han establecido cinco grupos con las explotaciones (79) con el sistema de alimentación habitual, los cuales se comparan con un grupo de 22 que han adoptado el nuevo sistema. Del análisis se desprende que las explotaciones con adopción del nuevo sistema no presentan costes de pastoreo más reducidos pero sí menores superficies arrendadas con este fin. La aportación de piensos y forrajes propios y la adquisición de voluminosos es sustituida por la ración completa. Se apunta así mismo, una mayor racionalización del trabajo con un mayor rebaño por UTA.

Palabras clave: raciones completas, ovino de carne, intensificación.

Grazing and forage feeding costs on sheep farms in the process of adopting innovations

SUMMARY: A study is carried out on the incidence that the adoption of a new feeding system has on grazing and forage feeding (measured in terms of the costs generated). The study comes within the framework of research work into the dynamics of meat sheep production systems and their relationship with the farm's natural environment. The study uses information from 101 Aragonese farms in a Technical-Economic Management Network. Through multivariate statistical methods and structural variables, five groups have been established with farms with the conventional feeding system (79) which are compared to a group of 22 which have adopted the new system. From the analysis carried out it is found that although the farms, which have adopted the new system do not have smaller grazing costs they have less rented grazing land. Providing feeds, the farms' own forage and buying fodder is replaced by complete feeding. There is also a greater rationalization of work with a greater flock per AWU.

Key words: complete feeding, sheep meat, intensification.

INTRODUCCIÓN

La mayor parte de los sistemas ovinos españoles continúan dependiendo de recursos pastorales espontáneos o cultivados. Por ello, a distribución espacial de las actividades ganaderas de rumiantes reproducen, en diferente medida, la localización de los recursos pastorales y forrajeros (Manrique *et al.*, 1992).

Las políticas agrarias de los últimos lustros han estimulado una mayor extensificación de los sistemas ganaderos apoyándose en sólidas razones de carácter medioambiental y sanitario. No obstante, Tírel (1991) señalaba frecuentes dificultades técnicas, económicas y financieras en los procesos de extensificación y hacia depender sus posibilidades de las estructuras de explotación y, en particular de las superficies disponibles. Es decir, no todas las explotaciones son susceptibles de abordar medidas de extensificación con la condición básica de mantener determinados niveles de rentas. Las explotaciones comerciales ovinas de nuestro entorno difícilmente pueden extensificarse mediante el incremento de las superficies utilizadas. Por el contrario, sus objetivos económicos y sociales pasan por el incremento de la productividad del trabajo (mayor eficiencia en el uso de factores, reducción de costes) y la mejora de las condiciones sociales del trabajo de los ganaderos.

Los avances técnicos en producción ovina de carne (genética, reproducción, alimentación, etc.) han sido relativamente limitados, lo que ha determinado un reducido crecimiento de la productividad del trabajo. A esta situación se añaden importantes restricciones derivadas de la utilización de la mano de obra y el pastoreo (Chertouh *et al.*, 2003). Con carácter general se considera que la consecución de avances en la productividad

agraria depende de la capacidad para generar tecnologías ecológicamente adaptadas y económicamente viables (Ruttan y Hayami, 1989). Por parte del agricultor su comportamiento frente a la innovación es producto de un proceso de decisión en el que las circunstancias económicas interactúan con la esfera de valores, la cultura y las actitudes (Adams, 1982). Más en concreto, la conducta innovadora está relacionada con características demográficas, clase social subjetiva, tamaño y tipo de explotación y otras socio-psicológicas del agricultor (García Ferrando, 1977).

Uno de los avances técnicos adoptados por algunas explotaciones ovinas consiste en el suministro de raciones alimenticias completas a libre disposición, que en este trabajo será denominado sistema ACLD. Esta innovación técnica puede plantear la teórica contradicción entre el necesario incremento de la productividad y de las rentas de las explotaciones y la función no productiva, social y medioambiental, de las mismas.

El objetivo de esta comunicación es analizar en explotaciones ovinas la incidencia en los costes de pastoreo y alimentación forrajera de la adopción de un nuevo sistema de alimentación más intensivo.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se ha utilizado información de una muestra de 101 explotaciones de ovino de carne, localizadas en la Comunidad Autónoma Aragonesa e integradas en la Red de Gestión Técnico-Económica de Oviaragón Soc. Coop. Los indicadores elaborados para cada explotación son medias de las campañas 1999-2000-2001. Se ha establecido una tipología entre las 79 explotaciones que mantienen el sistema de alimentación habitual a partir de algunas características estructurales (dimensión del rebaño, disponibilidades de mano de obra), indicadores referidos a los costes de alimentación, particularmente de pastoreo y resultados reproductivos (Tabla 1). Para ello, se ha realizado un Análisis de Componentes Principales (ACP) y posteriormente un Análisis Cluster Jerárquico sobre las coordenadas de las explotaciones en los tres primeros factores obtenidos en el ACP.

Con las 22 explotaciones que han adoptado el nuevo sistema ACLD se ha constituido un sexto grupo para el que se han estimado las medias de los mismos indicadores que para los grupos establecidos mediante la citada metodología estadística.

Por último, para los seis grupos se han calculado otros indicadores que hacen referencia fundamentalmente a otros costes de alimentación forrajera y pastoral.

En la discusión se ha utilizado información obtenida de los ganaderos que han respondido a una encuesta realizada a las explotaciones que han adoptado el sistema ACLD (Chertouh, 2003).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El ACP ha permitido obtener tres factores que explican aproximadamente el 71 % de la varianza total. En la Tabla 1 se indican las correlaciones de las variables con los tres primeros factores.

Tabla 1. Correlaciones obtenidas en los tres primeros factores del ACP

	Factor 1	Factor 2	Factor 3
Número de ovejas	0,779	0,413	
Mano de obra total (UTATotal)	0,726	0,567	
% Mano de obra familiar (% UTAF/UTATotal)	-0,710	-	
Coste arrendamientos forrajeros /oveja (C. Arr.F. /oveja)*	0,656	-	
Coste pastos propios /oveja (C. Pastos P/oveja)*	-	-0,874	
Coste alimentación propia /oveja (C. Alim. P/oveja)*	-	-	0,821
Fecundidad (Cordero nacidos por oveja y año)	-	-	0,757
%Varianza total explicada	37,36	18,5	14,97

Medida de adecuación muestral de Kaiser-Meyer-Olkin= 0,638; Test de Barlett: 155,076. Significación 0,000.

* En euros.

Las características de los cinco grupos de explotaciones obtenidos mediante el Análisis Cluster jerárquico se exponen en la Tabla 2. Las diferencias entre los cinco grupos de la tipología radican en la dimensión del rebaño y las disponibilidades de trabajo. Los costes que suponen los arrendamientos forrajeros por oveja tienden a aumentar con la dimensión del rebaño; por el contrario, tienden a disminuir los costes de aprovechamientos de pastos propios. Este hecho señala que el crecimiento de los rebaños de las explotaciones se hace en base a arrendamientos y no va acompañado de mayores superficies propias de la explotación. De la misma forma el porcentaje de trabajo familiar en el total disponible disminuye en la medida que aumenta la dimensión del rebaño. El número de ovejas por unidad de trabajo también es mayor como mayor es el rebaño (Tabla 3). Por el contrario, el coste del total de alimentación propia por oveja, tiene tendencia a disminuir con el aumento del rebaño.

Tabla 2. Característica medias de los diferentes grupos de explotaciones.

	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Grupo 5	Grupo 6 Sistema ACLD
N ^o explotaciones	23	17	27	11	1	22
N ^o ovejas	309	768	541	1186	3207	549
C. Pastos P./oveja*	3,98	2,00	1,74	1,41	0,20	2,79
% UTAF/UTAtotal	100	91	87	75	37	97
C. Alim. P./oveja*	10,24	9,21	11,56	6,98	0,00	6,43
UTA Total	0,85	1,65	1,35	2,22	4,10	1,19
Fecundidad	1,45	1,57	1,51	1,44	1,79	1,66
C. Arr.F./oveja*	2,82	5,46	3,60	6,41	14,84	3,23

* En euros.

Tabla 3. Otras características medias estimadas en los grupos considerados

	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Grupo 5	Grupo 6 Sistema ACLD
Ovejas/UTA	364	465	401	534	782	461
UTA/100 ovejas	0,28	0,21	0,25	0,19	0,13	0,22
Costes Pastos Totales/oveja*	6,8	7,46	5,34	7,82	14,86	6,02
%Costes Arr. Pastos/Coste Total Pastos	41,5	73,2	67,4	82	99,9	53,7
Otros piensos**/ oveja *	2,16	2,65	1,84	2,64	1,73	11,86
VoluminosoComprado/oveja*	4,55	5,23	4,92	3,42	7,37	4,11
Arrend forraj. Anual/oveja*	2,00	3,79	3,15	4,91	13,87	2,73
Arrend forraj. Temp/oveja*	0,82	1,68	0,46	1,46	0,97	0,50
% Arrend Forraj. Total/Costes Totales	7,08	14,80	8,44	13,80	18,38	6,93

* En euros; **Incluye los costes de alimentación específica en el grupo ACLD.

El grupo 1 se caracteriza por las menores disponibilidades de rebaño y trabajo. Presenta el coste en arrendamientos forrajeros por oveja más bajo y, por el contrario, el coste por oveja que suponen los pastos propios es el más elevado de todos los grupos. El grupo 2 se caracteriza por presentar unos costes por oveja del total de alimentación propia, de pastos propios y de voluminosos comprados relativamente elevados. El indicador técnico de la fecundidad es también de los más altos. El grupo 3 se caracteriza por presentar los costes por oveja generados por el pastoreo más bajos de todos los grupos; en buena medida explicado por los reducidos costes, a pesar de presentar el coste de alimentación propia más elevado de todos los grupos. En el grupo 4 destaca la importancia de los costes por oveja generados por el pastoreo, si bien como consecuencia de los arrendamientos forrajeros (82% del total) es el grupo con menores costes unitarios en alimentos voluminosos comprados. La explotación del grupo 5 es la que presenta la mayor dimensión tanto de rebaño y como de trabajo (sólo un tercio de carácter familiar). Los costes en arrendamientos forrajeros por oveja son muy

elevados y suponen prácticamente la totalidad de los costes de pastoreo. Son también los más altos los costes en voluminosos comprados por oveja. Por el contrario, los costes generados por la alimentación propia, tanto en pastos como de otro tipo de alimentos son irrelevantes.

El grupo 6 con sistema ACLD, constituido por 22 explotaciones presentan las características expresadas en las Tablas 2 y 3. La dimensión media del rebaño es de 549 ovejas, semejante a la del grupo 3. De la comparación de las explotaciones de este grupo con el resto se apuntan algunas diferencias. Los costes de arrendamientos forrajeros por oveja (3,23 €) son los más reducidos de todos los grupos y suponen una baja proporción (54 %) de los costes totales en pastos por oveja; si bien estos últimos suponen una cifra superior a la de los grupos de dimensión de rebaño semejante (Figura 1). Como consecuencia, los costes de arrendamientos forrajeros suponen también el porcentaje más bajo respecto a los costes totales de explotación (6,9 %) (Tabla 3). Por el contrario, el coste de los pastos propios por oveja (Figura 2) es más elevado que el de la casi totalidad de los grupos; aunque no así el coste de alimentación propia por oveja (que incluye además piensos y forrajes propios) que es muy inferior a la de cualquier otro grupo que la utilice y en especial a la del grupo 3.

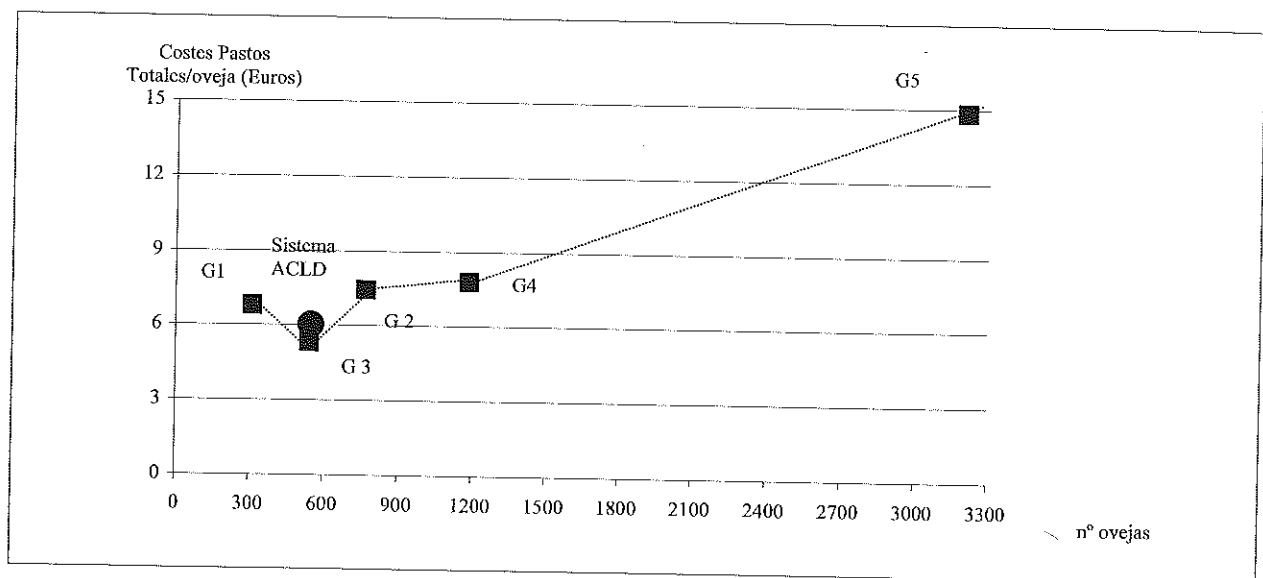


Figura 1. Relación entre los costes totales de pastoreo y la dimensión del rebaño en los grupos de explotaciones

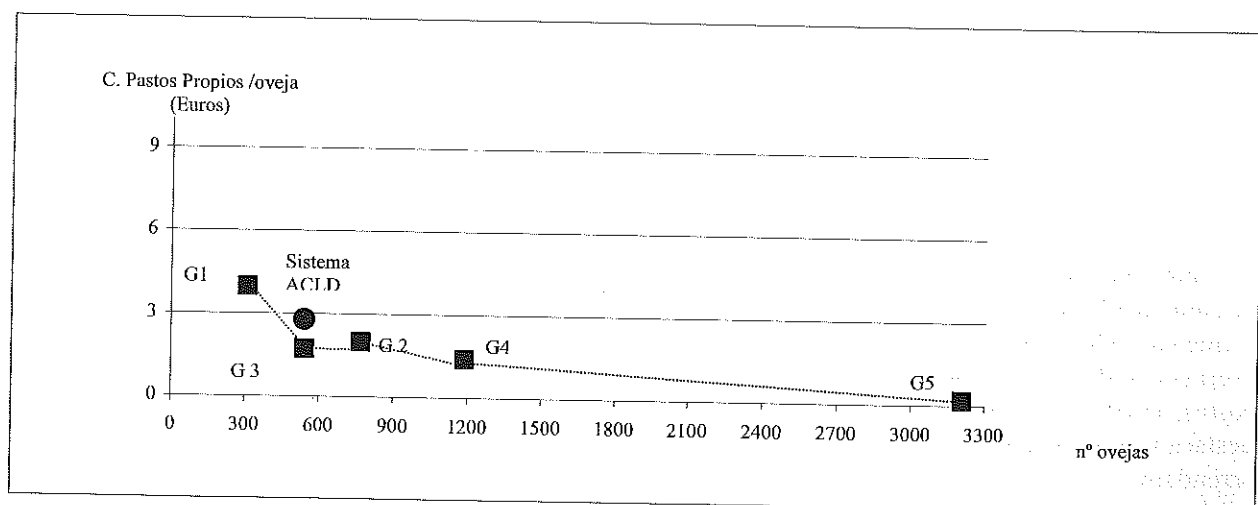


Figura 2. Relación entre los costes de pastos propios y la dimensión del rebaño en los grupos de explotaciones

Los costes de voluminosos comprados por oveja (Tabla 3) son ligeramente inferiores (4,11 €) a los del grupo con dimensión de rebaño semejante. Lógicamente son por el contrario muy superiores los costes por oveja de "otros piensos" que en el grupo 6 incluye el alimento específico del sistema ACLD.

Los resultados precedentes no contradicen la información aportada por una encuesta realizada a las explotaciones que utilizan el sistema ACLD (Chertouh, 2003). Mayoritariamente (91%) el sistema no es utilizado para la totalidad del rebaño (sólo últimos días de preñez, cría y corderas). Únicamente el 48 % dice haber introducido cambios en el tipo de animales que pastan y sólo el 26 % ha reducido el horario diario, mientras el 74 % declara no haber modificado el tiempo de duración del pastoreo, incluso con una mayor dimensión de rebaño. Sólo el 4,3 % declaró haber dejado de arrendar superficies. No obstante, desconocemos cual era la situación de partida de las explotaciones anterior a la adopción del sistema a efectos de la importancia que en ellos tenían los arrendamientos.

En cuanto a la naturaleza del trabajo utilizado, las explotaciones del sistema ACLD presentan un carácter familiar más acusado (97%). Las disponibilidades de trabajo total son inferiores a las del grupo de explotaciones con dimensión de rebaño semejante (1,19 UTA) y como consecuencia dispone de más ovejas por UTA (461) que el mencionado grupo (Figura 3) son más que la de estos mismo grupos. En la encuesta citada el 70 % de las explotaciones hablaban de "ahorro de tiempo" gracias al sistema ACLD, pero sólo en aprisco y no en pastoreo.

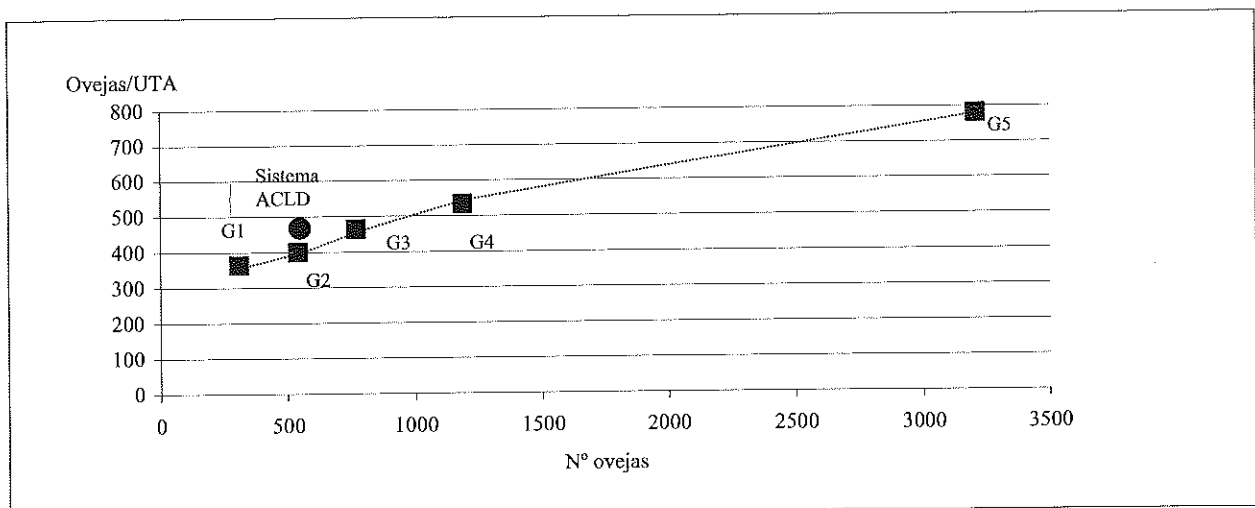


Figura 3. Relación entre la disponibilidad de mano de obra respecto al rebaño y la dimensión del rebaño en los grupos de explotaciones

Finalmente estas explotaciones presentan un índice medio de fecundidad superior a los cuatro primeros grupos analizados.

Puede concluirse que del estudio se desprende que las explotaciones con el sistema ACLD no presentan costes más bajos de pastoreo sino por el contrario superiores. Los arrendamientos forrajeros son, sin embargo, más bajos y más elevados los de pastos propios. La alimentación específica del ACLD, lógicamente más elevada, sustituye a la alimentación propia y a los voluminosos comprados cuyos costes unitarios son inferiores a los de los otros grupos. El sistema si parece incidir en la racionalización del trabajo. Utiliza menos trabajo relativo con relación al rebaño y es en mayor proporción familiar. Esta racionalización del trabajo, no obstante, no está relacionada con el pastoreo.

AGRADECIMIENTOS

Trabajo realizado en el marco de los proyectos del Gobierno de Aragón: P079/2000 "Análisis y optimización de procesos de intensificación" y 99/0057 Carne Oviaragón SCL. "Utilización de mezclas completas".

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADAMS, J., 1982. The Emptiness of peasant "rationality": demirationality" as an alternative. *Journal of Economic Issues*, **XVI (3)**, 663-672.
- CHERTOUH, T., 2003. Encuesta realizada a ganaderos de ovino con sistema de alimentación a libre disposición (ACLD). Datos no publicados.
- CHERTOUH, T.; OLAIZOLA, A. M.; MANRIQUE, E.; OLIVAN, A., 2003. Resultados reproductivos y costes de alimentación en la diferenciación de explotaciones de ovino de carne. *ITEA Vol extra 24 Tomo II*, 818-820.
- GARCÍA FERRANDO, M. 1977. *La innovación tecnológica y su difusión en la agricultura*. MAPA. Secretaría General Técnica, 300 pp. Madrid (España).
- MANRIQUE, E.; OLAIZOLA, A. M.; CHERTOUH, T., 2002. *Los recursos pascícolas como factores de localización de sistemas ganaderos extensivos*. En "Producción de pastos, forrajes y céspedes" XLII Reunión Científica de la SEEP (Lérida), 615-620.
- RUTTAN V.W.; HAYAMI, Y., 1989. El cambio técnico inducido en la agricultura. *Agricultura y Sociedad*, **53**, 19-72.
- TIREL, J.C., 1991. L'extensification chance ou défi pour les exploitations agricoles. *INRA Prod Animal*, **4 (1)**, 5-12.

Estudio de la utilización ganadera del Parque Natural de la Sierra y Cañones de Guara (Huesca) mediante un sistema de información geográfica. I. Aprovechamiento real

M. A. ASENSIO, J.L. RIEDEL, A. SANZ, R. REVILLA, A. BERNUÉS y I. CASASÚS

Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria, Gobierno de Aragón. Apdo. 727, 50080 - Zaragoza.

RESUMEN: En este trabajo se ha realizado un estudio del aprovechamiento ganadero de los pastos del Parque Natural de la Sierra y Cañones de Guara (PSCG), para lo cual se ha implementado un Sistema de Información Geográfica a partir de información cartográfica facilitada por distintas instituciones y de la obtenida mediante realización de encuestas a los ganaderos que utilizan el Parque. Se ha observado que el ganado sólo aprovecha el 53,22% de la superficie disponible en el Parque y su Zona Periférica de Protección (ZPP), con una carga media muy baja (0,15 UGM/ha). Los animales utilizan principalmente pastos arbustivos (54,2% de la superficie pastada total) y con arbolado denso (24,9%), de mayor abundancia en el Parque, y en menor proporción pastos de origen agrícola (8,6%), con arbolado ralo (7,2%), pastizales (1,4%) y superficies improductivas (3,7%). Las cargas ganaderas se relacionan con el tipo de pastos, con mayores cargas en los pastos de origen agrícola (0,64 UGM/ha), medias en los de arbolado denso (0,32) y bajas en los arbustivos (0,20). Las cargas se han asociado también a la pendiente, la altitud y la distancia a accesos, y en menor medida a la proximidad a poblaciones y ríos.

Palabras clave: Aprovechamiento ganadero, Sistemas de Información Geográfica, cargas ganaderas, tipos de pasto, factores de uso.

A GIS assessment of livestock grazing in Sierra de Guara Natural Park (Huesca). I. Actual use

SUMMARY: Use of pastures by livestock in Sierra de Guara Natural Park has been studied with a Geographic Information System. The GIS is based on cartographic information provided by different institutions and information collected from a survey conducted on all farmers whose herds use pastures within the Park. Only 53.22% of the available land is grazed, at very low stocking rates (0.15 LU/ha). The animals use mainly shrub pastures (54.2% of the grazed area) and forests (24.9%), very frequent in the Park, and less agricultural grasslands (8.6%), open forests (7.2%) or Mediterranean grasslands (1.4%). Stocking rates are related to pasture type, with higher rates in agricultural grasslands (0.64 LU/ha), and low stocking density in shrub pastures (0.20). They are also related to site slope, altitude and distance to roads, and to a lower extent, distance from villages and rivers.

Key words: Livestock grazing, Geographic Information Systems, stocking rates, pasture types, use factors.

INTRODUCCIÓN

La protección de espacios naturales bajo diversas formas administrativas tiene entre sus fines principales la conservación de los ecosistemas que los integran mediante el respeto a sus estructuras y dinámicas funcionales. Buena parte de los Espacios Naturales Protegidos en la actualidad son básicamente ecosistemas pastorales, en los que se hace necesaria la obtención de herramientas que permitan optimizar el funcionamiento de las explotaciones, y que faciliten a la administración la gestión racional de las superficies pastables.

En el caso del Parque Natural de la Sierra y Cañones de Guara, objeto de este estudio, se ha efectuado un diagnóstico de la situación actual de la ganadería (Bernués *et al.*, 2002). Las explotaciones usuarias son sobre todo de ganado ovino (87%), aunque también hay ganado vacuno (10% de las ganaderías), caprino y equino, con un censo total de 32 600 ovejas, 700 cabras, 1200 vacas y 250 yeguas. Se trata de explotaciones de marcado carácter extensivo, tanto por el gran tamaño de los rebaños como por las superficies gestionadas.

En el presente trabajo se han analizado mediante un Sistema de Información Geográfica las pautas de distribución espacial de los rebaños, el tipo de pastos utilizados (atendiendo a la clasificación de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos (SEEP)) y las cargas ganaderas. Se han determinado también los factores de distinta índole, básicamente de origen físico y antrópico, que condicionan el uso actual de los pastos. A partir de los resultados obtenidos en este trabajo, se ha determinado el potencial de pastoreo de los

pastos disponibles en el Parque (Casasús *et al.*, 2004), con el objeto de proponer posibles actuaciones para una gestión más racional de los mismos.

MATERIAL Y MÉTODOS

Para el desarrollo de este trabajo se ha implementado un Sistema de Información Geográfica (SIG) a partir de información cartográfica en formato digital facilitada por distintas instituciones (Tabla 1), y de la obtenida en encuestas realizadas a los ganaderos usuarios del Parque.

La información cartográfica utilizada en este trabajo y su procedencia es la siguiente:

- a) Información proporcionada por el Centro de Documentación e Información Territorial de Aragón, Departamento de Presidencia y Relaciones Institucionales, Gobierno de Aragón:
 - Mapa Topográfico Nacional a escala 1:25 000 en formato digital, del Instituto Geográfico Nacional. Hojas correspondientes a la zona del Parque Natural de la Sierra y los Cañones de Guara (PSCG) y su Zona Periférica de Protección (ZPP).
 - Ortofotos del SIG Oleícola, escala 1:5000, de las correspondientes hojas del MTN25.000. Elaboradas por TRAGSATEC mediante vuelo aéreo.
 - Mapa de términos municipales y localidades en Aragón a escala 1:50 000.
- b) Información proporcionada por la Dirección del Parque de la Sierra y Cañones de Guara, Departamento de Medio Ambiente, Gobierno de Aragón
 - Mapa del perímetro del PSCG y delimitación de su ZPP.
 - Mapa de carreteras y caminos del PSCG y ZPP a escala 1:25 000.
 - Mapas de distribución de puntos de agua, como infraestructuras que pudieran estar ligadas al aprovechamiento de los pastos.
- c) Información obtenida de la Confederación Hidrográfica del Ebro (www.chebro.es)
 - Mapa de la red hidrográfica de Aragón.
 - Mapa de los embalses localizados en Aragón.
- d) Información proporcionada por el Departamento de Agricultura y Economía Agraria, Universidad de Zaragoza (Broca *et al.*, 2003).
 - Mapas de tipos de pastos en la Zona de Influencia Socioeconómica del PSCG (sus 15 términos municipales) en función de los criterios de la SEEP.

La información básica sobre el aprovechamiento ganadero se obtuvo mediante la realización de encuestas a todos los ganaderos que utilizan pastos dentro del PSCG y su ZPP ($n=62$). Los datos se recogieron entre julio de 2000 y julio de 2001. Además de otros aspectos técnicos (Bernués *et al.*, 2002), los ganaderos reflejaron en dicha encuesta los censos por especies y las superficies aprovechadas por los rebaños, tanto en términos numéricos como su localización sobre distintos soportes (planos en papel y ortofotos impresas).

Para el cálculo de las superficies totales gestionadas por la explotación se digitizó mediante el programa Arc/Info la información aportada por los ganaderos, que posteriormente se exportó a ArcView GIS 3.2 (Figura 1). Con ello se obtuvo una capa de información con la distribución de los rebaños, con uno o varios polígonos de pastoreo por explotación.

La carga ejercida sobre la superficie pastada se estimó siguiendo la metodología descrita en la Figura 1, en Unidades de Ganado Mayor por hectárea (UGM/ha, a razón de 1 UGM por cabeza de ganado vacuno y equino y 0,15 UGM por cabeza de ovino y caprino).

Se consideró como unidad de cálculo a la explotación ganadera, de manera que para cada ganadería se ha calculado la carga media ejercida por todo el rebaño sobre toda la superficie gestionada por la explotación. Posteriormente, en la base de datos realizada en ArcView, a cada explotación se aplicó su dato de carga media en cada uno de los polígonos de pastoreo utilizados por el rebaño.

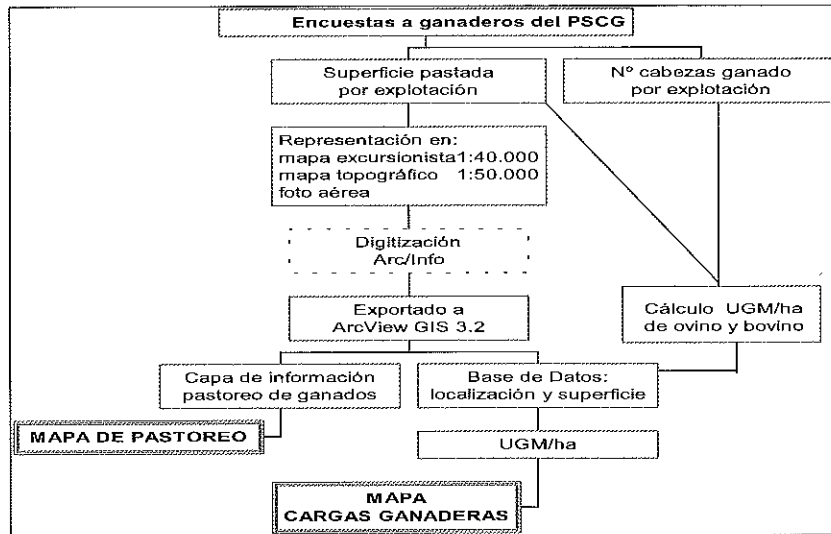


Figura 1. Metodología de cálculo de las cargas ganaderas.

Para el estudio de las pautas de distribución de los rebaños sobre la superficie se analizaron las relaciones existentes entre la carga ganadera real y diversos factores sobre los que se disponía de información espacial. En primer lugar, se determinó la contribución relativa de los distintos tipos de pasto, según la clasificación de la SEEP, a la superficie aprovechada por los rebaños, y las cargas ganaderas ejercidas sobre los mismos.

Por otro lado, se calcularon las distancias medias de cada polígono pastado a núcleos de población, pistas, ríos y puntos de agua localizados en el Parque (embalses, balsas y pozos), así como la altitud y pendiente media de cada polígono de pastoreo. Posteriormente, dichas distancias, altitudes y pendientes medias se añadieron a cada polígono en la base de datos de la capa de pastoreo. Su relación con la carga ganadera se estableció mediante el coeficiente de correlación de Pearson (Statview 5.0, S.A.S. Institute Inc.).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos tras la digitalización de las superficies pastadas por las explotaciones usuarias del PSCG y su ZPP muestran que los rebaños pastan un total de 52 112 ha repartidas tanto dentro del PSCG y su ZPP (43 372 ha), como fuera de él (8740 ha). La superficie pastada dentro del Parque supone un 53,22% del área total. La carga ganadera media observada en el conjunto del PSCG y su ZPP es muy baja, de 0,15 UGM/ha, y es destacable el hecho de que el 92% de la superficie del Parque se utiliza a cargas inferiores a 0,25 UGM/ha (Figura 2).

Los tipos de pastos presentes en el Parque, según la clasificación de la SEEP, se muestran en la Tabla 1 y la Figura 2. Por su distribución en el Parque, el pasto arbustivo es el que mayor superficie supone (49,10%), seguido del arbolado denso (29,32%), los pastos de origen agrícola (7,18%), el pasto arbolado ralo (7,05%), las zonas improductivas (5,90%) y los pastizales (0,98%).

En cuanto a su utilización por el ganado, se ha observado que los animales aprovechan mayoritariamente pastos de tipo arbustivo (54,2% de la superficie pastada total), seguidos por el arbolado denso (24,9%), los cultivos (8,6%), las áreas de arbolado ralo (7,2%) y los pastizales (1,4%). Podemos mencionar el hecho de que algunos rebaños se localizan también sobre áreas improductivas (3,7%), si bien habría que considerarlas más como una zona de paso que como un área realmente aprovechada por el ganado.

Se observó una clara selección positiva por los pastizales, relativamente escasos en el Parque, y por los pastos de origen agrícola, de los cuales se pasta el 76 y el 64% de la superficie total disponible, respectiva-

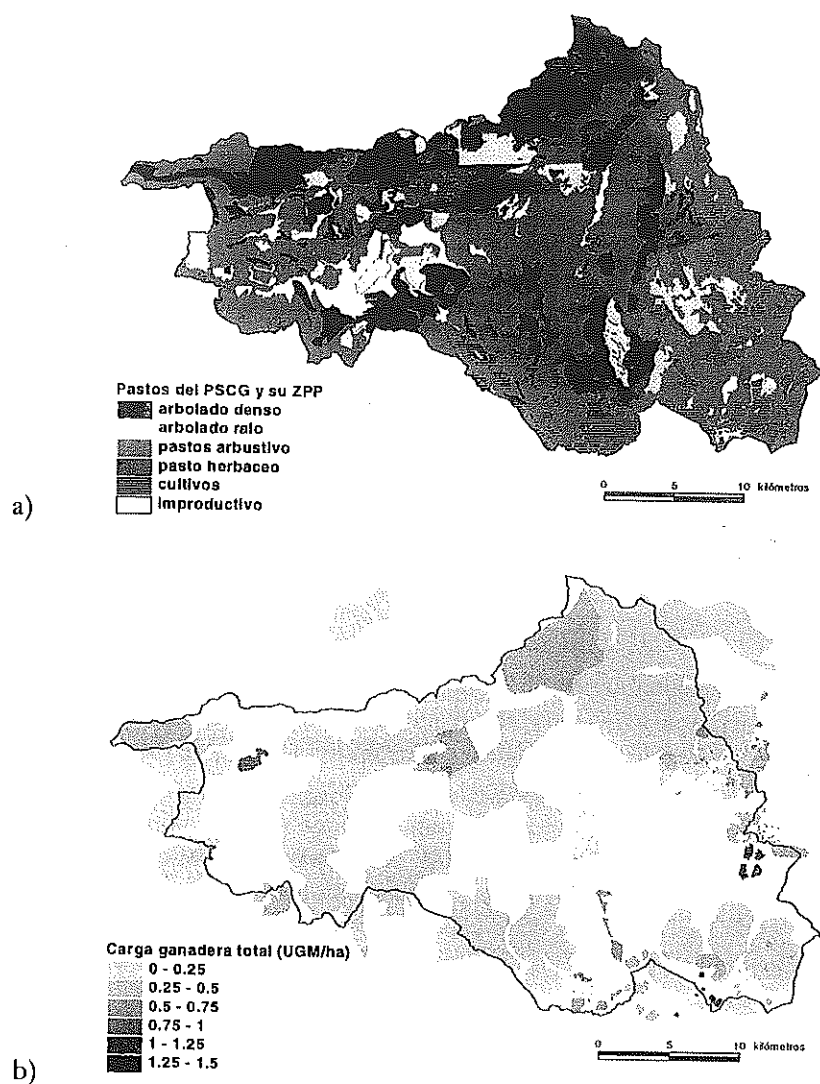


Figura 2. Tipos de pasto disponibles en el PSCG y ZPP (a) y cargas ganaderas (b).

Tabla 1. Superficies de los distintos tipos de pasto presentes en el PSCG y su ZPP. Aprovechamiento de los mismos Dentro y Fuera del arque, y cargas ganaderas medias.

	DENTRO del PSCG + ZPP			FUERA del PSCG + ZPP
	Total	Pastado		Pastado
	Superficie (ha)	Superficie (ha)	Carga ganadera (UGM/ha)	Superficie (ha)
Arbolado denso	23 895	10 783	0,32	2050
Arbolado ralo	6113	3124	0,11	388
Arbustivo	40 015	23 525	0,20	3156
Pastizal	801	609	0,19	144
Pastos de origen agrícola	5854	3727	0,64	2702
Improductivo	4813	1604	0,06	200
TOTAL	81 491	43 372	0,15	8740

mente. El grado de utilización se redujo en el caso de los pastos arbustivos (59%) y pastos con arbolado ralo (51%), mientras que la menor utilización se observó en los pastos con arbolado denso (45%), muy abundantes en el Parque.

En el mismo sentido, se observan importantes diferencias en la carga ganadera en función del tipo de pasto aprovechado (Tabla 1). Las cargas soportadas por los cultivos (0,64 UGM/ha) son claramente más altas que las del resto, lo cual refleja un aprovechamiento mucho más intensivo, seguido de los pastos con arbolado denso (0,32) y los de tipo arbustivo (0,20). Estas cargas se ajustan a las propuestas por Ascaso (1990) para el mismo tipo de pastos en función de su valoración forrajera (0,89, 0,29 y 0,22 respectivamente). En cambio, el pasto con arbolado ralo y sobre todo los pastizales muestran bajas cargas (0,11 y 0,19) frente a las cargas medias que podrían llegar a soportar por su valoración forrajera (0,29 y 0,89 UGM/ha, respectivamente), lo cual reflejaría una infrautilización. Este menor uso podría deberse, en parte, a la baja representatividad de ambos tipos de pasto en el Parque.

Finalmente, las cargas ganaderas se relacionaron con diversas variables de origen físico y antrópico (Tabla 2). La distribución de los rebaños se vio influida, en este orden, por la pendiente, altitud, distancia a pistas, distancia a los pueblos, distancia a ríos y por último la distancia a otros puntos de agua. Las correlaciones fueron significativas en el caso de la pendiente, la altitud y la distancia a pistas, y tendieron a serlo ($p < 0,20$) en el caso de la distancia a pueblos y a ríos, mientras que la correlación entre la carga y la distancia a los puntos de agua no fue significativa. Diversos autores han encontrado relaciones similares a las observadas en este trabajo, con mayores cargas en las zonas de menor altitud y pendiente y más accesibles, aunque cabría esperar una mayor relación entre carga y disponibilidad de agua (Ganskopp, 2001). Esta falta de correlación pudo deberse, en el caso de los ríos, a que en su proximidad concurren fuertes pendientes, por las características geológicas de la zona. En el caso de los puntos de agua georreferenciados, éstos no tenían como principal finalidad el uso ganadero, mientras que no se dispuso de información referida a otro tipo de puntos de agua para uso ganadero que podrían haber influido más sobre las cargas.

Tabla 2. Correlaciones de la carga ganadera con diversas variables.

	Pendiente	Altitud	Distancia Pistas	Distancia Pueblos	Distancia Ríos	Distancia Puntos agua
Correlación	0,43	0,31	0,27	0,19	0,18	0,03
	$p < 0,01$	$p < 0,05$	$p < 0,05$	$p = 0,17$	$p = 0,18$	NS

CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos en este trabajo, cabe destacar que dentro del PSCG y su ZPP el ganado sólo aprovecha el 53,22% de la superficie disponible, y que lo hace a cargas muy bajas. Los rebaños utilizan principalmente pastos arbustivos y con arbolado denso, de mayor abundancia en el Parque, y en menor proporción pastos de origen agrícola, con arbolado ralo o pastizales. Las cargas ganaderas a las que se utilizan los distintos pastos son diferentes, con un uso más extensivo de los pastos arbustivos y arbolados y más intensivo en los pastos de origen agrícola, que se relaciona con su distinto valor forrajero. Las cargas ganaderas se han asociado, además de al tipo de pasto, a diferentes variables físicas y humanas, como la pendiente, la altitud y la distancia a accesos, ríos y poblaciones.

AGRADECIMIENTOS

A la Asociación de Ganaderos de la Sierra y Cañones de Guara, y al personal técnico de la Sociedad Cooperativa Agropecuaria del Sobrarbe (SCLAS), por su colaboración. Financiación procedente de INIA (proyecto RTA 02-086-C2-2) y el Gobierno de Aragón (proyectos CONSI+D P085/2000 y CTPI 03/2001, y Dirección del PSCG).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASCASO, J., 1990. *Estudio fitocenológico y valoración de los recursos pastorales en las zonas forestales y arbustivas del Prepirineo Aragonés*. Institución Fernando el Católico, 152 pp. Zaragoza.
- BERNUÉS, A.; OLAIZOLA, A.; CASASÚS, I.; AMMAR, A.; FLORES, N.; MANRIQUE, E., 2002. Livestock farming systems and conservation of Spanish Mediterranean mountain areas: the case of the 'Sierra de Guara' Natural Park. 1. Characterisation of farming systems. En: 11th Meeting of the FAO-CIHEAM Sub-Network on Mediterranean Pastures and Fodder Crops "Rangeland and Pastures Rehabilitation in Mediterranean Areas", Djerba (Túnez).
- BROCA, A.; BARRANTES, O.; FERRER, C.; MANRIQUE, E., 2003. Tipificación de la ganadería de rumiantes de la provincia de Huesca en función de los recursos pastables y forrajeros. *Actas XLIII Reunión Científica de la S.E.E.P.*, 779-784.
- CASASÚS, I.; ASENSIO, M.A.; RIEDEL, J.L.; SANZ, A.; BERNUÉS, A.; REVILLA, R., 2004. Estudio de la utilización ganadera del Parque Natural de la Sierra y Cañones de Guara (Huesca) mediante un Sistema de Información Geográfica. 2. Aprovechamiento potencial. *XLIV Reunión Científica de la S.E.E.P.* (en este volumen).
- GANSKOPP, D., 2001. Manipulating cattle distribution with salt and water in large arid-land pastures: a GPS/GIS assessment. *Applied Animal Behaviour Science* **73**, 251-262.

Estudio de la utilización ganadera del Parque Natural de la Sierra y Cañones de Guara (Huesca) mediante un sistema de información geográfica. II. Aprovechamiento potencial

I. CASASÚS, M. A. ASENSIO, J. L. RIEDEL, A. SANZ, A. BERNUÉS y R. REVILLA

Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria, Gobierno de Aragón. Apdo. 727, 50080 - Zaragoza.

RESUMEN: Tras una caracterización previa del uso ganadero actual del Parque Natural de la Sierra y Cañones de Guara y los factores que lo condicionan, en este trabajo se ha determinado el aprovechamiento potencial de sus pastos, utilizando para ello un Sistema de Información Geográfica. Se ha desarrollado un Índice de Pastoreo Potencial en el que se consideraban, para cada polígono de pastos del Parque, el tipo de pasto, la pendiente, altitud y distancia a accesos, pueblos, ríos y puntos de agua, con distinto peso para cada variable en función de su relación con la carga ganadera. Se han obtenido cinco categorías de Potencial de Pastoreo en el Parque, localizadas geográficamente y distintas en cuanto a su tipo de pastos y características físicas. La comparación del uso real y potencial ha permitido identificar tres espacios en los que podrían realizarse actuaciones encaminadas a fomentar su aprovechamiento por el ganado. La metodología aplicada en este trabajo se perfila como una herramienta útil en la gestión medioambiental.

Palabras clave: Aprovechamiento ganadero, Sistemas de Información Geográfica, Índice de Pastoreo Potencial, espacios de actuación.

A GIS assessment of livestock grazing in Sierra de Guara Natural Park (Huesca). II. Potential use

SUMMARY: After a previous description of actual livestock utilization of pastures in Sierra de Guara Natural Park, the Potential use has been studied with a Geographic Information System. A Grazing Potential Index has been described, considering for each pasture polygon in the Park its pasture type, site slope, altitude and distance to roads, villages and rivers. Five geographically referenced categories of Grazing Potential have been obtained, that had different pasture types and physical characteristics. The comparison between actual and potential livestock use, allowed to identify three areas in which livestock utilisation of grazing resources could be enhanced, in order to improve landscape management.

Key words: Livestock grazing, Geographic Information Systems, Grazing Potential Index, enhancement areas.

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de la actividad ganadera en áreas de tradición pastoral ha contribuido a la creación y mantenimiento de un paisaje en equilibrio dinámico, hoy día alterado por los cambios acontecidos en las formas tradicionales de explotación agropecuaria. Por ello, tanto los ganaderos como los gestores de los espacios pastables han de tener como objetivo prioritario promover una gestión pastoral adecuada, que permita establecer las cargas ganaderas adecuadas a los distintos tipos de pasto. En este contexto, los Sistemas de Información Geográfica (SIG) se perfilan como una herramienta muy útil en el análisis de la información disponible, permitiendo planificar una mejor gestión ganadera (Catlin, 2002).

En el Parque Natural de la Sierra y Cañones de Guara (PSCG) se ha efectuado un diagnóstico de la situación actual de la ganadería, en el que se ha determinado el grado de aprovechamiento real de los pastos del Parque y los factores que lo condicionan (Asensio *et al.*, 2004). Basándose en dichas relaciones, el objetivo del presente trabajo es determinar el potencial de pastoreo de todos los pastos disponibles en el Parque, y detectar los desequilibrios entre su aprovechamiento real y potencial de cara a proponer actuaciones encaminadas a una mejor utilización de los mismos.

MATERIAL Y MÉTODOS

Para el desarrollo de este trabajo se ha partido del Sistema de Información Geográfica desarrollado por Asensio *et al.* (2004), mediante la aplicación ArcView 3.2.

En este SIG se disponía de información acerca de las superficies pastadas por los rebaños que utilizan el Parque y su Zona Periférica de Protección (ZPP) y las cargas ganaderas actuales. A los efectos de este trabajo, se utilizó también diversa información cartográfica en formato digital, que concernía la cartografía de los pastos del Parque según la clasificación SEEP, y la distribución de diversas variables físicas y antrópicas relacionadas con el uso de los pastos (pendiente, altitud, infraestructuras de acceso, núcleos de población, red hidrográfica y puntos de agua). La descripción de estas capas de información, las fuentes de procedencia y su proceso de elaboración se describe en el trabajo anterior.

Para el estudio del Potencial de Pastoreo de los pastos del PSCG y su ZPP se ha partido de la relación entre la carga observada y los valores de dichas variables en los polígonos pastados, así como del valor forrajero de los pastos. Con ello se ha derivado un Índice de Pastoreo Potencial de los pastos, que luego se ha aplicado a todos los pastos del Parque para caracterizar el aprovechamiento potencial de toda la superficie (Figura 1).

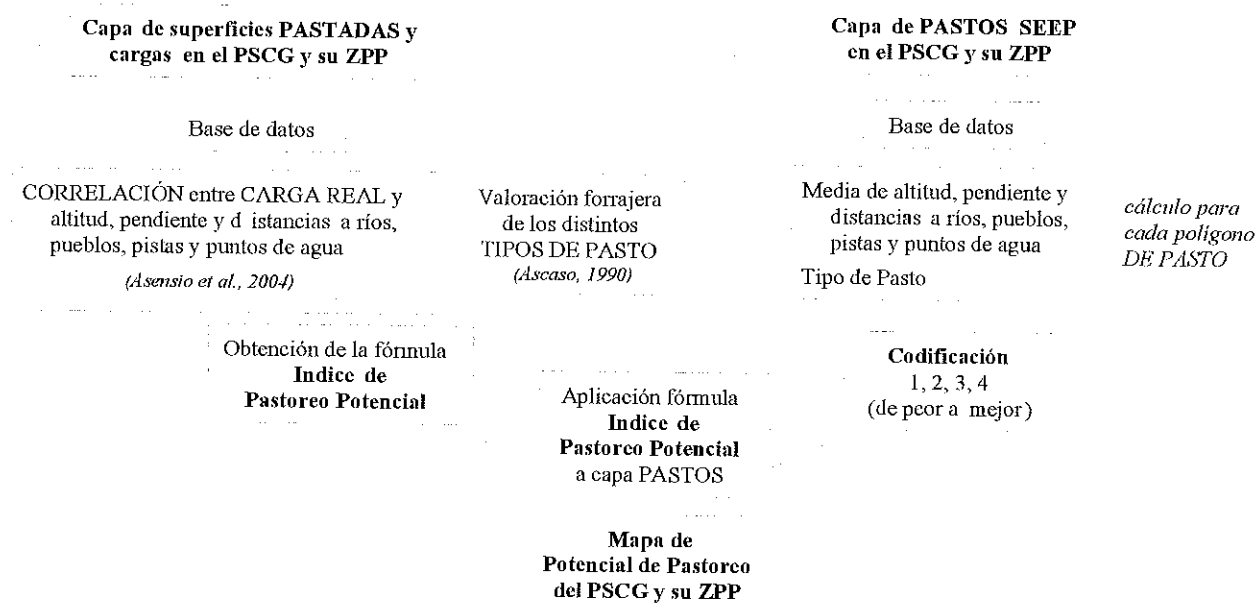


Figura 1. Metodología de determinación del Pastoreo Potencial del PSCG y su ZPP.

Con respecto a las variables físicas y antrópicas relacionadas con la carga ganadera, se han establecido rangos de valor de estas variables por su incidencia en el aprovechamiento real, y se han codificado de 1 a 4 (de menor a mayor carga potencial) (Tabla 1).

Los pastos se han clasificado en función de su valor forrajero y la carga anual que pueden soportar, utilizando para ello un estudio realizado en pastos arbustivos y forestales del Prepirineo de características similares (Ascaso, 1990). En dicho estudio se indica que los pastos herbáceos o pastizales pueden soportar una carga de 0,87 UGM/ha, el arbolado 0,29 UGM/ha y el arbustivo de 0,22 UGM/ha. En función de estos datos y los observados en el PSCG, se han atribuido los valores de 0 a 3 descritos en la Tabla 2.

Tras determinar las relaciones entre la carga ganadera real y los distintos factores de uso, así como el valor forrajero de los distintos tipos de pasto, se ha establecido de forma arbitraria un Índice de Pastoreo Potencial, aplicando a cada variable un peso en función de su relación con la carga:

Tabla 1. Codificación de las categorías de las distintas variables físicas en función de su aprovechamiento potencial (1: menor, 4: mayor)

Código	Pendiente	Altitud	Distancia Pistas	Distancia poblaciones	Distancia Ríos	Distancia Puntos agua
4	0-5 %	500-800 m	0-500 m	0-1000 m	0-500m	0-2500 m
3	5-10%	800-1100 m	500-1000 m	1000-2000 m	500-1000 m	2500-7500 m
2	10-15%	1100-1400 m	1000-1500 m	2000-3000 m	1000-1500 m	7500-12 500 m
1	> 15%	>1400 m	>1500 m	>3000 m	>1500 m	>12 500 m

Tabla 2. Codificación de los tipos de pasto en función de su aprovechamiento potencial (0: menor, 3: mayor)

Tipo de pasto	Código
Improductivo	0
Pastos arbustivos	1,5
Pastos con arbolado denso	2
Pastos con arbolado ralo	2
Pastizal	3
Pastos de origen agrícola	3

$$\text{Índice de Pastoreo Potencial (IPP)} = \text{código PASTO} \times \{ (3 \times \text{código PENDIENTE}) + (2 \times \text{código ALTITUD}) + (2 \times \text{código PISTAS}) + (1,5 \times \text{código PUEBLOS}) + (1 \times \text{código RÍOS}) + (0,5 \times \text{código PUNTOS AGUA}) \}$$

Posteriormente, este IPP se ha aplicado en la capa digital de Pastos SEEP de todo el PSCG y su ZPP. Para ello, se ha codificado el tipo de pasto de que se trataba en cada polígono, y se ha calculado en cada uno la altitud y pendiente media, y la distancia media a todas las localizaciones citadas, con sus correspondientes codificaciones.

Al aplicar la fórmula del IPP se han obtenido valores comprendidos entre 0 y 160 de Pastoreo Potencial. Para facilitar su interpretación se han englobado en 5 intervalos de potencial, mediante el método de intersección por puntos naturales de ArcView (Tabla 3).

Tabla 3. Categorías de Potencial de Pastoreo en función del valor del IPP.

	Nulo	Bajo	Medio	Alto	Muy alto
Valor del IPP:	0 - 17,3	17,3 - 43,5	43,5 - 61	61 - 100	100 - 160

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos al calcular el pastoreo potencial sobre los polígonos de pasto del PSCG y su ZPP se reflejan en la Figura 2. En la Tabla 4 se presentan las características generales de las zonas con potencial Muy Alto, Alto, Medio, Bajo o Nulo.

Se observa un notable predominio de las áreas de potencial de pastoreo Medio, mientras que el 23,5% del Parque muestra un buen potencial (Alto y Muy Alto). El grado de aprovechamiento (% de superficie pastada respecto a la total) es proporcional a su potencial, con un uso máximo en las zonas de potencial Muy Alto (71,1%), medio en las de potencial Alto y Medio (51,6% y 57,2%, respectivamente), y reducido en las de potencial Bajo o Nulo (35,7% y 30,5%, respectivamente).

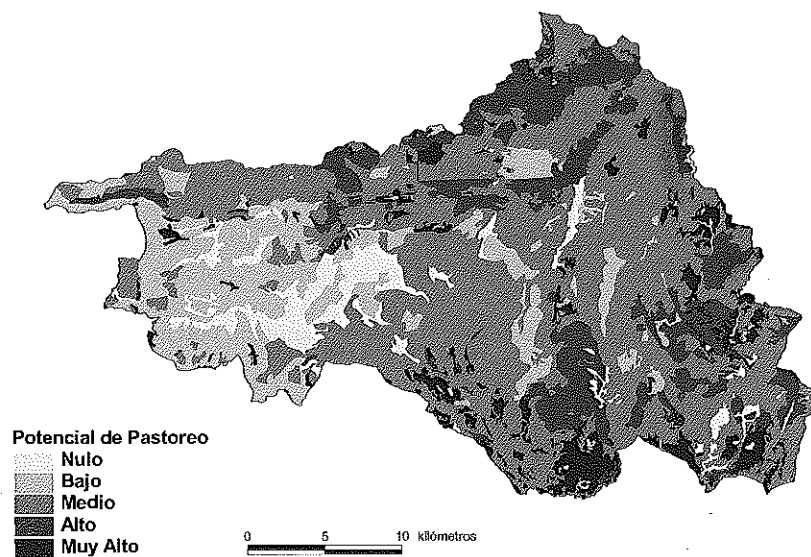


Figura 2. Distribución de las distintas categorías de Potencial de Pastoreo en los pastos del PSCG y su ZPP.

Como es lógico, los valores de las variables más influyentes en el potencial (altitud, pendiente, distancia a pueblos y pistas) aumentan claramente del potencial Muy Alto al Bajo, aunque la relación es menos evidente en la distancia a ríos y puntos de agua. En las áreas de potencial Muy alto abundan los pastos de origen agrícola; en el Alto, el arbolado denso; en el Medio y Bajo, el pasto arbustivo, y en el Nulo predomina el suelo improductivo.

Tabla 4. Características de las distintas categorías de potencial de pastoreo. Contribución relativa de los distintos tipos de pasto a cada categoría.

	Nulo	Bajo	Medio	Alto	Muy alto
<i>Superficie</i>					
Superficie total, ha	5266	13 937	43 146	13 048	6094
% de la superficie Parque (100%=81 491 ha)	6,5	17,1	52,9	16,0	7,5
Superficie Pastada actual, ha	1604	4988	25 689	6727	4337
% de la superficie Pastada actual (100%=43 372 ha)	3,7	11,5	59,3	15,5	10
<i>Características físicas de los pastos</i>					
Pendiente, %	10,9	11,6	5,8	2,7	0,6
Altitud, m	948	1160	965	937	830
Distancia a Pueblos, m	1938	2705	1978	1740	1252
Distancia a Pistas, m	448	590	337	261	175
Distancia a Ríos, m	653	874	651	544	650
Distancia a Puntos de agua, m	6408	6550	6745	8333	7065
<i>Tipos de pasto presentes</i>					
% cultivos	0	0	0	2	89
% pastizal	0	0	0	1	11
% arbolado denso	1	9	28	75	0
% arbolado ralo	0	8	5	22	0
% arbustivo	7	83	67	0	0
% improductivo	82	0	0	0	0

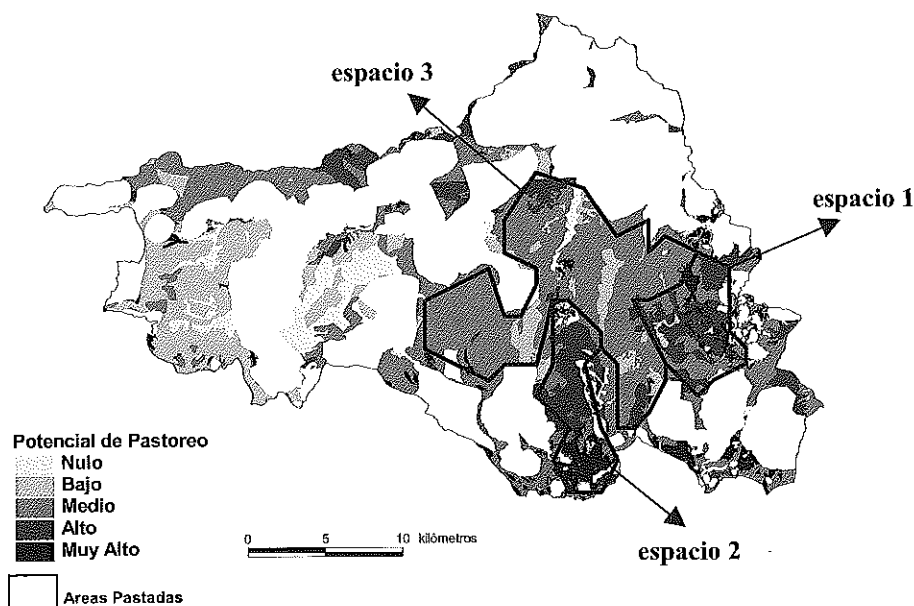


Figura 3. Detección de posibles espacios de reorientación del uso pastoral en el PSCG y su ZPP.

Como se observa en el mapa de la Figura 2, las áreas de potencial **Muy Alto** se concentran en el Sur y en el Este del Parque, en relación con la presencia de cultivos. Son zonas prácticamente llanas, a baja altitud y muy próximas a pueblos e infraestructuras de acceso, que se aprovechan en gran medida y a cargas altas. Las de potencial **Alto** se localizan en el Sur, Este y Norte del Parque, y se relacionan con zonas de arbolado denso y ralo, pastadas sólo en parte por ganado bovino y ovino en la franja Norte.

Las zonas de potencial **Medio** son las más abundantes y se localizan por todo el Parque, sobre todo en la zona centro. Son zonas relativamente accesibles, con pendientes entre el 5 y el 10%, y se aprovechan en buena parte por ganado ovino y vacuno, a cargas ganaderas medias (< 0,5 UGM/ha). Las áreas de potencial **Bajo** se localizan en el Centro, Norte y Oeste del Parque. Se trata de pasto arbustivo, con elevada pendiente (> 15%) y altitud, y alejada de pueblos, pistas y ríos. Finalmente, las zonas de potencial **Nulo** se corresponden principalmente con suelo improductivo pero también con otros tipos de pastos con características físicas "negativas" (altitud, pendiente, distancias a infraestructuras, etc.).

A partir de estos resultados, se observan diferencias entre el aprovechamiento actual (53% de la superficie del Parque) y potencial (el 77% de la superficie presenta un potencial entre Medio y Muy Alto) de los pastos de Guara. Por ello, cabría proponer actuaciones de fomento del pastoreo en determinadas zonas, para valorizar los recursos forrajeros existentes y aprovechar los efectos beneficiosos del pastoreo sobre la cubierta vegetal. En una primera aproximación se han detectado tres espacios prioritarios de actuación centrados en áreas de potencial Muy Alto, Alto y Medio (Figura 3).

El espacio 1 supone 4500 ha (de las que sólo se aprovechan 160 ha) en las que predomina el pasto arbustivo, pastos con arbolado ralo y cultivos. Se trata de zonas llanas o con muy bajas pendientes, y con alta accesibilidad por pistas, en las que podría aprovecharse la complementariedad de los recursos en los pastos de origen agrícola y los naturales.

El espacio 2, de características relativamente similares, está compuesto por zonas de potencial Alto y Muy Alto que suman 3200 ha de cultivos y pastos con arbolado, de escasa pendiente y accesibles por pistas pero escasamente aprovechados.

El espacio 3 corresponde a 15 000 ha de potencial Medio repartidas de forma difusa por el centro del Parque. Sus características ecológicas hacen prioritaria la actuación en estas zonas, ya que se trata de pastos con mayor riesgo de degradación (pastos arbustivos y con arbolado denso o ralo). Los rebaños podrían aprovechar estos pastos de forma muy extensiva (cargas de 0,2 a 0,3 UGM/ha, sobre grandes superficies), que podrían combinarse con el aprovechamiento de los espacios de actuación 1 y 2 en épocas de mayores necesidades, mediante un sistema trastermitante, que de hecho es frecuente en el PSCG.

CONCLUSIONES

La aplicación de la metodología descrita en este trabajo ha permitido analizar el aprovechamiento potencial de los pastos del Parque, y compararlo con el aprovechamiento real para detectar ámbitos que requieren actuaciones encaminadas a racionalizar su uso pastoral. Dado que el tipo de información de base utilizado está fácilmente disponible a escala nacional (Instituto Geográfico Nacional, Proyecto INIA RTA OT00-037-C17 "Tipificación, cartografía y evaluación de los pastos españoles") esta metodología podría adaptarse para el estudio de otras zonas en las que tenga interés valorar su potencial de pastoreo.

AGRADECIMIENTOS

A la Asociación de Ganaderos de la Sierra y Cañones de Guara, y al personal técnico de la Sociedad Cooperativa Agropecuaria del Sobrarbe (SCLAS), por su colaboración. Financiación procedente de INIA (proyecto RTA 02-086-C2-2) y el Gobierno de Aragón (proyectos CONSI+D P085/2000 y CTPI 03/2001, y Dirección del PSCG).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASCASO, J., 1990. *Estudio fitocenológico y valoración de los recursos pastorales en las zonas forestales y arbustivas del Prepirineo Aragonés*. Institución Fernando el Católico, 152 pp. Zaragoza.
- ASENSIO, M.A.; RIEDEL, J.L.; SANZ, A.; REVILLA, R.; BERNUÉS, A.; CASASÚS, I., 2004. Estudio de la utilización ganadera del Parque Natural de la Sierra y Cañones de Guara (Huesca) mediante un Sistema de Información Geográfica. 1. Aprovechamiento real. En: *XLIV Reunión Científica de la S.E.E.P.* (en este volumen).
- CATLIN, J., 2002. Using GIS to Assess Grazing Livestock Capacity on Public Lands. En: *22nd Annual ESRI International User Conference*, San Diego, California.

Ordenación del uso agrícola y ganadero del Parque Natural de Bardenas Reales (Navarra)

J. M. MANGADO¹, V. FERRER², J. OCHOA¹, P. PÉREZ¹, J. SAYES¹ y A. URMENETA³

¹I.T.G. Ganadero. Avda. Serapio Huici, 22 Edif. Peritos 31610 Villava. Navarra (España). ²Consultoría de Estudios y Proyectos de Pastizales. C/ Batondoa 3, Entr. B. 31006 Burlada. Navarra. (España). ³Comunidad de Bardenas Reales. C/ San Marcial 19, 31500 Tudela Navarra. (España).

RESUMEN: El Parque Natural y Reserva de la Biosfera de Bardenas Reales situado en el sudeste de Navarra y con clima semiárido ocupa una extensión de 41 800 ha. Hasta principios del siglo XX constituyó la base alimenticia de unas 300 000 ovejas. En la actualidad su uso agroganadero está en crisis y se plantea un cambio total en su planificación. Se han estudiado siete propuestas de ordenación y se han analizado y comparado utilizando criterios económicos, sociales y medioambientales. En este trabajo se presenta la propuesta que mejor armoniza estos criterios y se compara con el sistema de cultivo tradicional.

Palabras clave: rotación de cultivos, pastos semiáridos, espacios protegidos.

Ordination of farming use in the Natural Space "Bardenas Reales" (Navarra)

SUMMARY The natural space of Bardenas Reales is located in the south-east of Navarra and has a semi-arid climate. It has 41 800 ha. Before XX century, it supplied feed to 300 000 sheep. Nowadays, the farming use of this natural space is in crisis and a radical change is coming. Seven proposals have been studied according to economic, social and environmental aspects. In the present study the better proposal is presented and it's compared with the actual situation of use of this natural space.

Key words: crop rotation, semi-arid pastures, natural spaces.

INTRODUCCIÓN

Las Bardenas Reales de Navarra, declaradas como Parque Natural en 1999 y como Reserva de la Biosfera en 2000, ocupan una extensión de 41 800 ha situadas en el SE de Navarra. Su clima es mediterráneo continental. La precipitación media es de 350 mm con distribución irregular (máxima en primavera y otoño) y régimen torrencial; temperatura media de 14 °C con veranos cálidos e inviernos bastante fríos. Geológicamente pertenece a la Depresión del Ebro. Los suelos que se asientan sobre margas y calizas son cambisoles aptos para el cultivo. Sobre rocas arcillosas se desarrollan suelos menos profundos y fértiles que los anteriores (regosoles, xerosoles). En todos los casos el contenido en yeso y otras sales es alto.

Disponen del derecho de uso de los recursos de forma mancomunada 22 entes "congozantes" que son los pueblos limítrofes próximos, y dos valles pirenaicos. La gestión y administración del territorio corresponde a la Comunidad de Bardenas, entidad jurídica de representación de cada entidad congozante.

La superficie cultivada, salvo 1750 ha en regadío, lo es en secano y ocupa 20 770 ha. El cultivo predominante es cereal de invierno cultivado bajo el sistema de año/vez (Figura 1A).

El resto de la superficie está ocupada por pastos naturales (herbáceos y arbustivos) conformando un paisaje subdesértico de altísimo valor ambiental.

La superficie cultivada y los pastos naturales son la base alimenticia de una cabaña ganadera, mayoritariamente ovino de carne de raza autóctona "navarra", cifrada en la actualidad en unas 100 000 cabezas.

La explotación actual de los recursos tiene importantes limitaciones desde los puntos de vista agrícola, ganadero y ambiental. El clima incierto, unido a la escasa productividad de los suelos, determinan unos bajos rendimientos de las cosechas que se encuentran en el límite o por debajo del umbral de rentabilidad (Lezaun *et al.*, 1999).

Los recursos pastables tienen baja producción y ésta es poco predecible, tiene escasa calidad y una marcada estacionalidad.

El aprovechamiento de pastos es "a la revuelta", pastando en común todos los rebaños y compitiendo entre ellos por los recursos. Este sistema supone un alto riesgo de transmisión de parasitosis y de enfermedades infecciosas.

La permanencia del ganado cuando los recursos pascícolas agrícolas son escasos ha conducido al sobrepastoreo de los pastos naturales, provocando la degradación de los suelos, incremento de procesos erosivos, pérdida de biodiversidad y daños sobre la avifauna asociada.

Ante esta problemática la Comunidad de Bardenas cree como solución posible la implantación de divisiones ó "Distritos" de manejo ganadero individualizado y aplicando en ellos sistemas productivos que garanticen la actividad y la rentabilidad agrícola y ganadera con criterios de respeto y potenciación del medio natural.

Para ello estableció un convenio con I.T.G. Ganadero con el fin de estudiar posibles alternativas al uso agroganadero actual de Las Bardenas Reales.

En la presente comunicación se sintetizan los resultados obtenidos en este Proyecto.

MATERIAL Y MÉTODOS

Caracterización de los recursos pascícolas actuales y estudio de posibles alternativas.

Para la caracterización de los recursos se ha contemplado:

Labores de implantación: labores, materias primas y época de actuación.

Valoración pascícola: el rendimiento de cada recurso se expresa en raciones/ha.año (una ración equivale a 1,2 UFL/día; valor medio de las necesidades energéticas según ciclo reproductivo). El valor pascícola según las clases de suelo se ha calculado tomado como referencia el estudio y clasificación de los suelos de Bardenas Reales (Servicio de Estructuras Agrarias, 1998) y las experiencias realizadas en los últimos 10 años en la finca experimental de "El Serrón", gestionada por ITG ganadero (ITGg) en la localidad de Valtierra (Navarra). Los residuos de cosechas se han valorado según los datos aportados por Ferrer y Mangado (2001) y Salvatierra (2002). La valoración pascícola de los recursos naturales se ha llevado a cabo según la metodología establecida en el proyecto "Tipificación, valoración pascícola y cartografía de los recursos pastables de Navarra" (Ferrer, 1999).

Periodo de pastoreo: periodo de pastoreo óptimo asociado a la fenología del recurso pastable.

Estudio de las posibles rotaciones forrajeras aplicables a los Distritos, evaluando su adecuación a los objetivos perseguidos

Se han establecido siete rotaciones posibles. En todas ellas se ha mantenido el sistema tradicional de explotación agrícola de "año y vez", diferenciándose la hoja en cultivo y la de descanso tradicional. De cada rotación se ha analizado:

Cultivos: se representa de forma gráfica la distribución anual de los cultivos que integran la rotación, señalando las épocas de siembra, recolección, aprovechamiento, etc.

Secuenciación: se indica la sucesión de cultivos en cada hoja, o fracciones de la misma.

Recursos pastables: se indican los recursos que el ganado puede utilizar en los diferentes meses del año en cada una de las hojas en las que se divide la rotación.

Rendimiento productivo de la rotación: se obtiene a partir de la estimación de las raciones totales aportadas por los diferentes recursos según el porcentaje de ocupación de cada uno de ellos en la rotación. El rendimiento se estima para cada clase de terreno (1ª a 4ª) y, por sumatorio, para el conjunto de Bardenas.

Distribución mensual de las raciones: reparto mensual de las raciones totales producidas por los diferentes recursos pastables de acuerdo con su fenología.

Periodo de pastoreo: época de pastoreo óptimo de los distintos recursos que forman la rotación. Deriva no sólo de la propia fenología del pasto, sino también de otros factores como son los condicionantes de las medidas agroambientales.

Carga ganadera y días de pastoreo: en función de las raciones anuales producidas y del tamaño del rebaño de referencia (650 ovejas más reposición) se establece el número de éstos, los Distritos y los días de pastoreo a ración completa que permite la rotación.

Ocupación del suelo y diversidad de hábitats: se indica gráficamente la distribución mensual de los usos en las diferentes hojas y fracciones de las mismas que conforman la rotación.

Análisis comparativo de las rotaciones y propuesta de la más idónea

Se ha realizado un pormenorizado análisis de las siete alternativas consideradas atendiendo a criterios productivos, económicos, sociales y ambientales. Tal análisis ha permitido proponer la rotación que más se ajusta a los objetivos establecidos.

RESULTADOS

Dada la limitación de espacio, en la presente comunicación solo se expone la rotación propuesta (síntesis en Figura 2C), comparándose los aspectos productivos con el sistema de cultivo tradicional (Figura 1C).

Rotación propuesta

La rotación está formada por cinco tipos de recursos diferentes distribuidos en ocho partes (Figura 2A). Tres cuartas partes de la "hoja en cultivo" se siembran con cereal y, el resto (1/4), con un cultivo intercalado de avena y guisante. Dos de las tres porciones sembradas con cereal se cosechan (excepto una banda periférica de tres metros), la otra parte es pastada por el ganado con el grano maduro. El cultivo de avena-guisante se pasta en fase de grano inmaduro.

La mitad de la "hoja en descanso" se deja en barbecho (laboreo en Marzo-Abril). La otra mitad se semilla con lluejo (*Lolium rigidum* Gaud.) (25 % de la hoja) y con un cultivo asociado de lluejo y veza. Ambos se utilizan en verde, a diente por el ganado.

Se trata por tanto de una rotación a ocho años cuya secuenciación es la siguiente:

cereal → lluejo → avena-guisante → barbecho → cereal → lluejo-veza → cereal → barbecho.

Rotación propuesta vs. situación tradicional.

La aplicación de la rotación en el conjunto de la superficie cultivada en secano del Parque Natural (20 770 ha) proporciona un total de 16 656 795 raciones. En la situación actual la producción es de 2 277 379 raciones. El incremento es de 692 raciones/ha.

En la rotación propuesta se produce un número de raciones similar en las dos hojas (8 902 599 en la "hoja en cultivo" y 7 754 196 en la hoja en "descanso"). En el sistema tradicional la oferta pascícola procede fundamentalmente de los rastrojos de cereal de la hoja cultivada (1 505 825 en la "hoja en cultivo" y 771 554 en la de "descanso").

En la rotación planteada se obtiene pasto de calidad de manera continua desde febrero hasta septiembre. En la situación tradicional la oferta de pasto se concentra en primavera y otoño (Figura 1B). En la actualidad hay una veda al pastoreo entre el 1 de Julio y el 17 de septiembre.

Con la alternativa propuesta el ganado puede pastar sin salir del Parque durante ocho meses seguidos (Figura 2B). Actualmente deben salir de él durante largos periodos de tiempo.

La oferta de primavera en los cultivos es suficiente para cubrir las necesidades nutritivas del ganado. En el sistema tradicional los secanos en primavera no tienen oferta pascícola ya que la mitad de la superficie está cultivada y en la otra mitad la fecha temprana de laboreo minimiza el desarrollo de vegetación. En estas

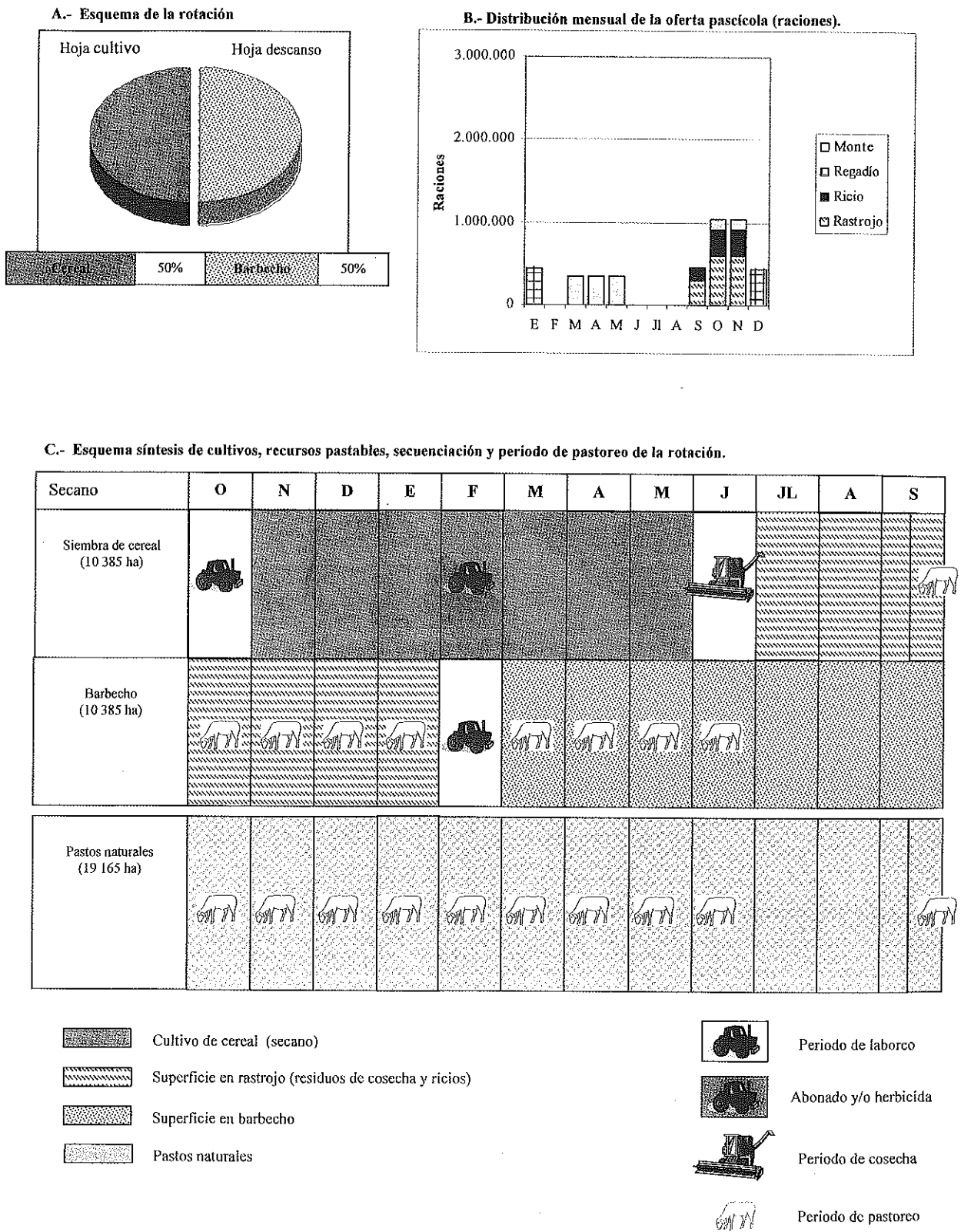
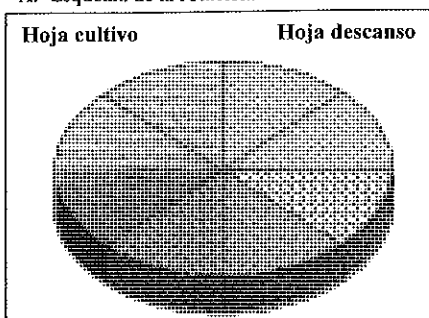


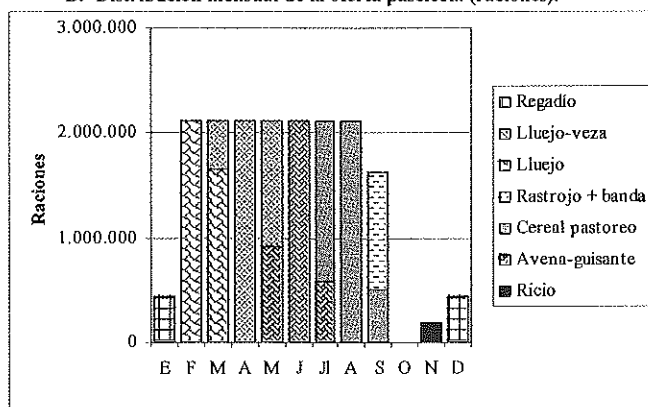
Figura 1. Sistema de cultivo tradicional.

A.- Esquema de la rotación.



Cereal (banda)	12,5%	Barbecho	12,5%
Cereal (banda)	12,5%	Barbecho	12,5%
Cereal	12,5%	Lluejo	12,5%
Avena-guisante	12,5%	Lluejo-veza	12,5%

B.- Distribución mensual de la oferta pascícola (raciones).



C.- Esquema síntesis de cultivos, recursos pastables, secuenciación y periodo de pastoreo de la rotación.

Secano	O	N	D	E	F	M	A	M	J	JL	A	S
Siembra de cereal (2597 ha)												
Lluejo (2597 ha)												
Avena-guisante (2597 ha)												
Barbecho (2597 ha)												
Siembra cereal (2597 ha)												
Lluejo-veza (2597 ha)												
Siembra cereal (2597)												
Barbecho (2597 ha)												
Pastos naturales (19 165 ha)												

	Cultivo de cereal		Periodo de laboreo
	Cultivo de avena-guisante		Herbicida
	Semillado de lluejo		Periodo de cosecha
	Semillado de lluejo-veza		Periodo de pastoreo
	Superficie en rastrojo (residuos de cosecha y ricios)		
	Superficie en rastrojo con banda periférica de 3 m sin cosechar		
	Superficie en barbecho		
	Pastos naturales		

Figura 2. Rotación propuesta.

circunstancias los rebaños se ven obligados a obtener su alimento pastando los recursos naturales. Esto favorece su degradación por pérdida de la cubierta vegetal y propicia la erosión, ya de por sí de gran magnitud en el Parque dada la aridez del clima y los materiales blandos de gran vulnerabilidad que conforman el sustrato litológico.

El ajuste de las necesidades nutritivas del rebaño de referencia a la oferta pascícola, evitando el despilfarro de pasto, implica que con la rotación propuesta el número máximo de rebaños admisibles es de 95 (61 750 ovejas más reposición). Con el sistema tradicional la carga admisible es de 46 rebaños (29 900 ovejas más reposición).

Los 95 rebaños pueden alimentarse a ración completa en pastoreo durante 236 días seguidos. Con el sistema tradicional los rebaños (46) obtienen en los secanos ración completa durante 66 días repartidos en otoño.

Con el sistema propuesto se cubren el 65% de los requerimientos anuales de los rebaños frente al 18% con el sistema actual.

Las superficies medias de secano de un distrito son 220 ha y 450 ha con la alternativa propuesta y el sistema tradicional respectivamente.

CONCLUSIONES

El sistema de rotación propuesto se muestra el más adecuado a los objetivos del proyecto desde los puntos de vista económico, social y ambiental. Asegura un pastoreo continuo y secuenciado durante la mayor parte del año de un número de rebaños acorde a la demanda social, permite mantener la actividad ganadera y agrícolica integrando ambos usos y disminuye la incertidumbre que caracteriza actualmente su actividad. A su vez favorece la conservación y mejora de los recursos naturales al minimizar el pastoreo en los pastos naturales, el incremento de la calidad agronómica de los suelos (fijación de nitrógeno, reciclaje de materia orgánica por heces, etc.), el aumento de la diversidad y calidad de hábitats y, consecuentemente, la de la fauna y flora asociadas, etc. No obstante, la aplicación del sistema que se propone no está exenta de dificultades como son la necesidad de agrupar las parcelas agrícolas, la planificación sobre el terreno de los cultivos, la necesidad de sufragar los gastos generados por el sistema (costes de las raciones producidas, infraestructuras, etc.).

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- FERRER, V.; MANGADO, J.M^a., 2001. Evaluación de la oferta pastable de los residuos de cosechas de cereal de invierno en los secanos de la Ribera del Ebro de Navarra. En *Actas de la XLI Reunión Científica de la SEEP-I Foro Iberoamericano de Pastos*, 555-561. Alicante, 2001.
- FERRER, V., 1999. Tipificación, valoración forrajera y cartografía de los recursos pastables de Navarra: protocolo metodológico. Servicio de Estructuras Agrarias. Sección de Suelos y Climatología. Gobierno de Navarra.
- LEZAUN, J.; IRAÑETA, I.; LAFARGA, A.; SAYES, J.; OCHOA, J.; ASTRAIN, C., 1999. Secanos semiáridos de Navarra. Recursos agrícolas, ganaderos y medioambientales. ¿Cómo compatibilizarlos?. *Navarra agraria* 114, 12-26.
- SALVATIERRA, M^aA., 2002. *Evaluación de la oferta pastable de los residuos de cosecha de cereal de invierno en los secanos de Navarra*. Trabajo fin de carrera. I.T.A. Universidad Pública de Navarra. 72 pp.
- SERVICIO DE ESTRUCTURAS AGRARIAS, 1998. *Mapa de suelos de las Bardenas Reales a escala 1/25 000*. Servicio de Estructuras Agrarias. Sección de Suelos y Climatología. Gobierno de Navarra.

Producción de fruto y grado de defoliación como indicadores de vigor en *Quercus ilex* y *Quercus suber*. Influencia de diferentes condiciones edáficas en su evolución

D. CARBONERO MUÑOZ, A. BLÁZQUEZ CARRASCO y P. FERNÁNDEZ REBOLLO

Departamento de Ingeniería Forestal. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos y de Montes. Universidad de Córdoba. Avda Menéndez Pidal s/n. 14080 Córdoba (España)

RESUMEN: Es múltiple el papel del arbolado en la dehesa. Destaca su función productiva (fruto, ramón, leña y corcho), y su función ecológica que contribuye a diversificar los ambientes del sistema y a su estabilización. La situación tan delicada que actualmente atraviesan las dehesas requiere de recomendaciones para su sostenibilidad, y esto no es posible hacerlo sin el fundamento de estudios concretos. Este trabajo pretende conocer el vigor y la capacidad de recuperación de masas de *Quercus* tras la fuerte sequía sufrida entre los años 1980 al 1995, a través del grado de defoliación y de la producción de bellota, así como aproximar la posible influencia de diferentes condiciones edáficas sobre estos factores. Para ello se tomaron datos de defoliación y producción en 758 árboles durante cuatro años consecutivos. Existe una reducción en la producción cuando se supera un determinado porcentaje de defoliación de copa. Además se observa la influencia de factores como la textura, materia orgánica, fósforo y potasio sobre estos dos parámetros: existe una mayor defoliación en suelos poco fértiles y con escasez de materia orgánica. Esto podría ser importante si tenemos en cuenta la intensificación de los usos que está ocurriendo y que conducen a un empobrecimiento progresivo de los mismos.

Palabras clave: Sequía, textura, dehesa, encina y alcornoque.

Acorn production and defoliation as vigour signs in Quercus spp. Connections with edaphic conditions

SUMMARY: Current work tries to analyse connections between acorn production and tree defoliation, and its role as tree vigour signs. Also this work tries to know if different edaphic conditions affect these parameters. To get these aims, it was measured acorn production and defoliation (%) in 758 trees during four years. This work finds several connections between production, defoliation and edaphic conditions. One of the most important connections was that as organic matter decreases, defoliation increase. This point is important enough, if we take into account the soils gradual impoverishment in many "dehesa" farms because of the uses intensification.

Key words: Drought, texture, dehesa, holm oak, cork oak.

INTRODUCCIÓN

Los sistemas adeshados atraviesan hoy por hoy, una situación muy delicada, ya que el periodo de sequía sufrido de 1980 a 1995, y el progresivo aumento de las temperaturas medias debido al cambio climático, están provocando una pérdida de vigor del arbolado. Este hecho puede medirse a través de parámetros como la defoliación y la producción de fruto (Navarro y Fernández, 2000). Esta pérdida de vigor no es independiente del medio en el que se encuentre el árbol sino que está fuertemente influida por factores edáficos, selvícolas, etc. Este trabajo pretende conocer el vigor y la capacidad de recuperación de los árboles a través de dos parámetros: el grado de defoliación y la producción de bellota. Asimismo se tratará de aproximar la influencia de distintas condiciones edáficas sobre estos dos factores.

MATERIAL Y METODOS

Para la realización del estudio se eligieron 19 fincas de dehesa situadas en las provincias de Córdoba, Huelva, Sevilla y Málaga. De cada finca se seleccionaron dos cercados, y en cada uno se eligieron 20 árboles, estimándosele a cada uno la defoliación y la producción de bellota. En total fueron 758 pies (684 encinas y 74 alcornoques).

Se entiende por defoliación la pérdida de hojas que sufre el árbol en la parte de su copa evaluable. La defoliación responde a muchos factores de estrés y es un valioso indicador del estado del árbol. Nuestra evaluación está basada en una comparación entre la condición de la copa del árbol que se va a examinar y una copa considerada normal para un árbol referencia en el mismo estado de desarrollo y en condiciones similares. La defoliación de la copa es estimada en valores de porcentaje, con una escala ascendente de intervalos del 5% entre 0 y 100: los extremos de la escala indican respectivamente un árbol perfectamente sano y uno muerto (Sánchez *et al.*, 1994). Para la estimación de la producción se realiza un muestreo por toda la superficie visible de la copa del árbol, con un marco de 20*20 cm (400 cm²) en el que se contarán las bellotas contenidas en esa superficie, hasta realizar un mínimo de 50 conteos. Una descripción más exhaustiva del método puede consultarse en Vázquez (1998). Ambas medidas se realizaron durante los meses de septiembre y octubre de los años 2000, 2001, 2002 y 2003 en el caso de la defoliación y en los años 2001, 2002 y 2003 en el caso de la producción. En todos los casos, éstas fueron realizadas por la misma persona.

De cada parcela se obtuvo anualmente un análisis de suelo que incluía datos de textura, materia orgánica, fósforo y potasio asimilable. Los contenidos en estos elementos se han tipificado como muy bajos, bajos, normales, altos y muy altos según Yáñez (1989). Los datos meteorológicos se han recogido en estaciones cercanas a las fincas (Tabla 1).

Tabla 1. Distribución de fincas y del arbolado. Precipitación anual (octubre-septiembre) en las estaciones meteorológicas en un año medio y en los cuatro años considerados

Provincia	Estación meteorológica	Nº árboles	Precipitación anual (mm) Octubre-Septiembre				
			Año medio	1999/00	2000/01	2001/02	2002/03
Córdoba	Villanueva de Córdoba	360	558	558,1	726,7	582,8	509,8
Huelva	Alájar	160	1174	1097	1650,9	1297,3	1427,8
	Zalamea de la Serena	40	656	668,3	706	784,9	691
Sevilla	Cazalla de la Sierra	118	859	830,1	1057,8	656,8	877,7
Málaga	Ronda	40	630	450,8	800,3	452,6	526,6
	Alpandeire	40	1054	980,9	1343,6	700,5	870,7

La prueba de homogeneidad de las varianzas se realizó mediante el test de Levene, considerándose significativos los resultados cuando se haya garantizado ésta. La producción y defoliación se han evaluado mediante análisis de la varianza considerando como factor de variación la textura, materia orgánica, fósforo y potasio. En los casos en que se observaron diferencias significativas se utilizó el test de Scheffé para establecer grupos homogéneos. El análisis interno de la defoliación y producción entre años empleó la prueba t de Student. El nivel de confianza exigido para aceptar resultados significativos fue del 95%.

RESULTADOS

El análisis de la evolución de la defoliación indica una recuperación progresiva del arbolado, especialmente acusada del 1º al 2º año de análisis y del 3º al 4º. En cuanto a la producción, el análisis global nos muestra que no existen diferencias entre años (Tabla 2). La climatología durante estos años se ha caracterizado por unas temperaturas suaves y sin heladas en primavera y otoño, y por una precipitación repartida durante el otoño, invierno y primavera.

Tabla 2. Producción media anual (nº bellotas/20*20cm) y defoliación media anual (% copa) (medias y error estándar).

	Producción	E.E.	N	Defoliación	E.E.	N
2003-2004	1,48 ^a	0,040	758	19a	0,32	756
2002-2003	1,35 ^a	0,042	757	21b	0,26	756
2001-2002	1,33a	0,051	758	20b	0,27	758
2000-2001				24c	0,28	749

Medias con la misma letra según años no difieren significativamente (P<0,05)

Para ver si existe alguna relación entre la producción de bellota y la defoliación que sufre el árbol, hemos comparado la producción el año siguiente en que fue medida la defoliación (Tabla 3), ya que el vigor de un árbol va a influir en la producción de bellota los meses anteriores a la formación de la misma. La defoliación afecta a la producción, aunque esta influencia varía con el año en que se toman los datos. Sólo en las montaneras del 2002/03 y del 2003/04 puede observarse que a partir del 25% de defoliación, la producción disminuye.

Tabla 3. Producción media anual (nº bellotas/20*20 cm) en el año n y según la defoliación de la copa en el año n-1.

Defoliación	Prod. 2003/04 - Def. 2002/03		Prod. 2002/03 - Def. 2001/02		Prod. 2001/02 - Def. 2000/01	
	Producción	N	Producción	N	Producción	N
>35%	0,55a	17	0,52a	20	0,7a	32
>25% y ≤ 35%	1,01ab	108	1,19ab	81	1,17a	187
>20% y ≤ 25%	1,38bc	142	1,38b	132	1,29a	188
>15% y ≤ 20%	1,47bcd	254	1,37b	252	1,35a	192
>10% y ≤ 15%	1,71cd	171	1,44b	188	1,74a	139
≤ 10%	2,11d	66	1,42b	84	0,97a	9

Medias con la misma letra según intervalos de defoliación no difieren significativamente (P < 0,05)

La evolución anual de la defoliación realizada con una t de Student, muestra que del año 1º al 2º existe una fuerte recuperación del arbolado (año de lluvias abundantes), del 2º al 3º (otoño e invierno muy húmedos y muy templados) empeora, y del 3º al 4º vuelve a mejorar (año de lluvias escasas pero bien repartidas). La producción alcanza valores similares el 2º y 3º año, siendo ambos inferiores a los obtenidos en el 4º, lo que puede ser achacado a la vecería.

El análisis de los datos indica que cuando la textura de los suelos es más pesada hay una tendencia a que el estado del árbol sea mejor (Tabla 5). En suelos franco-arenosos, se produce una disminución de la defoliación más inmediata en el 1º año. Y en suelos arenosos, esta disminución de la defoliación es más lenta y ocurre al final del periodo considerado, tras años de lluvias abundantes. La producción (Tabla 4) siempre es menor en suelos arenoso-francos.

Tabla 4. Producción media anual y total (nºbellotas/20*20 cm) en función de la textura del suelo* (medias y error estándar).

Textura	2001/02		2002/03		2003/04		Producción total	
	Producción	E.E	Producción	E.E	Producción	E.E	Producción	E.E
Tipo IV	1,7b	0,15	1,37ab	0,10	1,81b	0,11	1,63b	0,07
Tipo III	1,20a	0,13	1,73b	0,11	1,46ab	0,10	1,34a	0,07
Tipo II	1,29ab	0,07	1,25a	0,06	1,47ab	0,07	1,46ab	0,04
Tipo I	1,17a	0,09	1,35a	0,11	1,19a	0,08	1,24*	0,06

*En función de la textura los suelos se han clasificado en: Tipo I: Arenoso-franco, Tipo II: Franco arenoso, Tipo III: Franco, y Tipo IV: Arcilloso, Franco-arcilloso y Franco-limoso

Medias con la misma letra según textura no difieren significativamente (P < 0,05)

Tabla 5. Defoliación media anual (% copa) y evolución de la misma (defoliación_{año n} - defoliación_{año n-1}) en función de la textura del suelo*.

Textura	Defoliación media				Defoliación 2001- Defoliación 2000	Defoliación 2002- Defoliación 2001	Defoliación 2003- Defoliación 2002
	2000	2001	2002	2003	Diferencia media	Diferencia media	Diferencia media
Tipo IV	22	19	19	18	1,93*	-0,29ab	1,14a
Tipo III	24	21	21	21	2,07*	0ab	0,76a
Tipo II	25	20	21	19	4,72b	-1,51a	2,29ab
Tipo I	25	23	22	18	1,66*	1,80b	3,70b

*En función de la textura los suelos se han clasificado en: Tipo I: Arenoso-franco, Tipo II: Franco arenoso, Tipo III: Franco, y Tipo IV: Arcilloso, Franco-arcilloso y Franco-limoso

Medias con la misma letra no difieren significativamente (P < 0,05)

DISCUSIÓN

La disminución progresiva y lenta de la defoliación a lo largo de estos cuatro años (Tabla 2), es una característica propia de los *Quercus* ya que son especies tolerantes a la sequía. Frente a este factor desarrollan una estrategia conservadora ya que, a pesar de que se den buenas condiciones climáticas su respuesta y recuperación es más lenta que en el caso de otras especies adaptadas a unas mayores precipitaciones cuya respuesta suele ser más rápida (Fekedulegn *et al.*, 2003). En cuanto a la producción, la climatología favorable y parecida a lo largo de estos cuatro años, sin presencia de factores que puedan afectar drásticamente a la misma como heladas durante la floración, carencia de lluvias durante el otoño, etc., ha propiciado unas producciones similares a lo largo del estudio. Esta estabilidad en la producción cuando no se dan factores agresivos es apoyada por Healy *et al.* (1999) y Abrahamson y James (2003), que hablan del comportamiento cíclico de los individuos pero no de las poblaciones. La defoliación es un parámetro más sensible a la hora de indicar el vigor de un árbol que la producción, ya que ésta guarda una relación poco clara con factores como el estado fisiológico del pie, la vecería del individuo, el clima, la especie, la fertilidad del suelo o la adaptación local de la población (Abrahamson y James, 2003).

A pesar de esto, existe un momento en el que el vigor del árbol afecta a la producción. El punto en el que esta disminución ocurre, no es fijo todos los años ya que la producción se ve influenciada por muchos factores, pero a la vista de los datos parece que a partir de una defoliación moderada ($\geq 25\%$) los árboles ven disminuida su producción (Tabla 3).

Distintos autores (Demchik y Sharpe, 2000, Kloss y McBride, 2002, Abrahamson y James, 2003) indican que la mayor capacidad de producir biomasa de distintas especies de árboles, está influenciada por factores relacionados con la mayor fertilidad y disponibilidad de agua en el suelo a lo largo de todo el ciclo productivo. Este hecho es corroborado por nuestros datos: a texturas más pesadas (Tabla 5), a mayores contenidos en materia orgánica (Tabla 6) y en fósforo y potasio (Tablas 7 y 8), mayor capacidad de recuperación. El hecho de que la relación de la defoliación con la textura del suelo no sea más evidente, habla mucho a favor de las adaptaciones locales de los individuos a las condiciones en que vegetan (Kloss y McBride, 2002, Abrahamson y James, 2003). En las tablas 5 y 8, podemos observar la escasa capacidad de recuperación de los pies que vegetan en suelos de textura arenosa y/o con niveles muy bajos de potasio. Este hecho es también corroborado por Demchik y Sharpe (2000) que indica la mayor mortalidad y tendencia al decaimiento por estrés en suelos pobres, así como el papel que juega el potasio en una mayor resistencia a enfermedades y estrés.

El único factor que presenta una relación clara con la producción es la textura del suelo (Tabla 4). Abrahamson y James (2003) indican una relación más estrecha de la producción con la disponibilidad de agua en el suelo que con la precipitación, ya que el primer punto tiene una relación más directa con la fisiología de la planta. Como es lógico, con texturas más pesadas, el suelo es capaz de almacenar y retener una mayor cantidad de agua.

CONCLUSIONES

El trabajo muestra a la defoliación de la copa como un indicador más sensible del estado de vigor de un árbol que la producción, aunque parece demostrado que superando un determinado porcentaje de defoliación, la producción se ve afectada. La capacidad de retener agua también es un factor que influye en la defoliación de un árbol y en su producción, aunque no de una manera tan clara como podría esperarse debido quizás a las adaptaciones locales de los individuos a las condiciones en que vegetan.

Parece existir una menor capacidad de recuperación en suelos pobres y con escasez de materia orgánica. Este punto es bastante importante si consideramos la intensificación de los usos en muchos sistemas de dehesa que conducen a un empobrecimiento progresivo de los mismos.

La defoliación es menor en aquellos suelos con unos contenidos en materia orgánica normales o superiores. En cuanto a la producción no se observa relación con este factor (Tabla 6). La presencia de fósforo en el suelo a unos niveles normales o superiores está relacionada con una menor defoliación de los árboles. Sólo durante el 2003-2004 y tras un periodo lluvioso, y en suelos con buenos contenidos en fósforo mejora claramente el arbolado. En cuanto a la producción no se ven diferencias en relación a este factor (Tabla 7).

La defoliación es menor en aquellos suelos con unos contenidos en potasio normales o superiores. En cuanto a la producción no se observa relación con este factor (Tabla 8).

Tabla 6. Producción media anual y total (nºbellotas/20*20 cm) y defoliación media anual y total (% copa) en función de los contenidos de materia orgánica.

Niveles de materia orgánica (%)	2000/01	2001/02	2002/03	2003/04	Población total				
	Defol.	Defol.	Prod.	Defol.	Prod.	Defol.	Prod.	Defol.	Prod.
Alto o muy alto (>3%)	23a	20a	1,39a	20a	1,38a	19a	1,46a	20a	1,41a
Normal (2-3 %)	24ab	20a	0,98a	21ab	1,19a	19a	1,47a	21a	1,23a
Muy bajo o bajo (<2%)	25b	21a	1,43a	22b	1,45a	17a	1,59a	22b	1,46a

Medias con la misma letra según textura no difieren significativamente (P<0,05)

Tabla 7. Producción media anual y total (nºbellotas/20*20 cm) y defoliación media anual y total (% copa) en función de los contenidos de fósforo asimilable.

Niveles de Fósforo (p.p.m.)	2000/01	2001/02	2002/03		2003/04	Población total			
	Defol.	Defol.	Prod.	Defol.	Prod.	Defol.	Prod.	Defol.	Prod.
Alto o muy alto (>12)	24a	21a	1,45a	21a	1,14a	17a	1,42 ^a	20a	1,31a
Normal (9-12)	24a	20a	1,25a	22a	1,84a	17a	1,32 ^a	20a	1,54a
Bajo (5-8)	25a	21a	1,47a	21a	1,24	21b	1,62 ^a	22b	1,46a
Muy bajo (<5)	24a	20a	1,17a	21a	1,30a	19ab	1,50 ^a	21ab	1,29a

Medias con la misma letra según contenidos en P no difieren significativamente (P<0,05)

Tabla 8. Producción media anual y total (nºbellotas/20*20 cm) y defoliación media anual y total (% copa) en función de los contenidos de potasio asimilable.

Niveles de Potasio (meq/100 g)	2000/01	2001/02	2002/03		2003/04	Población total			
	Defol.	Defol.	Prod.	Defol.	Prod.	Defol.	Prod.	Defol.	Prod.
Muy Alto (1,01)	24ab	20a	1,79a	19a	1,30ab	17a	1,54a	19a	1,5a
Alto (0,61-1,00)	26b	21a	1,22a	20a	1,30ab	19a	1,20a	20a	1,2 ^a
Normal (0,41-0,60)	23a	21a	1,17a	21a	1,19a	18a	1,62a	21a	1,3a
Bajo o muy bajo (<0,40)	25ab	21a	1,38a	23b	1,63b	21b	1,54a	23b	1,5a

Medias con la misma letra según contenidos en K no difieren significativamente (P<0,05)

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por el proyecto AGL 2002-00530.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRAHAMSON, W. G.; JAMES, N. L., 2003. Long-term patterns of acorn production for five oak species in xeric florida uplands. *Ecology*, **84** (9), 2476-2492.
- DEMCHIK, M.; SHARPE, W., 2000. The effect of soil nutrition, soil acidity and drought on northern red oak growth and nutrition on Pennsylvania sites with high and low red oak mortality. *For. Ecol. Manage.*, **136**, 199-207.
- FEKEDULEGN, D.; HICKS, R.; COLBERT, J., 2003. Influence of topographic aspect, precipitation and drought on radial growth of four major tree species in an Appalachian watershed. *For. Ecol. Manage.*, **177**, 409-425.
- HEALY, W. M.; LEWIS, M.; BOOSE, E., 1999. Variation of red oak acorn production. *For. Ecol. Manage.*, **116**, 1-11.
- KLOSS, S.; MCBRIDE, J., 2002. Geographic patterns of variation in biomass production of California Blue Oak seedlings as a response to water availability. *USDA Forest Service Gen. Tech. Rep.*, **184**, 405-415.
- NAVARRO, R.; FERNÁNDEZ, P., 2000. *El síndrome de la seca del encinar*. Fundación Ricardo Delgado Vizcaíno, 165 pp. Pozoblanco (España).
- SÁNCHEZ, G.; ECONOMOU, A.; BECCU, E.; CANU, G.; COCCO, S.; BUSSOTTI, F.; CENNI, E.; COZZI, A.; FERRETTI, M.; CONCEIÇÃO, M., 1994. *Especies forestales mediterráneas. Guía para la evaluación de las copas*. CEC-UN/ECE, Bruselas (Bélgica).
- VÁZQUEZ, F., 1998. Producción de Bellotas en *Quercus*. I. Métodos de estimación. *Solo Cerdo Ibérico*, **Octubre**, 59-66.
- YAÑEZ, J., 1989. Análisis de suelos y su interpretación. *Horticultura*, **49**, 75-89.

Efecto del pastoreo con ganado ovino y el laboreo en las propiedades físicas y químicas de un suelo de textura arenosa de dehesa

P. FERNÁNDEZ REBOLLO, A. BLÁZQUEZ, J. AGÜERA, M. P. LECHUGA y M. D. CARBONERO

Departamento de Ingeniería Forestal. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos y de Montes. Universidad de Córdoba. Avda. Menéndez Pedal s/n. 14080 Córdoba (España)

RESUMEN: En este trabajo se analizan las modificaciones inducidas por el pastoreo con ganado ovino y el laboreo en propiedades del suelo tales como la resistencia a la penetración, la densidad aparente, la humedad y las características químicas. El pisoteo con ganado ovino produce un aumento de la resistencia mecánica en las capas superficiales del suelo, mientras que el laboreo la disminuye en todo el horizonte, aunque en superficie presenta valores próximos a las zonas que no han sufrido pastoreo. La densidad aparente en el horizonte superficial de la parcela pastoreada es mayor que la de la zona laboreada, aunque en profundidad, los valores son similares. El incremento de la compactación junto a los niveles más altos de materia orgánica puede explicar el mayor contenido en humedad en la zona pastoreada.

Palabras clave: Pisoteo, compactación, densidad aparente, resistencia mecánica, humedad.

Effects of sheep grazing and cultivation on physical and chemical properties of sandy soil in dehesa

SUMMARY: The effects of sheep grazing and cultivation on soil strength, bulk density, moisture and chemical properties of sandy soil are analysed in this study. Results show that sheep trampling increases top soil strength, while cultivation decreases it. Top soil bulk density is greater in grazed areas than in cultivated one but it reaches similar values with depth. Higher soil moisture found in grazed areas could be explained by top soil compactation and organic matter content.

Key words: Soil compactation, trampling, bulk density, mechanical impedance, moisture.

INTRODUCCIÓN

El pisoteo continuado del suelo por parte del ganado, junto a las labores para establecer los cultivos y al paso de vehículos y maquinaria para las distintas tareas agropecuarias, dan lugar a cambios más o menos profundos en las condiciones edáficas de los suelos de las dehesas que pueden alterar el establecimiento y crecimiento de la vegetación.

Entre los efectos citados en la literatura cabe destacar el aumento de la compactación del suelo, es decir, una disminución de la porosidad a costa, principalmente, de los macroporos (Proffit *et al.*, 1993). El incremento de la compactación modifica la velocidad de infiltración del agua, la conductividad hidráulica y el drenaje del suelo (Greenwood *et al.*, 1997), aunque, como han puesto de manifiesto algunos autores, la magnitud de estos efectos depende de la textura y la estructura del suelo. Asimismo, la compactación altera la aireación del suelo y da lugar a una mayor impedancia mecánica para el crecimiento de las raíces, ya que éstas son incapaces de penetrar por poros más pequeños que su diámetro (Croser *et al.*, 1999). En algunas situaciones, se pueden crear condiciones favorables para el desarrollo y avance de agentes fitopatógenos, como puede ser el caso de la podredumbre radical causada por *Phytophthora cinnamomi* que está causando la muerte de muchas encinas y alcornoques en las dehesas.

El objetivo del presente trabajo ha sido evaluar en un suelo de textura arenosa de una dehesa las modificaciones inducidas por el pastoreo con ganado ovino y el laboreo en la densidad aparente, la humedad, la resistencia a la penetración y las características químicas.

MATERIALES Y METODOS

La experiencia se ha llevado a cabo en una dehesa de 133 ha, situada en el término municipal de Pedroche (Córdoba). Desde el punto de vista fitoclimático, la zona se encuadra dentro del fitoclima IV₃, aunque con algo de transición al tipo IV₄, siendo los suelos dominantes las tierras pardas meridionales sobre rocas ígneas. La orografía de la finca es llana, con pendientes muy suaves. La vegetación se caracteriza por la presencia de un estrato herbáceo denso dominado por plantas anuales con arbolado disperso de encina. La explotación se dedica a la cría de ganado ovino y al cultivo de cereal, estableciéndose este último con una rotación de ocho años. La carga ganadera anual es de 0,78 UGM ha⁻¹. El pastoreo es continuo con carga ganadera instantánea variable dejando descansar eventualmente alguna parcela. En el año 2000 fue segregada de una parcela de la finca una superficie de una ha y se acotó al pastoreo. Según la rotación establecida por la propiedad, esta parcela tenía que ser cultivada en el año 2002-2003. Los muestreos se han llevado a cabo en tres parcelas próximas que presentan el mismo tipo de suelo, sometidas a distinto tratamiento: a.) parcela acotada al pastoreo (sin pastoreo durante tres años y pastada los cinco años previos); b.) pastoreo con ganado ovino (siete años); c.) laboreo (tras siete años de pastoreo). Las labores para la puesta en cultivo han consistido en un doble pase con grada de disco (diámetro de la grada 30 cm) cruzando la labor, seguido de la distribución de la semilla y el fertilizante (100 kg ha⁻¹ del complejo 18-46-0) mediante una abonadora centrífuga y por último un pase con cultivador. A principios de mayo de 2003 se seleccionaron de forma aleatoria dos localizaciones en cada parcela y se determinó la densidad aparente (DA), la humedad, la resistencia a la penetración (IC) y las características físico-químicas del suelo. La densidad aparente fue determinada mediante cilindro muestreador de 48 cm de diámetro considerándose dos tramos del perfil del suelo: 0-5 cm y 5-10 cm. El contenido en agua para estos dos horizontes del suelo se determinó mediante métodos gravimétricos (48 h a 105° C). Se realizaron ocho mediciones por parcela (cuatro en cada localización). La resistencia a la penetración se determinó mediante un penetrómetro de cono con punta fina (diámetro de cono 12,6 mm, ángulo de la punta del cono de 30° y diámetro del vástago de 9,5 mm), siguiendo las recomendaciones establecidas por el estándar ASAE 313.2. El penetrómetro utilizado registra medidas de resistencia a la penetración a intervalos de 0,5 cm. La velocidad de penetración se procuró ajustar a la recomendada por el estándar ASAE (3 cm/s). En cada parcela se realizaron 40 mediciones (20 por localización). En cada localización se tomaron 10 submuestras de suelo de cada tramo del perfil que fueron mezcladas para la determinación, en el Laboratorio Agroalimentario de Córdoba, de la textura, pH, CIC (Capacidad de Intercambio Catiónico), P y K asimilable, materia orgánica oxidable y nitrógeno orgánico. De esta forma se obtuvieron dos muestras por parcela y tramo. La humedad, DA e IC se han evaluado mediante análisis de varianza considerando como factor de variación la parcela. Previamente los datos de humedad habían sido transformados mediante la raíz cuadrada del arco seno. En los casos en los que se observaron diferencias significativas se utilizó el test Tukey para establecer grupos homogéneos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La precipitación anual recogida en la estación meteorológica de Villanueva de Córdoba, situada a 11 km de la zona de estudio, ha ascendido a 509 mm en el año 2002-2003, precipitación sensiblemente inferior a la media registrada en la estación (558 mm). Hasta final del mes de abril habían caído 493,5 mm de agua, registrándose la semana previa a los muestreos de campo un sólo episodio de lluvia de 1,1 mm.

Los resultados obtenidos al muestrear la resistencia que ofrece el suelo a la penetración se presentan en la Tabla 1 y la Figura 1. El análisis de los datos se ha limitado a los 20 cm superficiales, ya que a partir de esta profundidad no se disponía de suficientes observaciones de IC para la parcela de cultivo. Se observan diferentes perfiles de resistencia a la penetración en función del tratamiento dado a las distintas parcelas. La parcela pastada con ganado ovino presenta mayores valores de IC a nivel superficial, extendiéndose estas diferencias hasta los 3,5 cm de profundidad aproximadamente. En el primer centímetro del suelo la resistencia a la penetración en la parcela acotada al pastoreo es de la misma magnitud que la ofrecida por la parcela puesta en cultivo, mientras que los valores de índice de cono obtenidos en la parcela pastada son significativamente superiores alcanzando cifras de 0,87 MPa a 1 cm de profundidad. A partir de aquí y hasta los 3,5 cm de profun-

didad se han obtenido tres perfiles de resistencia a la penetración significativamente distintos, ofreciendo la parcela acotada al pastoreo a lo largo de este tramo valores intermedios de IC. En el intervalo 3,5-12,5 cm la parcela cultivada ofrece una menor resistencia a la penetración alcanzando al final valores de IC próximos a 1 MPa, mientras que la parcela pastada y la parcela acotada al pastoreo presentan valores similares de IC, sobrepasando al final del tramo en ambos casos el valor de 1,5 MPa. No se observan diferencias significativas de resistencia a la penetración a partir de los 12,5 cm de profundidad salvo aquéllas observadas a 17,5 cm y 20 cm de profundidad donde se han obtenido los valores máximos de IC en la parcela cultivada.

Estos resultados coinciden con los aportados por distintos autores (Willat *et al.*, 1983; Hiernaux *et al.*, 1999) quienes, en diferentes experiencias de pastoreo, constatan que la compactación producida por el pisoteo

Tabla 1. Valores medios del índice de cono (IC) con la profundidad según el tratamiento dado a la parcela.

Prof (cm)	Índice de cono (MPa)								
	Pastoreo			Cultivo			Sin pastoreo		
	Media	n	ES	Media	n	ES	Media	n	ES
0	0,5306 a	40	0,0508	0,0208 b	40	0,0062	0,0660 b	40	0,0134
0,5	0,7133 a	40	0,0609	0,0423 b	40	0,0103	0,1138 b	40	0,0193
1	0,8750 a	40	0,0619	0,0845 b	40	0,0156	0,1968 b	40	0,0268
1,5	1,0103 a	40	0,0629	0,1290 b	40	0,0222	0,3285 c	40	0,0386
2	1,1244 a	40	0,0685	0,1653 b	40	0,0279	0,5008 c	40	0,0519
2,5	1,1929 a	40	0,0695	0,2075 b	40	0,0301	0,6713 c	40	0,0640
3	1,2604 a	40	0,0817	0,2375 b	40	0,0280	0,8613 c	40	0,0780
3,5	1,2577 a	40	0,0786	0,2625 b	40	0,0274	1,0115 c	40	0,0875
4	1,2778 a	40	0,0842	0,2893 b	40	0,0267	1,1120 a	40	0,0919
4,5	1,3815 a	40	0,0957	0,3273 b	40	0,0268	1,2075 a	40	0,0941
5	1,3465 a	40	0,0898	0,3420 b	40	0,0261	1,2905 a	40	0,0959
5,5	1,3396 a	40	0,0975	0,3785 b	40	0,0310	1,3460 a	40	0,0912
6	1,3971 a	40	0,1014	0,4050 b	40	0,0332	1,4030 a	40	0,0958
6,5	1,4398 a	40	0,1073	0,4405 b	40	0,0391	1,4048 a	40	0,0934
7	1,4352 a	40	0,1037	0,4803 b	40	0,0595	1,4210 a	40	0,0949
7,5	1,5097 a	40	0,1105	0,5035 b	40	0,0613	1,4165 a	40	0,0956
8	1,5423 a	40	0,1137	0,5215 b	40	0,0614	1,4125 a	40	0,0994
8,5	1,5275 a	40	0,1242	0,5570 b	40	0,0643	1,3936 a	39	0,1072
9	1,6016 a	40	0,1360	0,6000 b	40	0,0673	1,3595 a	38	0,1088
9,5	1,5862 a	40	0,1394	0,6165 b	40	0,0579	1,3171 a	38	0,1105
10	1,4882 a	37	0,1439	0,6780 b	40	0,0704	1,4197 a	38	0,1231
10,5	1,5060 a	37	0,1267	0,7044 b	39	0,0678	1,4368 a	37	0,1267
11	1,5889 a	36	0,1501	0,8010 b	39	0,0877	1,3628 a	36	0,1098
11,5	1,5721 a	36	0,1446	0,8382 b	38	0,0726	1,4128 a	36	0,1151
12	1,5842 a	36	0,1467	0,9766 b	38	0,0912	1,5453 a	36	0,1236
12,5	1,5278 a	35	0,1436	1,0457 b	37	0,0806	1,5181 a	36	0,1201
13	1,5272 ab	35	0,1391	1,1416 a	37	0,0852	1,6680 b	35	0,1343
13,5	1,4593 ab	34	0,1244	1,2903 a	37	0,0819	1,6871 b	34	0,1347
14	1,4450	32	0,1301	1,4500	37	0,0907	1,6359	32	0,1249
14,5	1,5117	32	0,1481	1,5188	33	0,0947	1,6707	29	0,1324
15	1,5073	32	0,1569	1,6417	29	0,1036	1,6486	28	0,1179
15,5	1,4182	31	0,1389	1,7427	26	0,1170	1,6504	28	0,1239
16	1,4900	30	0,1611	1,8420	25	0,1398	1,7622	27	0,1230
16,5	1,4024	29	0,1252	1,7809	22	0,1551	1,7142	26	0,1126
17	1,4297	29	0,1271	1,6856	16	0,1623	1,5491	23	0,0996
17,5	1,4198 a	29	0,1271	1,9244 b	16	0,1489	1,6245 ab	20	0,1274
18	1,3865	28	0,1290	1,7608	13	0,1615	1,5653	19	0,1088
18,5	1,4333	28	0,1330	1,8450	12	0,1797	1,5333	18	0,1104
19	1,4003	27	0,1342	1,6500	11	0,1821	1,5261	18	0,0937
19,5	1,4598	27	0,1322	1,8836	11	0,1662	1,5971	17	0,1159
20	1,5211 a	27	0,1283	2,0609 b	11	0,1771	1,6565 ab	17	0,1270

ES: error estándar. Diferencias significativas entre medias para $p < 0,05$

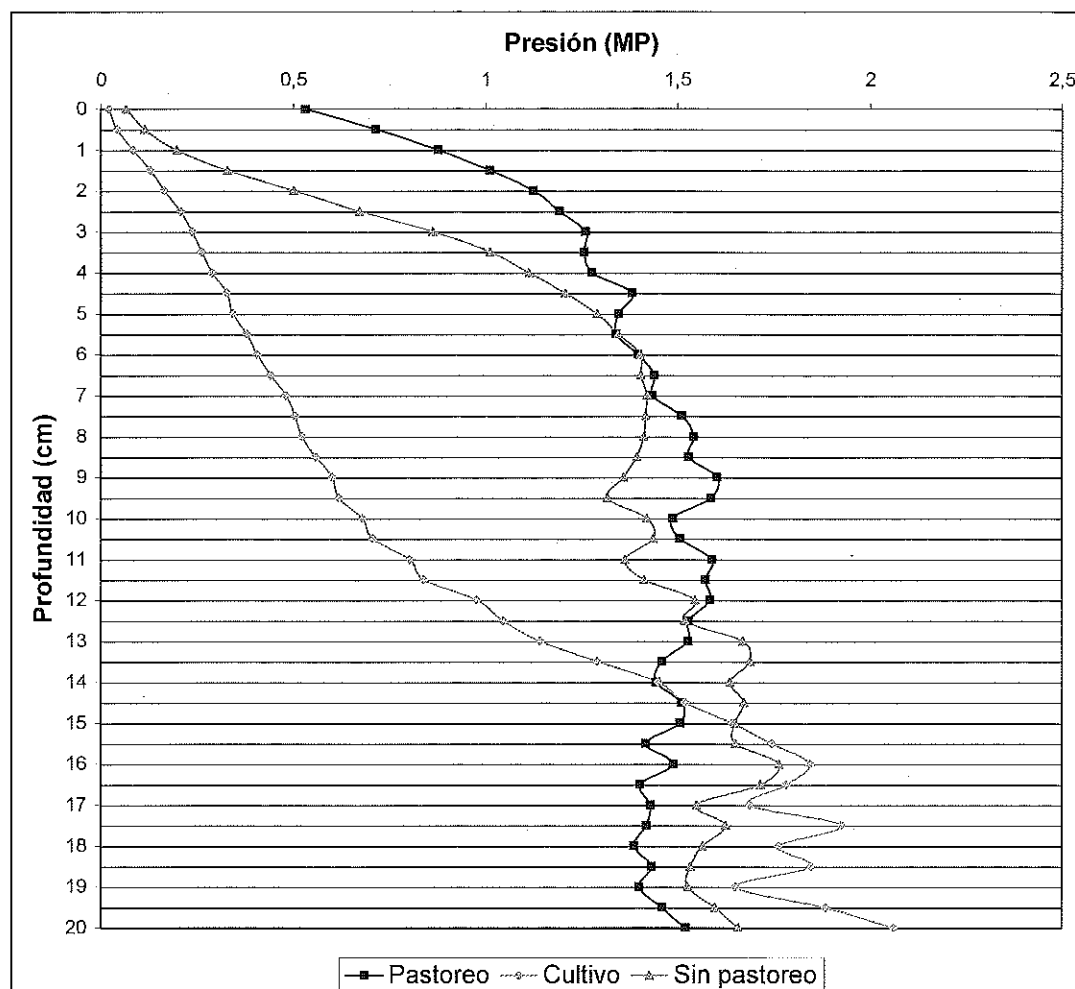


Figura 1. Valores medios del índice de cono (IC) con la profundidad en función del tratamiento dado a la parcela.

del ganado solo afecta a la superficie del suelo. La distribución de la alteración de las propiedades físicas del suelo bajo una misma presión superficial depende del área de contacto y cuando ésta es pequeña, como ocurre con la pezuña del ovino, la alteración queda confinada en la superficie del suelo. En nuestro caso parece que la compactación se ha extendido hasta una profundidad máxima de 3,5 cm, aunque en suelos muy húmedos o aquellos recientemente cultivados, la compactación puede extenderse en profundidad (Greenwood *et al.*, 1997). La parcela puesta en cultivo presenta un perfil de resistencia a la penetración característico (Raghavan *et al.*, 1990), con unos valores bajos de IC en todo el horizonte laboreado (transcurridos 6 meses desde las labores no se ha producido una consolidación patente) y una compactación máxima debajo de la zona removida por los aperos, dando lugar a la denominada "suela de labor", especialmente si, como en nuestro caso, el laboreo se realiza con grada de disco. De esta forma, los valores de IC obtenidos en esta parcela a profundidades de 17,5 cm y 20 cm pueden corresponderse con la presencia de la "suela de labor", aunque no difieren de los obtenidos en la parcela acotada. Por otro lado, el perfil de IC obtenido en la parcela acotada pone de manifiesto que el horizonte superficial de un suelo compactado por el pisoteo del ganado puede volver a recuperarse tras un periodo sin pastoreo, jugando quizás un papel muy importante en este proceso la acción de las raíces de las plantas herbáceas y la actividad biológica del suelo (Studdert *et al.*, 2001). Queda por determinar el tiempo requerido para la recuperación en este tipo de suelo, que sin duda dependerá de múltiples

factores y entre los cuales las condiciones meteorológicas del año deben ser determinantes por cuanto que condicionan el desarrollo de la vegetación.

El contenido de agua y la densidad aparente de los distintos horizontes del suelo en el momento del muestreo se recogen en la Tabla 2. Las Tablas 3 y 4 muestran los resultados obtenidos en las determinaciones de la textura y las características químicas. En consonancia con los perfiles de IC obtenidos para las distintas parcelas, el horizonte superficial del suelo muestra valores de densidad aparente significativamente más altos en la parcela pastoreada, mientras que los más bajos se encuentran en la zona puesta en cultivo. En el horizonte 5-10 cm la densidad aparente del suelo alcanza valores similares en las tres parcelas, aunque los valores más bajos siguen recogiendo en la parcela laboreada, aún en proceso de consolidación. El cambio en la distribución del tamaño de los poros y de su continuidad da lugar a un incremento en el potencial mátrico y en el potencial del agua en el suelo que, junto al diferente contenido en materia orgánica oxidable encontrado, pueden explicar las diferencias observadas en el contenido de humedad entre parcelas. Así, la parcela pastoreada presenta en los dos tramos del perfil del suelo estudiados mayores contenidos de agua, mientras que en el horizonte superficial la humedad más baja se alcanza en la parcela cultivada. Gouvenain (1996) encontró que, durante la estación seca, los suelos compactados tienen mayor contenido en agua por unidad de peso que los no compactados, aunque con mayor saturación de agua, la tensión matricial es menor dando lugar a una mayor conductividad y tasa de infiltración en los suelos no compactados.

Tabla 2. Humedad (%) y densidad aparente (gr/cm³) para cada horizonte del suelo muestreado en función del tratamiento dado a la parcela.

	Humedad %						Densidad aparente (gr/cm ³)					
	0-5 cm			5-10 cm			0-5 cm			5-10 cm		
	Media	n	ES	Media	n	ES	Media	n	ES	Media	n	ES
Sin pastoreo	7,38ab	4	1,64	4,34a	4	1,83	1,29ab	8	0,07	1,47	8	0,03
Cultivo	5,95a	7	0,46	6,67ab	6	0,59	1,13a	8	0,02	1,38	8	0,04
Pastoreo	9,23b	8	0,85	7,70b	8	0,39	1,39b	8	0,03	1,44	8	0,06

ES: error estandar. Diferencias significativas entre medias para p<0,05

Tabla 3. pH, textura y porcentaje de arcilla, arena y limo para cada horizonte del suelo muestreado en función del tratamiento dado a la parcela

	pH		Arcilla %		Arena %		Limo %		Textura	
	0-5 cm	5-10 cm	0-5 cm	5-10 cm	0-5 cm	5-10 cm	0-5 cm	5-10 cm	0-5 cm	5-10 cm
Sin pastoreo	6,44	6,29	5,50	6,30	75,80	77,70	18,70	16,00	Arena franca	Areoa franca
Cultivo	6,33	5,89	6,25	7,35	76,15	78,20	17,60	14,45	Arena franca	Arena franca
Pastoreo	6,51	6,48	5,70	6,55	77,10	77,10	17,20	16,35	Arena fraoca	Arena franca

Tabla 4. C.I.C., materia orgánica oxidable, nitrógeno orgánico, fósforo y potasio asimilable para cada horizonte del suelo muestreado en función del tratamiento dado a la parcela

	C.I.C.				P asimilable				K asimilable (ppm)	
	(meq/100g)		Mat. Org. oxidable %		N orgánico %		(Olsen)(ppm)			
	0-5 cm	5-10 cm	0-5 cm	5-10 cm	0-5 cm	5-10 cm	0-5 cm	5-10 cm	0-5 cm	5-10 cm
Sin pastoreo	7,40	8,09	2,19	1,46	0,08	0,04	8,40	8,60	150	120
Cultivo	7,61	6,43	2,28	1,53	0,09	0,05	27,50	18,30	149	117
Pastoreo	7,31	7,40	2,87	1,93	0,10	0,07	13,80	15,15	192	207

CONCLUSIONES

El pisoteo con ganado ovino produce un aumento de la resistencia mecánica en las capas superficiales del suelo, mientras que el laboreo la disminuye en todo el horizonte, aunque en superficie presenta valores próximos a la parcela sin pastoreo. La densidad aparente en el horizonte superficial de la parcela pastoreada es mayor que la de la zona laboreada, aunque ambas no difieren de la parcela acotada. En profundidad, las densidades aparentes presentan valores similares. El incremento de la compactación junto a los niveles más altos de materia orgánica obtenidos en la parcela pastoreada pueden explicar los mayores valores de humedad en el suelo.

AGRADECIMIENTOS

A los propietarios de la explotación la Rozuela por su colaboración e interés. Este trabajo ha sido financiado por el proyecto AGL 2002-00530.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- CROSER, C.; BENGOUGH, A.; PRITCHARD, J., 1999. The effect of mechanical impedance on root growth in pea. *Physiologia Plantarum*, **107**, 183-286.
- GOUVENAIN, R., 1996. Indirect impacts of soil trampling on tree growth and plant succession in the North Cascade Mountains of Washington. *Biological Conservation*, **75(3)**, 279-287.
- GREENWOOD, K.L.; MACLEOD, D.A.; HUTCHINSON, K.J., 1997. Long-term stocking rate effects on soil physical properties. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, **37**, 413-419.
- HIERNAUX, P.; BIELDERS, C.L.; VALENTIN, C.; BATIONO, A.; FERNÁNDEZ-RIVERA, S., 1999. Effects of livestock grazing on physical and chemical properties of sandy soils in Sahelian rangelands. *Journal of Arid Environments*, **41**, 231-245.
- PROFFIT, A.P.B.; BENDOTTI, S.; HOWELL, M.R.; EASTHAM, J., 1993. The effect of sheep trampling and grazing on soil physical properties and pasture growth for a red-brown earth. *Australian Journal of Agricultural Research*, **44(2)**, 317-331.
- RAGHAVAN, G.S.V.; ALVO, P.; MCKYES, E., 1990. Soil compactation in agriculture: a view toward managing the problem. *Advances in Soil Science*, **11**, 1-36.
- STUDDERT, G.A.; BRIZUELA, M.A.; CAPURRO, J.A., 2001. Alteración física superficial del suelo en relación a dos sistemas de pastoreo con vacunos de una pastura de festuca. En *Actas XLI Reunión Científica de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos*, 133-136.
- WILLIAMS, S.T.; PULLAR, D.M., 1983. Changes in soil physical properties under grazed pastures. *Australian Journal of Soil Research*, **22**, 343-348.

Estudio preliminar de la influencia de la poda en la producción de bellota en El Encinar de Espeja (Salamanca)

S. ÁLVAREZ SÁNCHEZ-ARJONA; B. MÉNDEZ SÁNCHEZ y L. BEJARANO MESA

Área de Producción Animal. Facultad de Ciencias Agrarias y Ambientales. Universidad de Salamanca. Avda. Filiberto Villalobos, 119. 37007 Salamanca (España).

RESUMEN: En este trabajo se pretende determinar si existe influencia en la producción de bellota, del número de años transcurridos desde la realización de la última poda hasta el año del estudio, y del tipo de poda aplicado a las encinas. Para ello se han seleccionado encinas que fueron olivadas y desmochadas entre los años 1983 y 2001 en la Dehesa Boyal de Espeja (Salamanca). La producción se estimó en septiembre de 2001. Los resultados muestran diferencias significativas en las producciones de las encinas podadas en distintos años: en los años extremos de la serie se encuentran los menores valores de producción potencial (13,79 kg/árbol para las encinas podadas en 2001 y 10,35 kg/encina para las podadas en 1983) y en los años centrales la mayor producción (74,07 kg/árbol para las encinas podadas en 1994). No se ha encontrado influencia del tipo de poda en la producción. No obstante, aunque las diferencias no son significativas, la producción potencial media en las encinas "de desmoche" (poda de rejuvenecimiento) (31,48 kg/encina) es ligeramente superior a la de las encinas "de olivo" (poda de mantenimiento) (30,70 kg/encina).

Palabras clave: Dehesa, encina, montanera, desmoche, olivado.

Influence of pruning on acorn production in Evergreen Oak Forest in Espeja (Salamanca). Preliminary results

SUMMARY: The influence of pruning method and years since pruning on acorn production of *Quercus ilex* subsp. *ballota* has been analysed. Trees pruned from 1983 to 2001 in Espeja (Salamanca) were selected. Acorn production was estimated in September 2001 with Vázquez *et al.* (2000) methodology. The results showed significant differences on potencial mean production ranging from 10.35 kg/tree if pruned in 1980 to 74.07 kg/tree for 1994. No significant influence of pruning method has been found in this preliminary study.

Key words: Dehesa, evergreen oak, montanera, desmoche, olivado.

INTRODUCCIÓN

La dehesa constituye uno de los mejores ejemplos de explotación agraria integrada con el medio. En su aprovechamiento se utilizan los pastos, las hojas del estrato arbustivo y la producción de los árboles, fundamentalmente la bellota. Es preciso realizar labores silvopastorales adecuadas para favorecer la producción sostenida a lo largo del tiempo.

La montanera es fundamental en la alimentación de la fauna tanto salvaje como doméstica, especialmente en las zonas adehesadas cuya gestión está encaminada hacia la explotación de cerdo ibérico en régimen extensivo, ya que es el animal que aprovecha más eficazmente su producción.

Las podas excesivas o inadecuadas a la situación vegetal provocan la pérdida de la productividad; pero si están bien realizadas, según algunos autores, mejoran su producción (Montoya Oliver, 1993). Para analizar la eficacia y la rentabilidad de la poda es necesario considerar el incremento que produce en la cosecha de bellota. En la dehesa salmantina, se emplean dos tipos de poda en árboles adultos: en la poda de mantenimiento u *olivado* se eliminan las ramas secas e interiores, así como las verticales y no fructíferas; aclarando el follaje, en definitiva, para obtener una copa amplia y bien formada; con la poda de rejuvenecimiento o *desmoche* se descarga al árbol de la mayor parte de su fronda, dejándolo con 3-6 ramas principales, horizontales, limpias y acabadas en nn escobón (*espera* es el término que se utiliza en la zona), con la intención de conformar en el futuro una copa lo más amplia (y, por consiguiente, más productora) posible. Estos dos tipos

de poda suelen alternarse en un mismo árbol, de forma que la encina que se desmocha es olivada en el siguiente turno de poda, de 10 a 25 años después.

El objetivo de este trabajo es determinar si existe influencia en la producción de bellota de los siguientes factores: el número de años transcurridos desde la realización de la última poda hasta el 2001, año del estudio, y el tipo de poda aplicado a las encinas.

MATERIAL Y MÉTODOS

Este estudio ha sido realizado en una extensión adehesada de 440,78 ha correspondientes a la "Dehesa Boyal" (Monte de U.P. nº 105) del municipio de Espeja, en la comarca de Ciudad Rodrigo (Salamanca), a 113 km de la capital. Sus coordenadas son: latitud 40° 33' N y longitud 6° 43' W, a una altitud media de 697 m. Se trata de una zona llana más o menos ondulada asentada sobre depósitos cenozoicos. La especie arbórea más abundante es la encina (*Quercus ilex* subesp *ballota* Lam.), aunque también aparecen otras especies como el quejigo (*Quercus faginea* Lam.), el roble melojo (*Quercus pyrenaica* Willd.), el alcornoque (*Quercus suber* L.) y fresnos en las zonas húmedas (*Fraxinus angustifolia* Vahl.).

La finca está dividida en 10 cuarteles de poda distintos identificados por un número que hace referencia al último año en que han sido podadas sus encinas. Los años de poda son: 1983, 1984, 1985, 1986, 1993, 1994, 1995, 1996, 2000 y 2001 (la elección de estos años en concreto se debe a la gestión realizada por los responsables locales).

De cada uno de los cuarteles se han seleccionado cuatro encinas "de olivo" (aquellas que serán olivadas en la próxima poda y fueron desmochadas durante la última poda) y cuatro encinas "de desmoche" (aquellas que serán desmochadas en la próxima poda y fueron olivadas durante la última poda). La frecuencia de poda está planteada cada 20 años alternando los dos tipos de poda. Con lo cual, se han estudiado cuatro encinas que fueron desmochadas y cuatro que fueron olivadas en 1983, otras tantas podadas durante 1984, y así sucesivamente con cada año en que se podaron encinas.

Para estimar la producción de bellota de encinas podadas en distintos años y con diferentes tipos de poda se ha aplicado en septiembre de 2001 el método de aforo de montaneras desarrollado por Vázquez *et al.* (2000), basado en el conteo de las semillas presentes en una superficie total de copa de 2 m², compuesta por 50 cuadros de 20 cm x 20 cm distribuidos formando dientes de sierra alrededor de toda la copa. La producción potencial se calcula teniendo en cuenta el valor medio de bellotas en cada cuadro, la altura y el radio de la copa; y la producción real, teniendo en cuenta la climatología, el estado sanitario de los árboles y la incidencia de plagas.

Para determinar si el número de años transcurridos y el tipo de poda influyen en la producción, todos los datos han sido tratados con el paquete estadístico del programa "Statgraphics". Concretamente se han desarrollado Análisis de Varianza (ANOVA) dentro de un Modelo Lineal Generalizado (GLM) que considera ambos factores.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Aunque se ha calculado la producción real para cada una de las encinas estudiadas, es necesario insistir en que todos los análisis realizados en este estudio preliminar se han elaborado a partir de los valores obtenidos para la producción potencial (Vázquez *et al.*, 2000) y no para la producción final corregida. De esta manera son menos los posibles errores que se puedan arrastrar durante la estimación para la obtención de los resultados.

Así mismo, es preciso valorar los resultados teniendo en cuenta que otros factores influyen también en la producción (edad de la encina, tamaño de la misma, climatología, etc). No obstante, tanto las características dasométricas como la climatología se utilizan en la metodología empleada para estimar la producción.

Influencia del número de años transcurridos desde la última poda en la producción

La Tabla 1 muestra los valores medios de la producción potencial y la producción real, expresados en kg/encina, según el número de años transcurridos desde la última poda.

Tabla 1. Valores medios de los datos de producción (kg/encina) según los cuarteles de poda.

Cuarteles	Producción potencial	Producción real
Cuartel 1983	10,36	9,01
Cuartel 1984	35,69	31,05
Cuartel 1985	22,63	19,69
Cuartel 1986	36,76	31,98
Cuartel 1993	36,53	31,78
Cuartel 1994	74,07	64,44
Cuartel 1995	25,45	22,14
Cuartel 1996	17,11	14,89
Cuartel 2000	34,30	29,84
Cuartel 2001	13,51	11,75

El mayor valor medio por encina se encuentra en el cuartel de 1994 y el menor en el cuartel de 1983 (74,07 y 10,35 kg/encina respectivamente).

En la Tabla 2 se muestra el análisis de varianza para la producción potencial, expresada en kg/encina, según el número de años transcurridos desde la última poda.

Tabla 2. Análisis de varianza para la producción (kg/encina) en función del número de años transcurridos desde la última poda.

Último año en que se podó el arbolado	Años transcurridos hasta el 2001	Media	Error estándar	Máximo	Mínimo
2001	0	13,51 a	7,23	21,80	5,18
2000	1	34,30 bc	6,23	89,52	12,59
1996	5	17,11 ab	6,23	28,80	9,29
1995	6	25,45 abc	6,23	57,07	7,40
1994	7	74,07 d	6,23	125,19	40,48
1993	8	36,53 c	6,23	66,74	14,07
1986	15	36,76 c	6,23	65,72	5,38
1985	16	22,63 abc	6,23	51,80	3,49
1984	17	35,69 c	6,23	74,37	13,24
1983	18	10,36 a	6,23	17,47	4,21

Medias con la misma letra en la misma columna no presentan diferencias estadísticamente significativas para un nivel de confianza del 95%.

El análisis muestra un valor de $p < 0,05$ para el cual existen diferencias estadísticas significativas entre las encinas podadas en distintos años con una fiabilidad del 95%.

La mayor producción se ha obtenido en el cuartel de 1994, y además es significativamente distinta del resto; y los cuarteles de 1983 y 2001 se diferencian estadísticamente de los cuarteles de 1984, 1986, 1993 y 2000.

Puede observarse que es en los años extremos de la serie donde se encuentran los puntos de menor producción y en el centro de la serie donde está la mayor producción. Al cuartel 01 pertenece una de las producciones medias más bajas por árbol (13,79 kg/encina), probablemente porque aún no se ha recuperado el follaje; solamente en el cuartel 83 se ha obtenido una producción menor (10,35 kg/encina).

En el estudio realizado por Porras Tejeiro (1998) también se observa que las producciones más bajas se obtienen de las encinas recién podadas y que con el transcurso de los años la producción mejora. Este hecho lo corrobora también el trabajo realizado por Carbonero Muñoz *et al.* (2002), donde se refleja que la producción sigue una tendencia a la mejora al menos en los cuatro años siguientes a la poda.

Nuestro trabajo refleja que existen variaciones de producción en función de los años transcurridos desde la última poda. No obstante, hemos encontrado una gran variabilidad en la producción de los árboles de un

mismo cuartel. Así, la producción real por encina entre árboles podados el mismo año varía entre 35,22 kg/encina y 108,92 kg/encina en el cuartel de 1994.

Esta cualidad es también reflejada por el estudio de Carbonero Muñoz *et al.* (2002) que determina que la producción entre árboles podados el mismo año va desde 1,07 kg/encina hasta 79,85 kg/encina. El estudio de Martín Vicente *et al.* (1998) muestra valores de producción de árboles podados en años diferentes que oscilan entre 0,6 y 25,3 kg, con una la producción media anual entre 42,1 y 1,3 kg/árbol.

Influencia del tipo de poda en la producción

La Tabla 3 recoge los valores medios de la producción potencial, en kg/encina, para cada cuartel de las encinas "de desmoche" y las encinas "de olivo".

Tabla 3. Producción potencial media (kg/encina) para las encinas "de desmoche" y las encinas "de olivo" divididas en cuarteles.

Encinas "de desmoche"	Producción potencial	Producción real	Encinas "de olivo"	Producción potencial	Producción Real
Cuartel 1983	13,55	11,79	Cuartel 83	7,16	6,23
Cuartel 1984	39,53	34,39	Cuartel 84	31,84	27,70
Cuartel 1985	26,91	23,41	Cuartel 85	18,38	15,96
Cuartel 1986	23,26	20,24	Cuartel 86	50,27	43,73
Cuartel 1993	38,40	33,41	Cuartel 93	34,66	30,15
Cuartel 1994	57,00	49,59	Cuartel 94	91,14	79,29
Cuartel 1995	35,76	31,11	Cuartel 95	15,14	13,17
Cuartel 1996	19,26	16,76	Cuartel 96	14,95	13,01
Cuartel 2000	46,17	40,17	Cuartel 00	22,43	19,51
Cuartel 2001	14,98	13,02	Cuartel 01	11,43	9,94

Las menores producciones tanto en las encinas "de desmoche" como en las "de olivo" pertenecen al cuartel de 1983 siendo superior la primera (13,55 y 7,16 kg/encina respectivamente).

En cuanto a los valores más altos, ambos corresponden al cuartel del año 1994 siendo muy amplia la diferencia entre la producción de los árboles "de desmoche" y los "de olivo" (57,00 y 91,14 kg/encina respectivamente, al contrario que en el caso anterior es menor la producción obtenida de las encinas "de desmoche").

La Tabla 4 muestra la media de la producción potencial y la media de la producción real, expresadas en kg/encina, para las encinas "de desmoche" y las encinas "de olivo". La Tabla 5 recoge el análisis de varianza para la producción potencial, expresada en kg/encina, según el tipo de poda.

Tabla 4. Valores medios de los datos de producción (kg/encina) según el tipo de poda.

Tipo de poda	Producción potencial	Producción real
Encinas "de desmoche"	31,48	27,39
Encinas "de olivo"	29,80	25,93

Tabla 5. Análisis de varianza para la producción según el tipo de poda.

Tipo de poda	Media	Error estándar	Máximo	Mínimo
"De desmoche"	31,48 a	2,79	89,52	5,38
"De olivo"	29,80 a	2,88	125,19	3,49

Medias con la misma letra en la misma columna no presentan diferencias estadísticamente significativas para un nivel de confianza del 95%.

El análisis muestra un valor de $p > 0,05$, por tanto la producción de bellotas no presenta diferencias estadísticamente significativas entre las encinas que fueron olivadas y las que fueron desmochadas por última vez (31,48 kg/encina y 30,70 kg/encina, respectivamente) para un nivel de confianza del 95%.

Este trabajo preliminar, por tanto, no encuentra influencia del tipo de poda en la producción de bellota.

CONCLUSIONES

El número de años transcurridos desde la última poda hasta el año 2001, año del estudio, influye en la producción de bellota (kg/encina). Sin embargo, no se ha encontrado influencia significativa del tipo de poda que se aplica a las encinas en la producción de bellota. No obstante, ya que el estudio está basado en datos de un solo año es preciso profundizar en el mismo para poder establecer conclusiones.

AGRADECIMIENTOS

Al Organismo Autónomo Explotación del Monte de Espeja por la colaboración prestada para la realización del presente trabajo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CARBONERO MUÑOZ, M. D.; FERNÁNDEZ REBOLLO, P.; NAVARRO CERRILLO, R., 2002. Evaluación de la producción y del calibre de bellotas de *Quercus ilex* L. a lo largo de un ciclo de poda. Resultados de la campaña 2001-2002. En *Actas de la XLII Reunión Científica de la Sociedad Española para el Estudio de Pastos*, 381-384.
- MARTÍN VICENTE, A.; INFANTE, J. M.; GARCÍA GORDO, J.; MERINO, J.; FERNÁNDEZ ALÉS, R., 1998. Producción de bellotas en montes y dehesas del suroeste español. *Pastos*, **28** (2), 237-248.
- MONTIOLA OLIVER, J.M., 1993. *Encinas y encinares*. Ediciones Mundi-Prensa, 131 pp. Madrid (España).
- PORRAS TEJEIRO, C.J., 1998. Efecto de la poda de la encina (*Q. rotundifolia* Lam.) en los aspectos de producción y en el grosor de las bellotas. En *Actas de la XXXVIII Reunión científica de la Sociedad Española para el Estudio de Pastos*, 381-384.
- VÁZQUEZ, F. M.; RAMOS, S.; DONCEL, E.; CASASOLA, J. A.; BALBUENA, J. A.; BLANCO, J.; POZO, J., 2000. *Aforo de montaneras. Metodología*. Junta de Extremadura. 27 pp.

Comparación estacional de los hábitos alimentarios de la cabra montés en el Sureste de España

T. MARTÍNEZ MARTÍNEZ

Instituto Madrileño de Investigación Agraria (IMIA). Comunidad de Madrid. El Encín, Apdo. 127. Alcalá de Henares. E-mail: teodora.martinez@imia.madrid.org

RESUMEN: Se comparan los hábitos alimentarios de la cabra montés durante las cuatro estaciones en el Parque Natural de Cazorla, Segura y las Villas. El método empleado fue el análisis botánico de los contenidos estomacales. Se observó correlación significativa entre la dieta de las cuatro estaciones, excepto entre la de primavera y verano. El mayor grado de solapamiento (59,6 %) se observó entre las dietas de otoño e invierno y el menor (41,1 %) entre las de primavera e invierno, sugiriendo diferencias cualitativas y cuantitativas importantes entre ellas. La mayor diversidad de dieta se observó en el verano y la menor en invierno. También la riqueza de especies fue mayor en verano, siendo la menor en otoño. En primavera la cabra montés consumió mayor cantidad de vegetación herbácea que leñosa y en mayor cantidad que en el resto de las estaciones. En los hábitos alimentarios estacionales de la cabra montés habría afectado la disponibilidad de los recursos, así como su estado fenológico.

Palabras clave: Dieta, solapamiento, grupos de plantas, diversidad.

Seasonal comparison of feeding habits of Spanish ibex in Southeastern Spain

SUMMARY: Feeding habits of Spanish ibex in four seasons were compared in the Cazorla, Segura and Las Villas Regional Park by means of botanical analysis of stomach contents. A significant correlation was found between the diet in the four seasons, with the exception of spring and summer case. The greatest degree of overlap was found between the autumn-winter diets while the lowest overlap was between spring and winter. The fact that the similarity among diets was not particularly high is a reflection of considerable qualitative and quantitative differences between them. The greatest diversity was found in the summer diet and the lowest in winter. Species richness was also greatest in summer but lowest in autumn. In spring the Spanish ibex consumed more herbaceous than woody vegetation. Availability of resources and their phenological state affected these feeding habits of the Spanish ibex.

Key words: Diet, degree of overlap, plant groups, diversity.

INTRODUCCIÓN

En la alimentación de un herbívoro influyen múltiples factores relacionados con el medio y con el animal, que se acentúan en las áreas mediterráneas donde las condiciones climáticas pueden limitar en ciertos periodos la disponibilidad del alimento, y los animales se ven en la necesidad de adoptar diferentes estrategias alimentarias para cubrir sus necesidades. Los patrones estacionales de la alimentación de los herbívoros están condicionados principalmente por la oferta de recursos que se ofrece en cada periodo y por las necesidades energéticas del animal. Ambos parámetros se relacionan a través de los hábitos alimentarios manifestados en la estación correspondiente. La oferta de recursos se ve afectada por factores como la temperatura, las lluvias, el ritmo fenológico de las especies; mientras que las necesidades nutricionales del animal van a depender de sus condiciones fisiológicas, influyendo todo ello en la selección y composición de las dietas. Por otra parte, se necesita un conocimiento en cuanto a los recursos vegetales que son utilizados en cada periodo como herramienta de gestión e información. Así pues, el interés de este trabajo se centra en comparar la dieta estacional de la cabra montés, y establecer los grados de semejanza y variación temporal.

MATERIAL Y MÉTODOS

El área de estudio se encuentra situada en el Sureste de España en el Parque Natural de Cazorla, Segura y las Villas. Comprende dos pisos bioclimáticos: el Supramediterráneo definido por las Series de vegetación

Supramesomediterránea Bética, basófila de *Quercus faginea* y Supramediterránea Bética, basófila de *Q. ilex*, y el piso Oromediterráneo definido por la serie Oromediterránea Bética, basófila de *Juniperus sabina* (Rivas Martínez, 1986). La dieta se estimó a partir del análisis botánico de su rumen; se utilizaron 105 muestras: 22 de primavera, 28 de verano, 20 de otoño y 35 de invierno. La descripción del método se explica ampliamente en Martínez (1992, 2001, 2002). La composición de la dieta se analizó por especies, por grupos tróficos o de plantas: árboles y arbustos, caméfitos, herbáceas gramínoideas (gramíneas y ciperáceas) y herbáceas no gramínoideas (resto de herbáceas), y también por plantas leñosas y herbáceas. La diversidad de la dieta se calculó mediante el índice de Shannon-Weaver, $H = -\sum p_i \log_{10} P_i$. La dieta fue comparada a partir del rango de correlación de Spearman y del índice de similitud de Kulczynski: $ISK = (2W/a+b) \times 100$, siendo $W =$ menor porcentaje de un recurso común en los dos parámetros a comparar y $(a+b) =$ suma total de porcentajes de recursos de los dos parámetros que se comparan.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Dieta estacional de la cabra montés: primavera, verano, otoño e invierno

La Tabla 1 describe las especies que la cabra montés consumió en cantidades superiores a 1 % en alguna de las cuatro estaciones y las cantidades aportadas por los distintos grupos tróficos a la dieta. Por otra parte, en la Tabla 2 se muestra la riqueza de especies y la diversidad de la dieta, así como la de los diferentes grupos de plantas que la componen.

En **primavera** la dieta de la cabra montés se caracterizó por un mayor consumo de material herbáceo que leñoso, teniendo gran interés las gramíneas y ciperáceas. El grupo trófico más relevante fue el de los gramínoideas (47,7%), destacaron entre ellas *Festuca arundinacea*, *Oryzopsis paradoxa*, *Helictotrichon filifolium* y *Carex* sp. Los árboles y arbustos supusieron también una cantidad importante, consumiéndose principalmente *Phillyrea latifolia* y *Quercus ilex*. Los caméfitos y las herbáceas no gramínoideas se consumieron menos; sin embargo, destacaron la riqueza de especies del último grupo y especies como *Asphodelus cerasifer* y *Aphyllanthes monspeliensis*. El consumo de plantas herbáceas y leñosas fue de 57,7 % y 41,6 % respectivamente, siendo la diversidad de ambos grupos de plantas la misma.

En **verano** comenzó a ser superior el consumo de plantas leñosas que de herbáceas, acusándose posiblemente el cambio fenológico de la vegetación herbácea. Los árboles y arbustos fue el grupo de plantas más relevante (50,2 %), destacando *Quercus ilex*, *Phillyrea angustifolia* y *Rubus ulmifolius*. Las herbáceas gramínoideas supusieron la mitad que en el periodo anterior, entre ellas *Festuca arundinacea* y *Oryzopsis paradoxa* con algo más del 5 %. Las herbáceas no gramínoideas constituyeron el 16,8 % de la dieta, siendo el verano la estación en que más se consumieron, especialmente *Aphyllanthes monspeliensis*, *Sanguisorba lateriflora* y *Anarrhinum lasiflora*. Los caméfitos fue el grupo con menor aporte a la dieta, destacando *Euphorbia nicaeensis* y *Genista cazorlana*. Las plantas leñosas se consumieron más que las herbáceas (60,1 % y 39,4 % respectivamente) siendo mayor la diversidad del componente herbáceo.

La dieta de **otoño** se basó en un amplio consumo de leñosas, suponiendo los árboles-arbustos una cantidad importante de la dieta (57 %); destacando especialmente *Quercus ilex* (24,7 %), y con cantidades bastante inferiores *Phillyrea latifolia*, *Juniperus oxycedrus* y *Olea europaea*. Las herbáceas gramínoideas se consumieron algo más que en verano, siendo las más representativas *Oryzopsis paradoxa*, *Sesleria argentea* y *Carex hallerana*. Los caméfitos supusieron cerca del 10 % de la dieta, lo mismo que en verano, destacando *Salvia lavandulifolia* y *Fumana paradoxa*; mientras que las herbáceas no gramínoideas fue el grupo de menor incidencia en la dieta y *Aphyllanthes monspeliensis* con un 3 %, la especie realmente importante. Las plantas leñosas contribuyeron a la dieta doble que las herbáceas (66,7 % y 32,2 % respectivamente), siendo su diversidad menor que la de las herbáceas.

En **invierno**, el consumo de la vegetación leñosa fue muy elevado, teniendo el grupo de los árboles y arbustos un gran interés (68 % de la dieta), especialmente *Juniperus oxycedrus*, *Quercus ilex* y *Phillyrea latifolia*. Por otra parte, el invierno fue la estación en que menos se consumieron las herbáceas gramínoideas (16,7 %), destacando *Oryzopsis paradoxa* y *Festuca arundinacea*. Los caméfitos y las herbáceas no gramí-

Tabla 1. Composición de la dieta (% de biomasa) de la cabra montés en Primavera (P), Verano (V), Otoño (O) e Invierno (I).

LEÑOSAS	P	V	O	I	Caméfitos (Contin.)	P	V	O	I
Árboles y arbustos	35,7	50,2	57	68	<i>Sedum</i> sp.	+	0,1	1,6	
<i>Phillyrea latifolia</i>	9,6	7,1	10,5	10	Otras	4,1	6,9	4,2	5,2
<i>Quercus ilex</i>	7,3	7,6	24,7	14	<i>Viscum album</i>	0,3	+	-	2,7
<i>Jasminum fruticans</i>	2,2	1,5	0,3	0,1	HERBÁCEAS				
<i>Rosmarinus officinalis</i>	2	1,3	1,8	5,1	Herbáceas gramínoideas	47,7	22,6	26,4	16,7
<i>Acer monspessulanum</i>	2	0,1	-	+	<i>Festuca arundinacea</i>	6,4	5,3	2,2	1,6
<i>Acer granatense</i>	1,8	1,3	0,1	+	<i>Oryzopsis paradoxa</i>	5,4	5	6,2	4,5
<i>Pinus nigra</i>	1,8	0,4	0,8	1	<i>Carex hallevana</i>	4,6	1,7	2,7	1
<i>Juniperus oxycedrus</i>	1,2	0,5	4,6	16,8	<i>Helictotrichon filifolium</i>	4,1	1	1,9	1
<i>Rubus ulmifolius</i>	0,8	5,1	1,4	2,6	<i>Carex</i> sp.	4,1	0,3	1	0,3
<i>Rosa canina</i>	0,6	3,7	0,8	0,1	<i>Brachypodium sylvaticum</i>	2,1	2,5	0,6	0,8
<i>Hedera helix</i>	+	2,4	0,5	4	<i>Aegilops triaristata</i>	2	0,7	0,4	0,2
<i>Quercus coccifera</i>	-	2,4	0,4	1,3	<i>Cynosurus echinatus</i>	1,7	1	1,2	0,5
<i>Crataegus monogyna</i>	0,2	2,2	+	0,1	<i>Arrhenatherum bulbosum</i>	1,3	0,5	0,1	0,1
<i>Juniperus sabina</i>	0,2	1,3	0,1	2,3	<i>Sesleria argentea</i>	1,3	0,7	3,6	2,2
<i>Pistacia terebinthus</i>	0,3	1,2	0,1	0,1	<i>Poa bulbosa</i>	1,3	0,1	-	0,5
<i>Viburnum tinus</i>	0,3	1	1,6	1,8	<i>Festuca rubra</i>	1,2	0,8	0,4	0,3
<i>Berberis hispanica</i>	0,2	1,4	+	+	<i>Dactylis glomerata</i>	1,1	0,4	0,4	-
<i>Juniperus communis</i>	+	0,5	-	1,1	<i>Festuca</i> sp.	1,1	0,2	1,1	0,3
<i>Arbutus unedo</i>	+	-	0,9	1,8	<i>Triticum vulgare</i>	-	-	1,2	1,2
<i>Prunus dulcis</i>	-	1,9	-	-	Otras	10	2,4	3,4	2,2
<i>Olea europaea</i>	-	-	4,1	0,7	Herbáceas no gramínoideas	10	16,8	5,85	
<i>Phillyrea media</i>	-	0,2	1,6	0,1	<i>Asphodelus cerasifer</i>	1,6	0,6	0,4	1
Otras	5,2	7,1	2,7	7,7	<i>Aphyllanthes monspeliensis</i>	1,3	2,4	3	1
Caméfitos	5,2	9,9	9,7	5	<i>Sanguisorba lateriflora</i>	0,5	1,8	0,2	0,2
<i>Euphorbia nicaensis</i>	0,9	1,8	-	0,1	<i>Clematis vitalba</i>	0,5	1,8	+	+
<i>Genista cazorlana</i>	0,5	1,1	0,1	0,2	Otras	6,1	10,2	2,2	2,8
<i>Salvia lavandulifolia</i>	+	-	2,7	0,1	Criptogamas	0,7	0,5	1,1	0,9
<i>Fumana paradoxa</i>	0,1	+	1,1	0,1	GRAN TOTAL	100	100	100	100

Tabla 2. Riqueza de especies (N) y diversidad (D) de la dieta de la cabra montés y de los diferentes grupos de plantas que la componen.

Grupos tróficos	Primavera		Verano		Otoño		Invierno	
	N	D	N	D	N	D	N	D
Árboles y arbustos	42	1,13	53	1,30	39	0,90	43	1,07
Caméfitos	29	1,15	30	1,13	30	1,05	37	1,31
H. Gramínoideas	31	1,28	30	1,04	24	1,10	21	0,89
H. no gramínoideas	73	1,38	87	1,54	40	0,46	53	0,89
LEÑOSAS	71	1,31	83	1,45	69	1,11	80	1,24
HERBACEAS	104	1,31	117	1,56	64	1,31	74	1,36
Dieta total	177	1,65	202	1,76	145	1,55	164	1,51

noides supusieron cantidades similares, teniendo menor relevancia que el grupo anterior, *Teucrium carthagenense* y *Sedun sediforme* fueron las especies más significativas de ambos grupos. Las plantas leñosas se consumieron más de tres veces más que las herbáceas (77,4 % y 21,7 % respectivamente), ocurriendo como en verano y otoño que fue mayor la diversidad del componente herbáceo.

Comparación de la dieta estacional de la cabra montés

Se observó correlación entre la dieta de las cuatro estaciones, excepto entre la de primavera e invierno (Tabla 3), lo mismo ocurrió entre los componentes leñosos de la dieta (Tabla 4). Sin embargo, existió correlación significativa entre los componentes herbáceos de la dieta, siendo los niveles de significación más elevados que los observados entre los leñosos (Tabla 4). Por otra parte, los índices de similitud entre la dieta de las distintas estaciones no fueron demasiado altos (Tabla 3), y solamente superaron el 50 % el de primavera-verano

Tabla 3. Coeficientes de correlación e Índices de Similitud (%) entre la dieta estacional de la cabra montés.

	Primavera	Verano	Otoño	Invierno
Primavera	-	0,43*	0,60**	NS
Verano	52,5	-	0,51*	0,53**
Otoño	49,1	46	-	0,68**
Invierno	41,1	46,1	59,6	-

*= $p < 0,05$, **= $p < 0,01$, ***= $p < 0,001$; $n = 51$

Tabla 4. Coeficientes de correlación entre los componentes herbáceos y entre los leñosos de la dieta estacional de la cabra montés.

	Primavera	Verano	Otoño	Invierno
Componente herbáceo (n=25)				
Primavera	1	0,79**	0,74**	0,69*
Verano	0,41*	1	0,72**	0,71**
Otoño	0,48*	0,46*	1	0,79**
Invierno	NS	0,40*	0,73**	1
Componente leñoso (n= 26)				

*= $p < 0,05$, **= $p < 0,01$, ***= $p < 0,001$

y el de otoño-invierno que fue el más elevado. Tampoco fueron altas las similitudes entre los grupos de plantas que componen las dietas correspondientes (Tabla 5) indicando la diferente composición florística de la dieta estacional. En general, el grado de similitud entre las plantas herbáceas consumidas fue mayor que el observado entre las plantas leñosas (Figura 1), excepto el de primavera-invierno que fue muy bajo, hecho ya observado en la alimentación de la cabra montés en otras áreas de monte mediterráneo (Martínez, 1994) y que sugiere la diferente disponibilidad de los recursos herbáceos en ambos periodos. La similitud entre el componente herbáceo de la dieta de otoño e invierno fue prácticamente igual que entre el componente leñoso, siendo más elevada que la observada entre otros periodos, sugiriendo que la menor disponibilidad de recursos en ambas estaciones habría implicado mayor índice de solapamiento entre las dietas de las dos estaciones. Conviene mencionar el diferente grado de solapamiento observado entre la dieta estacional en esta zona de estudio (área mediterránea) con respecto al observado en zonas más atlánticas y de alta montaña, donde el solapamiento de la dieta estacional de la cabra montés fue bastante más alto (Martínez, 2001).

Tabla 5. Índices de similitud (%) entre los grupos tróficos que componen la dieta estacional de la cabra montés.

Grupos Tróficos	P/V	P/O	P/I	V/O	V/I	O/I
Arboles y arbustos	49,8	52,3	45,5	43,8	45,4	60,7
Caméfitos	52,9	36,6	44,8	34,7	47,6	48,2
H. Graminoides	62,3	63,4	39,4	59,9	53,5	64,5
H. no graminoides	36,3	40,0	42,8	38,9	35,6	52,2

P= primavera, V= verano, O= otoño, I= invierno

La menor diversidad de dieta se situó en invierno (1,51 bits) y la mayor en verano (1,76 bits). También la riqueza de especies fue mayor en verano, siendo la menor en otoño e invierno (Tabla 2). Los patrones en cuanto a diversidad de dieta y riqueza de especies mencionados también se observaron en las Sierras de Tortosa y Beceite (Martínez, 1994). En todas las estaciones, excepto en primavera que fue la misma, la diversidad del componente herbáceo de la dieta fue mayor que la del leñoso.

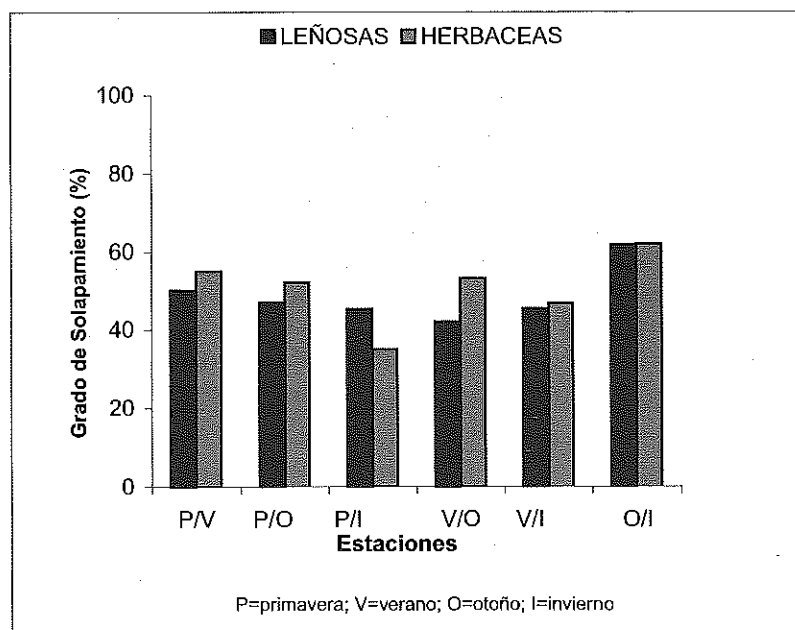


Figura 1. Grado de solapamiento entre las plantas herbáceas y entre las leñosas que componen la dieta estacional de la cabra montés.

Los ungulados silvestres responden a la disminución de la calidad y cantidad de vegetación en el tiempo con cambios en sus hábitos alimentarios (Schwartz y Ellis, 1981; Martínez, 1990, 1992). Así, en la dieta de las cuatro estaciones se observaron diferencias, siendo más acusadas entre alguna de ellas y mucho menos entre otras (Tabla 1). Esto estaría en relación con diversos factores: diferencias en la disponibilidad y calidad de la vegetación, existencia de recursos tróficos permanentes con sus peculiaridades y actividad fenológica, especies que se desarrollan sólo en distintas épocas y zonas, diferentes necesidades energéticas de la cabra en unos periodos y otros, etc. De esta forma, en primavera al ser el periodo de mayor diversidad y producción de biomasa herbácea la cabra montés aprovechó en gran medida dicho recurso. Por otra parte, las gramíneas y ciperáceas en las primeras etapas de su crecimiento tienen mayor digestibilidad que en otros periodos (estado vegetativo más avanzado), lo que también habría influido para que se consumieran más que en otras estaciones (doble que en verano e invierno y casi el doble que en otoño). Este recurso con abundante contenido en fibra y celulosa, contribuiría a cubrir gran parte de las necesidades energéticas en un periodo en que la especie podría padecer estrés alimentario al finalizar un período de limitación de recursos como es el invierno. En verano, al disminuir la calidad de gran parte de las gramíneas, la cabra montés incrementó el consumo de leñosas y también el de herbáceas dicotiledóneas, especialmente sus flores y frutos, aumentando de esta forma el valor energético del alimento. Esto último y la gran riqueza de especies en la dieta sería una forma de compensar la menor eficiencia de los recursos más lignificados. El consumo de flores y frutos ligados a los meses de verano coincidiendo con su desarrollo fenológico también se observó para la cabra doméstica (Aldezabal, 2001). En otoño, la disminución de las plantas herbáceas en relación a primavera y verano, contribuyó a que la cabra aumentara el consumo de material arbustivo y arbóreo principalmente, especialmente *Quercus ilex*. No obstante, también tuvieron interés en la dieta de este periodo las herbáceas gramíneas (sobre todo, gramíneas perennes), ya que las herbáceas no gramíneas se consumieron muy poco debido a ser poco abundantes en este período. En la dieta de invierno ante la escasa disponibilidad de los recursos herbáceos, el material leñoso adquirió considerable importancia, desarrollando la cabra montés un comportamiento alimentario bastante ramoneador. Lo que estaría relacionado con el hecho de que en las áreas mediterráneas gran parte de la vegetación herbácea que surge en primavera es anual, implicando su paulatina disminución y desaparición hasta el invierno. Por otra parte, la disponibilidad de las herbáceas perennes también es menor como consecuencia del estado fenológico de las plantas.

La disminución de variedad y cantidad de recursos herbáceos a lo largo del ciclo estacional, unido a los cambios fenológicos del conjunto de la vegetación habría afectado al consumo de las distintas especies de plantas a lo largo de las estaciones. De esta forma, en primavera y verano al existir una mayor diversidad de recursos, el consumo de distintas especies fue más similar, es el caso de *Phillyrea latifolia* y *Quercus ilex* que siendo las especies más consumidas por la cabra en las 4 estaciones, aportaron cantidades cercanas a las aportadas por especies herbáceas como *Festuca arundinacea*, *Oryzopsis paradoxa*, *Carex* sp. y *Helictotrichon filifolium*. En cambio en otoño e invierno, la incidencia de las especies leñosas anteriores fue bastante mayor que la de cualquier otro recurso, sobretodo la de *Quercus ilex* en otoño que supuso una cuarta parte de su dieta. En invierno ambas especies leñosas junto con *Juniperus oxycedrus* tuvieron un gran interés. Dichas especies son relevantes en disponibilidad (Martínez, 1992), lo que sugiere que en estos dos últimos periodos la cabra consumió mayor cantidad de los recursos más abundantes y disponibles. En verano, *Rubus ulmifolius* tuvo un gran interés respecto al resto de estaciones, influyendo en ello el alto consumo de sus frutos.

CONCLUSIONES

En primavera la cabra montés consumió más vegetación herbácea que leñosa y utilizó las plantas herbáceas, especialmente las gramíneas y ciperáceas, bastante más que en las otras tres estaciones. Las plantas leñosas superaron el 60 % en la dieta de verano, otoño e invierno. En verano las herbáceas no graminoides tuvieron un interés relativamente alto.

Se observó correlación significativa entre la dieta de las cuatro estaciones, excepto entre la de primavera y verano. El mayor grado de solapamiento se observó entre las dietas de otoño e invierno (59,6 %) y el menor entre las de primavera e invierno (41,1 %). La mayor diversidad de dieta se produjo en verano y la menor en invierno.

La cabra montés en todas las estaciones adoptó hábitos alimentarios intermedios. Sin embargo, la tendencia principalmente ramoneadora se incrementó de verano a invierno.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALDEZABAL, A., 2001. *El sistema de pastoreo del Parque nacional de Ordesa y Monte Perdido (Pirineo Central, Aragón)*. Consejo de Protección de la Naturaleza de Aragón, 317 pp. Zaragoza. (España).
- MARTÍNEZ, T., 1990. Régimen alimentario de la cabra montés (*Capra pyrenaica*) en la zona alpina de Sierra Nevada durante los meses de Julio y Agosto. *Ecología*, **4**, 177-185.
- MARTÍNEZ, T., 1992. *Estrategia alimentaria de la cabra montés (Capra pyrenaica) y sus relaciones tróficas con los ungulados silvestres y domésticos en S^a Nevada, S^a de Gredos y S^a de Cazorla*. Tesis Doctoral, UCM, 521 pp. Madrid (España).
- MARTÍNEZ, T., 1994. Dieta estacional de la cabra montés (*Capra pyrenaica*) en los Puertos de Tortosa y Beceite (Área Mediterránea del Noreste de España). *Ecología*, **8**, 373-380.
- MARTÍNEZ, T., 2001. The feeding strategy of Spanish ibex (*Capra pyrenaica*) in the northern Sierra de Gredos (Central Spain). *Folia Zoologica*, **50** (4), 257-270.
- MARTÍNEZ, T., 2002. Comparison and overlap of sympatric wild ungulate diet in Cazorla, Segura and las Villas Natural Park. *Pirineos*, **157**, 103-115.
- RIVAS MARTÍNEZ, S., 1986. *Mapa de las series de vegetación de la Península Ibérica*. Ministerio de Agricultura. Madrid.
- SCHWARTZ, C.C.; ELLIS, J. E., 1981. Feeding ecology and niche separation in some native and domestic ungulates on the shortgrass prairie. *Journal of Applied Ecology*, **18**, 343-353.

Caracterización socioeconómica de las explotaciones con base forrajera de Mallorca (Islas Baleares)

J. GULÍAS¹, F. SÁNCHEZ¹, A. RIGO¹, A. M. LUCAS², H. MEDRANO¹ y J. CIFRE¹

¹Departamento de Biología-Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Agrícola. Grupo de investigación en biología de las plantas en condiciones mediterráneas. Universitat de les Illes Balears. Edificio Guillem Colom. Ctra. Valldemossa km 7.5, Palma de Mallorca. ²Conselleria de Agricultura y Pesca. Gobierno de las Islas Baleares. C/ Eusebi Estada 145, 07009 Palma de Mallorca.

RESUMEN: La identificación de las características socioeconómicas y productivas de la agricultura mallorquina resulta de vital importancia para una correcta planificación de las políticas destinadas a revitalizar este sector a corto y medio plazo. El objetivo del presente trabajo es realizar una primera aproximación a las características socioeconómicas de las explotaciones con base forrajera de Mallorca. Para ello, se seleccionó un número representativo de explotaciones, a cuyos responsables se les realizó una encuesta en la que se demandaban cuestiones relacionadas con aspectos productivos y socioeconómicos. A partir de los datos obtenidos, se clasificaron las diferentes explotaciones mediante un análisis Cluster. Este análisis identificó un tipo principal de explotación que agrupa al 51% de las explotaciones consideradas, caracterizadas por tener una extensión inferior a las 50 ha, donde los cultivos principales son los cereales y los forrajes de secano, y la actividad principal es la cría de ganado ovino para la comercialización de carne. El responsable de estas explotaciones es normalmente una persona de más de 60 años, que se dedica exclusivamente a la actividad agrícola, y que percibe como poco probable la continuidad familiar. En este contexto, se sugieren tres posibles alternativas de futuro para el sector: el aumento del precio de venta de las producciones, el ingreso de rentas complementarias a la actividad agrícola y/o la concesión de ayudas a los productores.

Palabras clave: agricultura extensiva, análisis cluster, sistema de producción.

Socioeconomic characteristics of forage farming in Majorca (Balearic Islands)

SUMMARY: The knowledge of the socioeconomic and productive characteristics of the Majorcan agriculture is of major interest in order to plan proper policies to revitalize this sector. The objective of this work is to identify the main socioeconomic characteristics of the Majorcan forage farming. In this sense, a survey was done to the persons in charge of a representative number of farms. In this survey, socioeconomic and productive questions were addressed. A Cluster analysis was performed in order to group the different farms. From this analysis, a main group was identified, which was made up of 51% of farms. These were mainly characterized to be smaller than 50 ha, where rain fed cereals and forages were the main crops, and sheep breeding was the main activity. The person in charge of these farms was usually more than 60-years old, exclusively devoted to this activity, and thought that his sons will not continue working in the farm. In this context, three possible ways to change this situation are discussed: higher sold prices, additional incomes and subsidies.

Key words: cluster analysis, extensive agriculture, production system.

INTRODUCCIÓN

En el contexto general de los profundos cambios experimentados por la agricultura española en el Siglo XX (principalmente en sus aspectos productivos, de rentabilidad y sociológicos), la evolución de la agricultura en la isla de Mallorca presenta algunas particularidades que acentúan la pérdida de importancia socioeconómica de la agricultura. Así, el hecho insular y el fuerte desarrollo turístico que Mallorca ha experimentado desde la década de 1970 han provocado un aumento adicional, respecto del experimentado en otras zonas de España, del precio de los factores de producción, especialmente de la Tierra y de la mano de obra, aunque también del agua y de los productos agroquímicos. Esto ha originado un descenso de la rentabilidad de la mayor parte de las actividades agrarias, lo que ha dado lugar a un descenso de la importancia del sector primario en Baleares. Este hecho se concreta por una parte en la disminución del porcentaje de población activa de Baleares ocupada en el sector primario, que alcanzó el 2% en 2000 (IBAE, 2001), cuando era del

65% en 1930 (Salvà, 2003), y por otra parte en una caída del porcentaje del PIB de Baleares que corresponde al sector primario, que ha pasado de ser superior al 20% en 1960 a valores inferiores al 2% en 1999 (Rabella, 2000).

Como contraste a esta situación, las actividades agrícolas extensivas están siendo cada vez más valoradas por su función conservadora del paisaje y de la cultura tradicional, valores en alza en las sociedades actuales (González *et al.*, 1998). Este hecho se ve amplificado en regiones como las Islas Baleares, en las que la principal fuente de ingresos es el turismo, una actividad que se apoya de forma clara en una serie de reclamos paisajísticos, entre los que el paisaje agrícola tradicional (compuesto en Mallorca por cultivos extensivos en los que se combina un estrato herbáceo con un estrato arbóreo) es uno de ellos.

En este contexto, resulta de suma importancia identificar las características socioeconómicas principales de un sector primario que ha experimentado, y sigue experimentando, importantes cambios desde el punto de vista socioeconómico y productivo. El objetivo de este trabajo es caracterizar desde un punto de vista socioeconómico, y de forma general, las explotaciones con base forrajera de la isla de Mallorca. Este tipo de explotaciones constituyen una parte importante de las explotaciones extensivas en Mallorca y representan un porcentaje importante de la superficie agrícola de la Isla.

MATERIAL Y MÉTODOS

La selección de las explotaciones con base forrajera de la isla de Mallorca se realizó a partir de la base de datos originada por la solicitud de ayudas de la PAC del año 2002. Se consideró que tenían base forrajera todas aquellas explotaciones que contenían parcelas con alguno de los siguientes cultivos o usos: cereales, forrajes, alfalfa, otros cultivos herbáceos, barbechos y retiradas. Se obtuvieron un total de 4151 explotaciones con dichas características, de las que se seleccionó al azar un número representativo de 64 explotaciones a muestrear (Clavero *et al.*, 1987). Una vez realizada la selección, se contactó telefónicamente con el responsable de la explotación y se le realizó personalmente una encuesta en la que se demandaba información referente a cuestiones generales de tipo socioeconómico y productivo, relacionadas con la estructura y propiedad de la tierra, la orientación productiva de la explotación, las prácticas agrarias y ganaderas y la situación socioeconómica del propio responsable de la explotación.

A partir de la información de tipo socioeconómico recogida en las encuestas, se realizó una clasificación de las diferentes explotaciones mediante un análisis estadístico multivariante de tipo Cluster, utilizando el programa SPSS. En concreto, para dicha clasificación se utilizó la información recogida referente a las siguientes cuestiones:

- Extensión, nº de parcelas, situación y usos de la finca.
- Estructura de la propiedad, seguro agrario y antigüedad de la explotación.
- Tipo de seguridad social agrícola y figura jurídica de la explotación
- Tipo de dedicación, edad, estado civil y estudios del responsable de la explotación.
- Tipo de asesoría técnica y presencia de cultivos subvencionados.
- Destino de la producción y necesidad de adquirir alimento adicional para el ganado.
- Nº de trabajadores y tipo de contrato.

RESULTADOS

A partir del análisis Cluster se obtuvo un tipo principal de explotación con base forrajera en Mallorca. Este tipo principal agrupó al 51% de las explotaciones consideradas. La mayor parte del resto de explotaciones se agruparon en 4 tipos menores más o menos homogéneos, aunque ocho de ellas no encajaron en ningún grupo.

Las explotaciones del tipo principal se encuentran distribuidas por toda la isla de Mallorca, excepto en la sierra de Tramuntana, y se caracterizan por tener mayoritariamente una extensión menor a las 50 ha cuya actividad principal es la ganadera, en concreto la cría de ganado ovino para la comercialización de carne (Figura 1). En estas explotaciones, el responsable de la misma es normalmente una persona de más de 60 años, con estudios primarios, que se dedica exclusivamente a la actividad agrícola, y que es propietario o arrendatario de los terrenos de la explotación. Los cultivos principales son forrajes y cereales de secano que se destinan al consumo de los animales de la propia explotación, aunque la alimentación de estos se complementa con otros productos. Estos cultivos se complementan parcialmente con cultivos hortícolas y viña. El responsable de la explotación no recibe asesoramiento técnico de ningún tipo, recurre a prácticas de abonado y no utiliza fitosanitarios. Asimismo, éste es la única persona que trabaja en la explotación, sin recurrir a la contratación de ningún trabajador. En ocasiones, el cónyuge participa en los trabajos de la explotación, no así los hijos que mayoritariamente trabajan en otros sectores. El responsable de este tipo de explotación piensa que la rentabilidad de la misma es baja o nula y que no es sostenible sin las subvenciones actuales (principalmente de la PAC). Asimismo, percibe como poco probable la continuidad familiar.

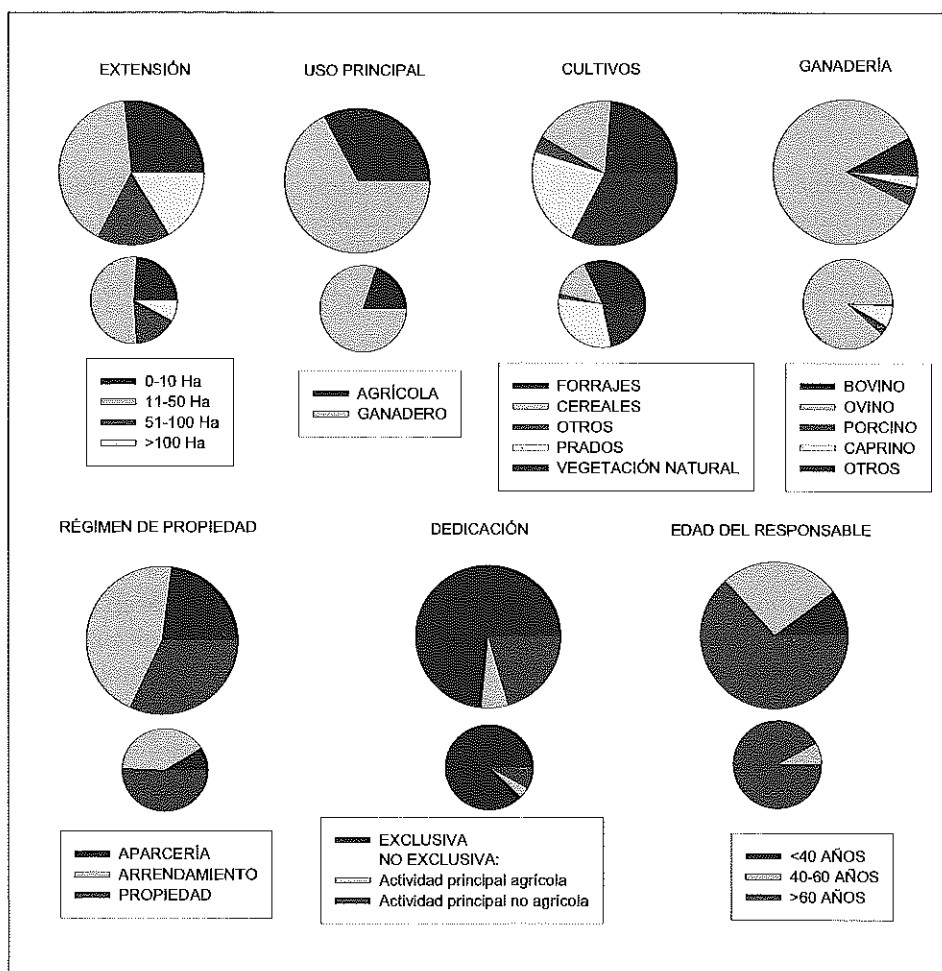


Figura 1. Características socioeconómicas y productivas principales de las explotaciones con base forrajera de Mallorca. Los gráficos de mayor tamaño corresponden al total de las explotaciones consideradas en el estudio, mientras que los gráficos de menor tamaño corresponden a las explotaciones englobadas en el tipo principal surgido del análisis Cluster.

El segundo tipo de explotación agrupa a un porcentaje inferior al 15%. Estas explotaciones se diferencian del tipo principal por ser más parceladas, en las que el peso relativo de la ganadería disminuye, aumentado el de los cultivos, en especial de los cereales. De esta forma, el destino de los productos agrícolas es tanto el consumo propio como la venta. En estas explotaciones, el responsable tiene generalmente entre 40 y 60 años, y se dedica principalmente a otras actividades que no están ligadas con la agricultura.

El tercer tipo de explotación, que agrupa al 8% de los casos considerados, se caracteriza por tener un uso principal agrícola o ganadero (al 50%), una estructura de los terrenos mucho más parcelada y una mayor importancia relativa del ganado porcino que en el resto de casos. El cultivo principal es el cereal, sin ser despreciable la superficie dedicada a pastizales. La producción se destina al consumo propio y a la venta (siendo grano y carne los productos más comercializados). Los responsables de estas explotaciones suelen tener más de 60 años, viven en la explotación, a la que se dedican exclusivamente, y no contratan trabajadores.

El cuarto tipo agrupa al 6% de las explotaciones consideradas, que se caracterizan por tener una extensión menor a las 10 ha y un uso principal exclusivamente agrícola dedicado al cultivo de cereales, forrajes y huerta. Son explotaciones localizadas en la zona central de Mallorca denominada "Pla". Los responsables de las explotaciones son los propietarios de todas las tierras, se dedican exclusivamente a ellas y suelen tener más de 60 años.

El último tipo identificado únicamente agrupa al 4% de las explotaciones, las cuales se diferencian del tipo principal por ser explotaciones de gran extensión cuyo uso principal es agrícola y ganadero, y están dedicadas principalmente a la cría de ganado ovino a partir del cultivo de forrajes y de la explotación de pastizales y pastos con arbolado ralo. El responsable de estas explotaciones tiene menos de 60 años y se dedica exclusivamente a ellas.

El resto de explotaciones (16%) no se agrupa en ningún tipo homogéneo y son muy diferentes entre ellas. No obstante, se puede indicar que, de forma general, son explotaciones de gran extensión en las que la producción ganadera está más diversificada. Los responsables se dedican exclusivamente a la explotación, suelen recibir algún tipo de asesoría técnica y recurren a la contratación, tanto eventual como indefinida, de trabajadores.

DISCUSIÓN

La mayoría de las explotaciones consideradas en este estudio están orientadas al cultivo de cereales y forrajes en secano destinados a la alimentación de ganado ovino. Esto coincide con los datos conocidos de Mallorca, según los cuales los cultivos de cereales y forrajes en secano suponen la mayor parte de la superficie agrícola de la Isla, representando la superficie total de regadío de Baleares el 12% de superficie cultivada (Lucas, 2002). Asimismo, el ganado ovino es, con diferencia, el más abundante en Mallorca: más de 260 000 animales censados en 2003, frente al porcino y al caprino que ese mismo año alcanzaron los 21 000 y 10 000 reproductores, respectivamente (TRAGSA, 2003). Así, podemos considerar como representativa de la mayoría la muestra de explotaciones que componen el presente estudio.

Desde un punto de vista sociológico, la mayoría de las explotaciones, independientemente del tipo en el que fueron clasificadas, se caracterizaron por la avanzada edad de los responsables. En total, más del 60% de los mismos tenía más de 60 años, de los que una parte importante estaban jubilados, y sólo el 10% tenía menos de 40 años. Ésta no es una característica inusual del sector primario en otras Comunidades Autónomas, ni de otros sectores productivos de la Agricultura. Además, en la mayoría de los casos, los hijos de los responsables no trabajaban en la explotación, por lo que la continuidad familiar y el relevo generacional se ven comprometidos, como de hecho es percibido por los encuestados, que en un 65% piensan que no habrá continuidad o que la ven improbable.

Por otra parte, desde un punto de vista económico, es destacable que la mayoría de las explotaciones tienen una extensión igual o inferior a las 50 ha. Esta superficie, si bien se puede calificar de considerable en el contexto general de una Isla de extensión reducida como Mallorca, es insuficiente desde un punto de vista

productivo de una explotación extensiva en el Mediterráneo. Si a estas características se le añade el descenso del precio de venta que buena parte de los productos agrícolas ha experimentado en los últimos tiempos, así como el incremento del precio de la mano de obra, es fácil explicar porqué la mayoría de los encuestados piensan que su actividad es poco o nada rentable e inviable sin subvenciones. En este contexto, la falta de relevo generacional es esperable, más aún si se tienen en cuenta los elevados salarios de otros sectores como el terciario o la construcción.

Las posibles consecuencias del abandono generalizado de una actividad agrícola, la producción forrajera y su ganadería extensiva asociada, que ocupa una buena parte de la superficie agrícola de Mallorca, pueden ser muy serias desde el punto de vista paisajístico, social y cultural. En este sentido, resulta interesante la búsqueda de alternativas para el mantenimiento futuro de estas actividades, que, en cualquier caso, pasan por 3 vías: el aumento del precio de venta de las producciones, el ingreso de rentas complementarias a la actividad agrícola y/o la concesión de ayudas a los productores. Respecto de la primera, la producción de productos con distintivo de calidad que adquieren un elevado valor añadido es una de las opciones más debatidas y consideradas en los últimos tiempos (Cifre, 2002), si bien ya se viene proponiendo desde hace tiempo (Morey, 1987). Ésta supone una alternativa que solventaría el que es identificado como mayor problema para la rentabilidad de las explotaciones por los mismos responsables, los bajos precios de venta. Además, al ser una alternativa que no implica el cambio de actividad (la fuente de ingresos principal sigue siendo la producción de carne, forraje y/o grano), resulta de fácil adopción por parte de los productores. En este sentido, existen ya algunas experiencias en Mallorca que avalan esta opción (Joy *et al.*, 2003). En este contexto, la agricultura ecológica representa una vía establecida dentro de la producción de calidad. Es destacable el importante aumento del número de explotaciones y de la superficie dedicada a agricultura ecológica registrado en los últimos años en Baleares (Riera, 2003). En lo que se refiere a la segunda vía, el ingreso de rentas complementarias, la instalación de establecimientos dedicados al agroturismo es una de las alternativas más llamativas en Mallorca. No obstante, no todas las explotaciones presentan las características necesarias para desarrollar este tipo de actividades, además de que el número de las mismas que puede absorber el mercado mallorquín es limitado, por lo que difícilmente supondría una alternativa generalizable. Por último, la concesión de ayudas o subvenciones a los productores, en concepto de la labor de gestión del medio y del paisaje tradicional que realizan, es una alternativa que está siendo debatida y que genera controversia. Por una parte, cada vez son más valoradas este tipo de labores que buena parte de los agricultores y ganaderos hacen en beneficio de toda la sociedad, pero, por otra, una parte de los mismos productores son los que recelan de las ayudas que no son concedidas en función de su actividad fundamental, que es la producción.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo forma parte del proyecto "Tipificación, Cartografía y evaluación de los pastos españoles" (INIA OT00-037-C17).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CIFRE, J., 2002. Ramadería ovina i cabrum. En *I Congrés rural, documents de treball*, 119-126. Ed. Conselleria d'Agricultura i Pesca. Palma de Mallorca (España).
- CLAVERO, P.; MARTÍN, J.; RASO, J.M., 1987. Estadística Básica para ciencias sociales. Editorial Ariel, 271pp. Barcelona (España).
- GONZÁLEZ, J.L.; ROBLES, A.B.; BOZA, J., 1998. Sistemas pastorales. En *Agricultura sostenible*, 555-574. Eds. R.M. JIMÉNEZ y J. LAMO DE ESPINOSA. Mundi-Prensa, Madrid (España).
- IBAE, 2001. Les Illes Balears en xifres 2001. Govern de les Illes Balears. Palma de Mallorca (España).
- JOY, M.; CIFRE, J.; VERA, R.M.; RIGO, A., 2003. Diseño e implementación de un sistema integral de producción y comercialización conjunta de cordero de calidad en la isla de Mallorca. Resultados preliminares. *ITEA*, 24(2), 809-811.

- LUCAS, A.M., 2002. Les activitats agràries, pesqueres i forestals a les Illes Balears. Conselleria d'Agricultura i Pesca, 281pp. Palma de Mallorca (Espanya).
- MOREY, M., (1987). Posibilidades de la ganadería extensiva en Baleares. En *Actas XXVII Reunión Científica de la SEEP*, 4-9 de mayo 1987, Menoría-Mallorca (Espanya).
- RABELLA, J.M. 2000. Atlas de les Illes Balears. Edicions 62, 47pp. Barcelona (Espanya)
- RIERA, A. (coord.), 2003. Informe econòmic i social de les Illes Balears 2002. Sa Nostra, Palma de Mallorca (Espanya).
- SALVÀ, P.A., 2003. Análisis de la agricultura Balear. Evolución y situación actual. En *Libro blanco de la agricultura y el desarrollo rural*. Ed. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid (Espanya).
- TRAGSA, 2003. SIMOGAN. MAPA-Conselleria d'agricultura i pesca del Govern Balear.

Unidades de pastos en un sistema de producción caprina en el desierto de Mendoza, Argentina

C. B. PASSERA¹⁻², L. I. ALLEGRETTI¹, J. A. PÁEZ¹, G. IBÁÑEZ³ y A. B. ROBLES CRUZ⁴

¹Instituto Argentino de Investigaciones de las Zonas Áridas, C.C. 507, 5500, Mendoza, Argentina. Correo electrónico: lia@lab.cricyt.edu.ar ²Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Cuyo, C.C. 7, 5505, Luján, Mendoza, Argentina. ³Comisión Nacional de Actividades Especiales, CRICYT, 5500, Mendoza, Argentina. ⁴Estación Experimental del Zaidín (CSIC), Profesor Albareda 1, 18008, Granada, España.

RESUMEN: En el estudio se determinaron y caracterizaron diferentes unidades de pastos presentes en un campo de ganadería extensiva caprina, ubicado en el NE del desierto de Mendoza, Argentina. Para ello se utilizó el análisis de fotografías aéreas e imágenes satelitarias, contrastando la información obtenida con las correspondientes evaluaciones a campo. En cada unidad se realizaron inventarios de vegetación y determinaciones de: cobertura aérea total y forrajera, diversidad vegetal y capacidad sustentadora (Unidades Ganaderas Caprinas por ha, UGC ha⁻¹).

Los resultados indicaron que las unidades más importantes, desde el punto de vista forrajero, son: el Algarrobal de *Prosopis flexuosa*, Matorral con *Atriplex lampa*, Matorral con *Tricomaria usillo*, Matorral degradado con *Larrea divaricata* y Médanos, encontrándose valores medios de capacidad sustentadora de: 1,57; 1,84; 0,84; 0,47 y 0,58 UGC ha⁻¹, respectivamente.

Se concluye que las unidades de mayor importancia forrajera son el Algarrobal y el Zampal, y son las de mayores valores de capacidad sustentadora, y junto al Usillar, las que presentan una diversidad de especies forrajeras mayor. Esto confirmaría, en parte, la hipótesis de que las comunidades con mayor riqueza y capacidad sustentadora serían las que presentan mayor diversidad vegetal, en este caso, de especies forrajeras.

Palabras claves: flora forrajera, capacidad sustentadora, diversidad vegetal.

Units of pastures in extensive system of goat production in desert of ne Mendoza, Argentina

SUMMARY: In the study different units of pastures in a field of goat extensive cattle ranch were determined and characterized, located in the NE of the desert of Mendoza, Argentina. This was made by means of the analysis of aerial photography's and satelitarias images, resisting the data obtained with the corresponding evaluations to field. In each unit inventories of vegetation and determinations were made of: total and forage aerial cover, vegetation diversity and carrying capacity (Goat Cattle Units by ha, UGC ha⁻¹). The results indicated that the most important units, from the forage point of view, are the Algarrobal of *Prosopis flexuosa*, Scrub with *Atriplex lampa*, Scrub with *Tricomaria usillo*, degraded Scrub with *Larrea divaricata* and Dunes, being average values of carrying capacity (UGC ha⁻¹) of: 1.57; 1.84; 0.84; 0.47 and 0.58, respectively. We concludes that the units of greater forage importance are the Algarrobal and the Zampal, are those of greater values of carrying capacity and next to the Usillar, those that present a greater diversity of species forages, this would confirm, partly, the hypothesis that the communities with greater wealth and carrying capacity would be those that present greater vegetation diversity, in this case of forage species.

Key words: forage vegetation, carrying capacity, vegetation diversity.

INTRODUCCIÓN

Los principales estudios sobre el árido de Mendoza sugieren que la actividad ganadera extensiva sigue siendo una alternativa válida, cuya racionalización debería tender a una visión más amplia del aprovechamiento de los recursos naturales (Allegretti *et al.*, 1997; Paez *et al.*, 2001; Passera Sassi, 2001; Guevara *et al.*, 2002). Consideraciones sobre silvopascicultura en el SE de España, realizadas por González Rebollar *et al.* (1995), destacan la capacidad del pastoreo extensivo para integrarse en la utilización múltiple del espacio, utilizando en forma sustentable la vegetación nativa.

El área del trabajo está ubicada en el departamento de Lavalle, es un desierto de aproximadamente 10000 km², donde la principal actividad productiva es la ganadería caprina extensiva. Información preliminar obte-

nida en proyectos de investigación en curso en la zona, muestran que la baja productividad sería consecuencia de un deficiente manejo del sistema productivo, como el pastoreo continuo y la sobrecarga animal, y estos factores estarían impidiendo la recuperación de las especies más apetecidas (Paez y Allegretti, 2002). Esta situación podría traducirse en, pocos años en pérdida de cobertura vegetal y fundamentalmente de los elementos forrajeros más valiosos, determinando la no sustentabilidad del sistema. Para evitar estas situaciones debería existir una adecuación de la carga animal con la receptividad del campo natural y con su oferta forrajera estacional. Por ello es fundamental la caracterización espacial y temporal de la capacidad sustentadora.

Los objetivos del estudio fueron determinar las unidades de pastos y caracterizarlas a través de su composición florística, diversidad vegetal y capacidad sustentadora. Como hipótesis de trabajo se planteó que las comunidades con mayor capacidad sustentadora serían las que presentan mayor riqueza y diversidad vegetal.

MATERIAL Y MÉTODOS

El trabajo se llevó a cabo en el Área de Desarrollo Municipal "Bosques Telteca", ubicada en el NE del departamento de Lavalle (Mendoza). Esta región forma parte de la provincia fitogeográfica del Monte, donde se presentan dos tipos diferentes de vegetación, la estepa arbustiva y el bosque. Los suelos son en general arenosos, existiendo áreas donde el material de arrastre lleva a un incremento de texturas finas. Climáticamente corresponde al sector más árido de Mendoza (Hiperárido), con precipitaciones muy escasas, alcanzando los 150 mm anuales, concentradas en primavera-verano y donde se registran temperaturas de hasta 40-44 °C en el verano y hasta -14 °C en el período invernal (Galmarini y Martínez Carretero, 1995). La zona dispone de agua freática de buena calidad, aproximadamente a 8 metros de profundidad. Las determinaciones se realizaron en invierno e inicios de primavera, en la zona de influencia del "puesto" (establecimiento ganadero) "La Majada" (aproximadamente 2000 ha) que está ubicado a 32°19'39,7"LS y 67°54'37"LW, y cuya principal actividad es la cría de ganado caprino, bajo un sistema de producción extensivo, con pastoreo continuo.

Las determinaciones de las unidades de pastos se realizaron en las zonas de pastoreo de los animales, que incluyen áreas del antiguo cauce del río Mendoza y zona aledañas al mismo. Esto se realizó a través de fotografías aéreas (Robles, 1991) e imágenes satelitarias (Ibáñez, 2001). Para ello se utilizó una imagen Landsat 5 TM, Path 231 Row 282. Se emplearon para el estudio dos bandas del visible (B2,B3), una del NIR (B4) y una del SWIR (B5). El error medio fue de 0.5 píxeles (15 metros). Los tratamientos para resaltar comunidades vegetales fueron: el IV (índice de vegetación), NDVI (índice de vegetación normalizado), CP (componentes principales), IHS (matiz, saturación y brillo), con las bandas 3, 4 y 5. Las unidades determinadas se corroboraron a campo mediante el estudio y caracterización fisonómica de la vegetación (Long, 1974; Passera *et al.*, 2001). En cada unidad se realizó, siguiendo el método de Braun Blanquet, un inventario de todas las especies vegetales presentes (riqueza), asignándose a cada una el grado de abundancia-dominancia y la forma biológica. En las unidades de mayor importancia ganadera, determinadas en función de información preliminar, se ubicaron al azar ocho transectos, en cada uno de ellos se evaluaron 100 puntos, cada 30 cm, y se realizaron determinaciones de cobertura vegetal aérea total y de especies forrajeras, mediante el Método de Point Quadrat modificado por Daget y Poissonet (1971) y adaptado para la zona del Monte por Passera *et al.* (1983). Con este mismo método se calculó la capacidad sustentadora, expresada en Unidades Ganaderas Caprinas por hectárea (UGC ha⁻¹) (Allegretti *et al.*, 2002). La diversidad vegetal total y de especies forrajeras se calculó en base al índice de Shannon (Allegretti *et al.*, 1997). Los datos de cobertura vegetal total, cobertura de especies forrajeras, capacidad sustentadora e índices de Shannon fueron sujetos a análisis de la varianza (ANOVA), para la separación de medias se utilizó el test de Tukey.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las unidades de pasto determinadas fueron, en el antiguo cauce del río Mendoza: Bosque de *Prosopis flexuosa* DC. (Algarrobal), Matorral degradado (mediano porcentaje de suelo desnudo) y Peladal (zonas con alto porcentaje de suelo descubierto y escasa vegetación) (datos no mostrados). En las zonas aledañas al pale-

oauce se identificaron las unidades de mayor importancia forrajera: Algarrobal de *Prosopis flexuosa*; Matorral con *Atriplex lampa* Gill. ex Moq. (Zampal); Matorral con *Tricomaria usillo* Gill. ex Hook. ex Arnott (Usillar); Matorral degradado con *Larrea divaricata* Cav. (Jarillal) y Médanos.

La principal especie que constituye el Algarrobal (bosques de algarrobo) es el algarrobo dulce, árboles de 4 a 12 m de altura, con una cobertura total entre 50-65%. En coincidencia con lo encontrado por Gonzalez Loyarte *et al.* (2000), los bosques se localizan en valles intermédanos y en las llanuras suavemente onduladas, donde sus raíces pueden llegar a la capa freática. En el estrato arbóreo también puede estar presente el chañar (*Geoffroea decorticans* (Gill. ex Hook. et Arn.) Burk.), incluso constituyendo bosques de esta especie. Ambas comunidades fueron intensamente explotadas a principios de siglo, con el objeto de extraer madera y leña. Actualmente constituyen además, muy buenos recursos forrajeros en primavera-verano.

Según los inventarios realizados (Tabla 1) y coincidiendo con otros autores (Galmarini y Martínez Carretero 1995; Cesca, 2003), el algarrobo está normalmente acompañado por otra especie que también posee buen valor forrajero, el atamisque (*Capparis atamisquea* Miers ex Hook. et Arn.), arbusto que crece bajo el dosel del bosque. Cuando el bosque se presenta más abierto, con signos de haber sufrido tala o quema, acompañado de sobrepastoreo, aumenta la presencia de arbustos (arbustización del sistema) y uno de los que aparece en forma más frecuente es el retamo (*Bulnesia retama* (Gill. ex Hook.) Griseb.).

En el Zampal, la especie de mayor importancia es *Atriplex lampa*, arbusto de gran valor forrajero sobre todo en la época de fin de invierno-inicio de primavera (Passera y Borsetto, 1989), coincidente con una época de escasas o nulas precipitaciones y muy baja receptividad del campo. En sitios donde aumenta la salinidad aparecen jume (*Allenrolfea vaginata* (Griseb.) Kuntze) y vidriera (*Suaeda divaricata* Moq.) (González

Tabla 1. Inventario de especies, grado de abundancia-dominancia y forma biológica según unidades de pastos.

UNIDADES DE PASTOS	Algarrobal	Zampal	Usillar	Jarillal	Médanos	Forma Biológica
Cobertura Total (%)	56,25	61	41,5	48	45,5	-
Cobertura Forrajeras (%)	56,25	59,8	36,5	29	37	-
msm	539	550	545	544	557	-
<i>Prosopis flexuosa</i>	2	+	+	+	+	M
<i>Atriplex lampa</i>	1	2	-	-	-	N
<i>Bulnesia retama</i>	1	+	R	1	+	M
<i>Lycium tenuispinosum</i>	1	2	1	1	-	N
<i>Geoffroea decorticans</i>	+	+	+	R	-	M
<i>Bougainvillea spinosa</i>	R	R	R	+	+	N
<i>Capparis atamisquea</i>	1	+	+	+	-	N
<i>Tricomaria usillo</i>	+	+	2	R	1	N
<i>Ephedra spp.</i>	-	-	-	-	R	N
<i>Mimozyanthus carinata</i>	-	-	-	-	+	N
<i>Ximena americana</i>	-	-	-	R	R	N
<i>Suaeda divaricata</i>	R	1	-	-	-	N
<i>Lycium chilense</i>	R	R	-	-	-	N
<i>Larrea divaricata</i>	-	-	R	2	1	N
<i>Junellia spp.</i>	-	-	-	R	R	C
<i>Cassia aphylla</i>	R	-	-	R	R	C
<i>Trichloris crinita</i>	1	+	R	R	+	H
<i>Pappohorum philippianum</i>	R	R	-	R	+	H
<i>Aristida mendocina</i>	R	R	R	+	1	H
<i>Digitaria californica</i>	R	-	-	-	-	H
<i>Setaria leucopila</i>	+	-	R	R	-	H
<i>Sporobolus rigens</i>	-	-	-	-	+	H
<i>Sporobolus phleoides</i>	+	-	-	-	-	H
<i>Panicum urvilleanum</i>	-	-	-	-	2	H

M: Microfanerófitas (árboles de 2 a 8 m); N: Nanofanerófitas (arbustos); C: Caméfitas (arbustos que se desarrollan próximos al suelo) y H: Hemicriptófitas (herbáceas y gramíneas perennes). Escala abundancia-dominancia: -: ausente; R: rara; + : cobertura menor al 1%; 1: 1-5%; 2: 5-25%

Loyarte *et al.*, 2000). En esta unidad y en el Algarrobal, el estrato herbáceo es importante, y está representado principalmente por Gramíneas como *Trichloris crinita* Lag. (Parodi); *Aristida mendocina* Phil. y *Setaria leucopila* (Scribner *et Merrill*) K. Sch. (Tabla 1), además se encuentra *Sporobolus phleoides* Haekel, especie que es asociada a suelos limosos con remoción superficial (Gonzalez Loyarte *et al.*, 2000).

En el Usillar, el bosque aparece más abierto, predominando *Tricomaria usillo*, especie de buen valor forrajero en primavera-verano. El llauillín (*Lycium tenuispinosum* Miers *ex Bet.*), aparece asociado a todas las formaciones vegetales y lugares con remoción de suelos. En el Jarillal, la presencia de árboles y de especies de valor forrajero disminuye, aumentando la presencia de especies como jarilla y retamo, relacionadas con degradación del ambiente. En los Médanos se presentan las especies más afines a los suelos arenosos (psamófilas), tanto herbáceas como arbustivas: tupe (*Panicum urvilleanum* Kunth), junquillo (*Sporobolus rigens* (Trin.) Desv.) y efedra (*Ephedra* spp.). Como especies no forrajeras en todas las unidades se encontró monte negro (*Bougainvillea spinosa* (Cav.) Heimerl) y además, en el Jarillal y Médanos, *Junellia* spp.

En la Tabla 1 se presentan los inventarios de vegetación correspondientes a las unidades de pastos más importantes desde el punto de vista forrajero, con la asignación por especie del grado de abundancia-dominancia y forma biológica. En cuanto a riqueza, no se encontraron diferencias apreciables entre las distintas unidades.

El Algarrobal y el Zampal son las comunidades que presentan, significativamente ($P < 0,05$), mayores valores medios de cobertura total y de forrajeras y de capacidad sustentadora (Tabla 2). En tanto que el Usillar, el Jarillal y Médanos, presentan entre sí valores medios similares para estos parámetros, pero significativamente menores respecto del Algarrobal y Zampal, (Tabla 2). La diversidad vegetal total fue similar para todas las unidades, pero se encontraron diferencias significativas ($P < 0,05$) respecto de la diversidad de forrajeras según las distintas unidades de pastos (Tabla 2). El Algarrobal, Zampal y Usillar son las que presentan mayor diversidad de especies forrajeras, en cambio ésta es menor en los ambientes más degradados, como el Jarillal y los Médanos. Coincidiendo con otros trabajos realizados en la zona del Monte, el Algarrobal y Matorral con zampa son las comunidades vegetales que presentan mayores valores de capacidad sustentadora y por lo tanto mayor aptitud forrajera (Passera *et al.*, 1992, Allegretti *et al.*, 1997).

Tabla 2. Valores medios de cobertura aérea total (%); cobertura de especies forrajeras (%); capacidad sustentadora (UGC ha⁻¹) e índice de Shannon total y de forrajeras para las distintas unidades de pastos

UNIDADES DE PASTOS	Cobertura Total	Cobertura de Forrajeras	Capacidad Sustentadora	Índice de Shannon	
				Total	Forrajeras
Algarrobal	56,25a	56,25a	1,57a	1,75aA	1,71aA
Zampal	61,00a	59,8 a	1,84a	1,77aA	1,69aA
Usillar	41,5 b	36,5 b	0,84b	1,77aA	1,70aA
Jarillal	48,00b	29,00b	0,47b	1,88aB	1,21bC
Médanos	45,5 b	37,00b	0,58b	1,77aB	1,19bC

Diferentes letras en cada columna (minúsculas) y fila (mayúsculas) representan diferencias significativas ($p < 0,05$) entre medias

CONCLUSIONES

Las unidades más importantes desde el punto de vista forrajero son el Algarrobal y el Zampal, que son las que poseen mayores valores de capacidad sustentadora, y junto al Usillar, las que presentan una mayor diversidad de especies forrajeras, esto confirmaría, en parte, la hipótesis propuesta. Respecto de la riqueza, la hipótesis no se confirma, esto tal vez se debió a que las determinaciones no pudieron realizarse en todas las épocas del año por problemas climáticos. A fin de establecer, en el futuro, pautas de manejo sustentable, deberán estudiarse la composición florística forrajera, capacidad sustentadora y diversidad vegetal a lo largo de todo el año.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEGRETTI, L.; PASSERA, C.; ROBLES, A., 1997. Short- and long-term effects of shrub management on vegetation in the Monte, Argentina. *J. Arid Environm.*, **35**, 685-693.
- ALLEGRETTI, L., PAEZ, J.; PASSERA, C.; ROBLES, A., 2002. Producción caprina sustentable en la reserva provincial "Manzano Histórico", Mendoza, Argentina. En *Actas XLII Reunión SEEP*. 515-520.
- CESCA, E. M., 2003. Efecto de *Prosopis flexuosa* sobre las especies palatables y su importancia para el manejo pastoril en el Área de Desarrollo Municipal del Departamento de Lavalle. Tesina de grado, Universidad de Congreso, Mendoza, Argentina.
- DAGET, PH., POISSONET, J., 1971. Une méthode d'analyse phytologique des prairies. Critères d'application. *Ann. Agron.*, **22**, 5-41.
- GALMARINI, I.; MARTÍNEZ CARRETERO, E., 1995. *Guías botánicas para la Provincia de Mendoza. II. Reserva Natural Telteca*. Boletín de Extensión Científica, 59 pp. Ed. IADIZA, Mendoza (Argentina).
- GONZÁLEZ LOYARTE, M.; RODEGHIERO, A.G.; BUK, E.; RIONE, S., 2000. Análisis comparativo de dos comunidades en el bosque de *Prosopis flexuosa* DC. del NE de Mendoza, Argentina. *Multequina*, **9**, 75-89.
- GONZALEZ REBOLLAR, J. L., PASSERA, C.; DE LA CRUZ, R., 1995 La "intensificación" del pastoreo extensivo y consecuencias no deseadas del la P.A.C. algunos ejemplos y propuestas. *Paralelo 37º*, **16**, 141-145.
- GUEVARA, J.C., ESTÉVEZ, O. R., STASI, C.; GONNET, J., 2002. Perennial grass response to 10-year cattle grazing in the Mendoza plain, mid-west Argentina. *J. Arid Environm.*, **29**, 115-122.
- IBÁÑEZ, G., 2001. Estimación de la superficie implantada con vid en los oasis productivos de Mendoza, 2001. Programa Evaluación de la Cosecha Vitícola de Mendoza. IDR, Mendoza.
- LONG, G., 1974. *Diagnostic phytoécologique et aménagement du territoire*. Tome I. Ed. Masson. 252 pp. Paris (Francia).
- PAEZ, J., SILVA, J. ALLEGRETTI, L.; BOZA, J., 2001. Potencial productivo de la cabra criolla "mendocina". *Anales de la Real Academia de Ciencias Veterinarias de Andalucía Oriental*, **14**, 191-200.
- PAEZ, J.; ALLEGRETTI, L., 2002. Estudio de prefactibilidad para el desarrollo de microempresas de pequeños productores caprinos del desierto mendocino como estrategia de arraigo, participación y desarrollo local, 150 pp. Informe interno IADIZA.
- PASSERA SASSI, C. B., 2001. Pastoralismo de las zonas áridas y semiáridas de Argentina. En *Actas XLI Reunión Científica SEEP*. Alicante. España.
- PASSERA, C., DALMASSO, A.; BORSETTO, O., 1983. Método de Point Quadrat Modificado. En: *Taller de arbustos forrajeros para zonas áridas y semiáridas*, 71-79 y 135-153. Ed. FAO/IADIZA. Mendoza (Argentina).
- PASSERA, C.B. ; BORSETTO, O., 1989. Aspectos ecológicos de *Atriplex lampa*. *Investigación Agraria: Producción y Protección Vegetales*, **4**, 179-198.
- PASSERA, C.B.; BORSETTO, O.; CANDIA, R.J.; STASI, C.R., 1992. Shrub control and seeding influences on grazing capacity in Argentina. *J. Range Management*, **46**, 480-482.
- PASSERA SASSI, C.; GONZÁLEZ REBOLLAR, J.; ROBLES, A.; ALLEGRETTI, L., 2001. Determinación de la capacidad sustentadora de pastos de zonas áridas y semiáridas del sureste ibérico. En *Actas XLI Reunión Científica SEEP*. Alicante. España.
- ROBLES, A. B., 1991. Evaluación de la oferta forrajera y capacidad sustentadora de un agosistema semiárido en el Sudeste Ibérico. Tesis doctoral. Serv. Publ. Univ. Granada, España.

Distribución de la "oferta" de bellota (cantidad y calidad) de encina (*Quercus ilex* Lam. ssp. *ballota*) en "montanera" en dehesas del S.O. de Extremadura

L. OLEA, M. J. POBLACIONES, J. VIGUERA, y B. OLEA

Departamento de Biología y Producción de los Vegetales, Universidad de Extremadura, carretera de Cáceres s/n, C.P. 06071, Badajoz, España. E-mail: lolea@unex.es

RESUMEN: Durante los períodos de "montanera" (Octubre-Enero) de 1997/98 y 1998/99 se midió en cinco dehesas del S.O. de Extremadura, la bellota caída de las encinas (*Quercus ilex* Lam. ssp. *ballota*) cada quince días, así como su calidad y proporción almendra/cáscara. La producción media de la zona es de 600 a 830 kg M.S. ha⁻¹ de bellota, con una distribución media a lo largo del año en forma similar a una curva de Gauss. La interacción lluvias de Octubre con plagas de *Balaninus elephas* provoca gran caída de bellota en Octubre y escasa en Noviembre. No aparecen diferencias significativas en la calidad de la bellota disponible a lo largo de la "montanera" aunque es menor en las "montaneras" con otoños lluviosos. La proporción almendra/cáscara media fue del 71% con diferencias entre años y dehesas.

Palabras clave: pastoreo extensivo, proteína bruta.

Distribution of the "offer" of acorn (quality and proportion) of the oak (Quercus ilex Lam. ssp. ballota) in "montanera" in pastureland in the south west of Extremadura.

SUMMARY: During the "montanera" periods (October-January 1997-98 and 1998-99. Five pasturelands were measured in the South West of Extremadura. The acorns fell to the ground from *Quercus ilex* every fifteen days, besides their almond/shell, quality and proportion. The average production in the area is from 600 to 830 kg D.M. ha⁻¹ of acorn falling in October and scarce in November. No significant differences turned up in the quality of the acorn available throughout the "montanera" even though its quality is lower when "montaneras" with rainy autums. The average almond/shell proportion was 71 % with differences between years and pastureland.

Key words: extensive pastures, net protein.

INTRODUCCIÓN

El ecosistema dehesa, que se extiende por el S.O. de la Península Ibérica, tiene en Extremadura unos 1,2 millones de ha. La dehesa tiene en los estratos arbóreo (encinas y alcornoques) y herbáceo (principalmente plantas anuales) la base de sus recursos alimenticios para la ganadería extensiva que la pastorea.

El fruto de la encina (*Quercus ilex* ssp. *ballota*) y del alcornoque (*Quercus suber*), es la bellota, que es el recurso alimenticio más importante de estos árboles, y donde el ganado porcino de tronco ibérico es el principal consumidor en pastoreo extensivo de "montanera" (Octubre a Enero) (Olea *et al.*, 1997). La producción anual de bellota de encina y alcornoque es utilizada por el porcino, y a veces también por los rumiantes pobladores domésticos de la dehesa, cuando se cae del árbol al suelo de forma natural.

Las producciones anuales de bellota en las dehesas del S.O. de Extremadura son variables, igual que en otras zonas de dehesa de España (Martín Vicente *et al.*, 2002; Porrás Tejerino, 1998; Zulueta y Cañellas, 1989).

La distribución de la caída de bellota en la "montanera" ha sido poco estudiada, pero su conocimiento es de gran importancia para realizar una buena programación de aprovechamientos por parte del ganadero de la dehesa. Aún más desconocidos son los factores que inciden en esa caída y la interacción distribución de caída/calidad del fruto.

En este trabajo se pretende evaluar la producción anual de bellota, la distribución ("oferta" a los animales) en el tiempo de "montanera", su calidad y la interacción entre estos últimos factores.

MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se realizó en 5 dehesas representativas del S.O. de la provincia de Badajoz (Extremadura), durante las montaneras de 1997-98 y 1998-99. Las características edafoclimáticas de estas 5 dehesas son las típicas de esas zonas, teniendo una densidad arbórea de entre 20 y 45 pies ha⁻¹.

Para el muestreo de la bellota caída se ha utilizado el método de distribución y extrapolación de Zulueta y Cañellas (1989), en base a la colocación de bidones de chapa bajo las copas de los árboles, ocupando una superficie de 0,283 m²/árbol, con 4 repeticiones.

Se han realizado los controles siguientes:

- Climáticos de cada dehesa donde se ha trabajado.
- Ataques de plagas que puedan incidir en la caída y en la calidad del fruto.
- Producción de bellota "ofertada" a los animales (caída al suelo) cada quince días, desde el 1 de Octubre hasta el 15 de Enero de cada año de estudio, y la producción total anual.
- Proporción almendra/cáscara, de forma manual por diferencia de pesos.
- La calidad de la bellota "ofertada" a los animales para su alimentación medida por: proteína bruta (método Kjeldahl), calcio (método de absorción atómica), fósforo (método Kjeldahl), energía metabolizable (por bomba calorimétrica) y digestibilidad de la materia orgánica (método de Van Soest).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Climatología

En la Tabla 1 se indican los datos climáticos de los 2 años de estudio y la media de los 30 últimos años para las dehesas objeto del trabajo.

El año 1998-99 fue similar en general al año medio en todas las dehesas salvo en la lluvia de otoño que fue entre un 65 y un 75% inferior, mientras que el año 1997-98 fue más lluvioso, especialmente en otoño. En todos los casos se trata de clima semiárido mediterráneo (L'Honorou, 1975).

Tabla 1. Climatología. (Temperatura media anual, pluviometría anual y pluviometría otoñal)

	Año	Tapada	Mampolín	Quintana	Crespa	Bujardo
Tª Media	97-98	18	18,2	18	17,8	17,9
	98-99	15,3	17,8	17,5	16,3	16,9
	Media 30 años	16,3	16,1	16	16,8	16,7
Pluv. anual	97-98	766	912	903	932	928
	98-99	501	760	740	766	755
	Media 30 años	511	681	675	693	687
Pluv. Otoñal	97-98	400	503	489	512	520
	98-99	130	174	168	173	181
	Media 30 años	149	269	258	268	271

Edafología

Los suelos son de características similares en todas las dehesas del proyecto, asentadas sobre rocas de pizarra o granito.

Análisis en el inicio del proyecto indican que se trata de suelos cuya textura oscila de franco-arenosa a franca, con profundidad media y pH ácidos (6,0 a 6,9 de pH en H₂O). Además son suelos pobres en fósforo y nitrógeno.

Producción anual y distribución de la bellota “ofertada” a los animales

La producción anual en las cinco dehesas de los dos años de estudio y su media, se indica en la Tabla 2. La Figura 1 indica la distribución de la “oferta” de bellota a los animales en la “montanera” para los años 1997-98 y 1998-99 y su media, de las cinco dehesas.

Los valores de la producción anual están en línea con los obtenidos por Torrent (1963), Porras (1998) y Martín Vicente *et al.*, 2002 para Andalucía Occidental; Álvarez *et al.*, 2002 para Salamanca y Montoya (1989) y Montero *et al.*, 1998 para el Centro de España.

El 2º año para las cinco dehesas presenta una distribución lógica, con máximo de caída en la 2ª quincena de Noviembre y mínimo en la 1ª quincena de Octubre (se empieza a “ofertar” a los animales) y 1ª quincena de Enero (se ha caído toda la bellota del árbol).

El 1º año fue irregular en cuanto a las cantidades de bellotas caídas al suelo debido a la incidencia de dos factores: otoño muy lluvioso, casi el doble a la lluvia esperada (Tabla 1) y al gran ataque del *Balaninus elephas*; entre el 24 y el 49 % de la bellota caída en Octubre estaba atacada por esta plaga (Poblaciones *et al.*, 2004).

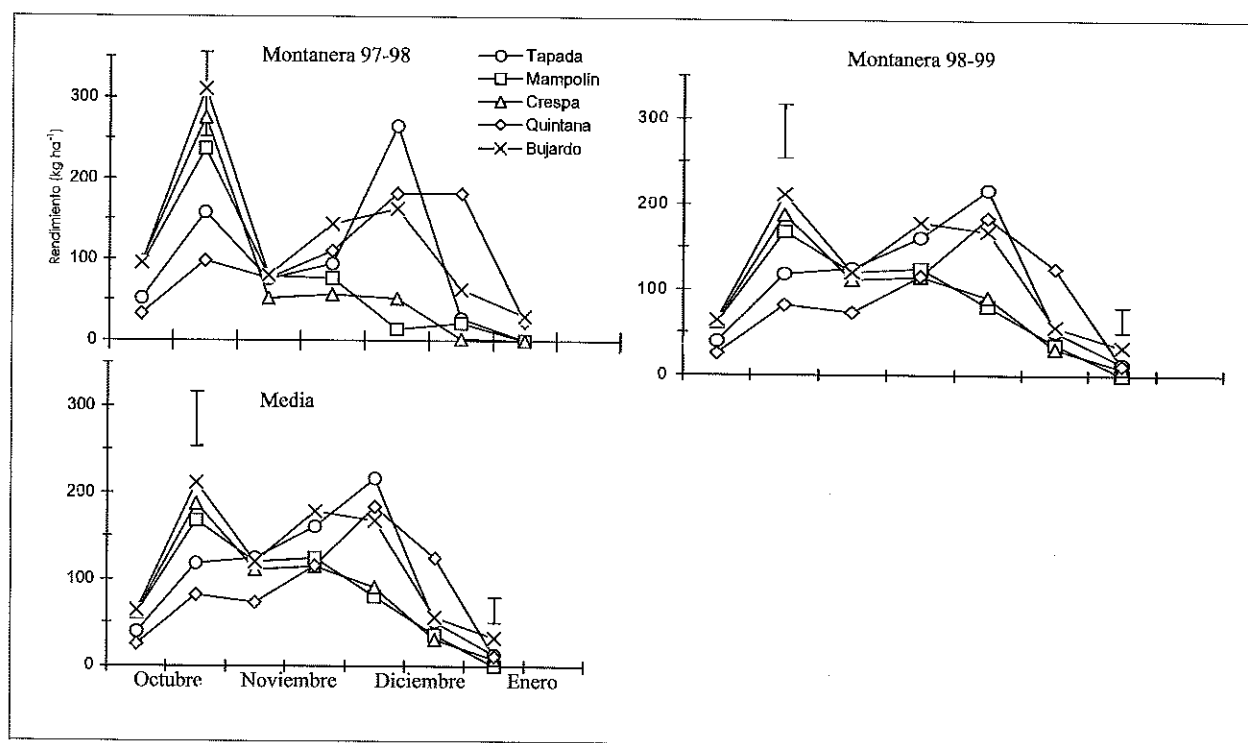


Figura 1. Evolución de la caída de la bellota las montaneras 97-98, 98-99 y su valor medio.

Tabla 2. Producción anual de bellotas en cada dehesa, durante los años de estudio.

Finca	Producción anual (kg ha ⁻¹)		
	1997/98	1998/99	Media
Tapada	673	776	724,5
Mampolín	522	660	591
Crespa	536	678	607
Quintana	708	529	618,5
Bujardo	888	773	830,5

Calidad de la "oferta" de bellota a los animales

Se ha determinado por:

Proporción almendra/cáscara: se indican los resultados para las cinco dehesas en la Tabla 3 para los dos años de estudio así como su media en línea con la bibliografía (Cañellas *et al.*, 1991; Boza *et al.*, 1962). El año 1998-99 da valores almendra/cáscara superiores al año 1997-98 debido, sin lugar a duda, a la incidencia del binomio: alta lluvia otoñal por *Balaninus elephas*, que provoca la caída de los frutos más vulnerables (atacados). No existen diferencias significativas entre dehesas para ningún año, ni para el año medio.

En la Figura 2 se indican los resultados de proteína bruta, calcio, fósforo, energía metabolizable y digestibilidad de la materia orgánica para la media de los años en las dehesas, de las "montaneras" de 1997-98, 1998-99 y su valor medio. Los valores están en línea con los de otros autores (Olea *et al.*, 1997; Boza *et al.*, 1992) o ligeramente por debajo (Cañellas *et al.*, 1991).

No existen, salvo para la proporción de calcio en la "montanera" de 1997-98, diferencias significativas en ninguno de los índices de calidad. Por lo tanto, si la bellota la aprovecha el porcino en un máximo de quince días después de su caída, las calidades son las mismas durante toda la "montanera", tal vez sería distinto si la bellota estuviera más tiempo en el suelo, pero con los resultados este trabajo no se puede deducir nada.

En la Tabla 4 se indican los valores comparativos entre las dos montaneras, apreciándose mayor proporción significativa de proteína bruta en el año 1998-99 (5,67 %), aunque en la proporción de calcio ocurre al revés. Entre los valores de fósforo, energía metabolizable y D.M.O. no existen diferencias significativas. Aunque no siempre con significación, es verdad, que el año con menor incidencia del *Balaninus elephas* y con otoños menos lluviosos, se produjo en toda la "montanera" frutos de mayor calidad (Tabla 4).

Tabla 3. Proporción almendra/cáscara para cada año de estudio

Finca	Montanera 1997-98	Montanera 1998-99
Tapada	68,70	76,75
Mampolín	71,70	74,75
Crespa	66,50	77,25
Quintana	66,50	75,83
Bujardo	65,50	72,00
Media	67,78	75,32

Tabla 4. Índices de calidad (P. B., Ca, P. E. M. y D.M.O.) medias de las dos montaneras.

Fecha	P. B.	Ca (%)	P (%)	E. M. (cal kg ⁻¹)	D. M. O. (%)
Montanera 1997-98	3,72b	0,26a	0,08	2907,92	82,12
Montanera 1998-99	5,67a	0,18b	0,09	3126,92	88,09
Media de montaneras	4,70	0,22	0,09	3017,42	85,11

* Letras distintas indican la existencia de diferencia significativa al 95 % de probabilidad.

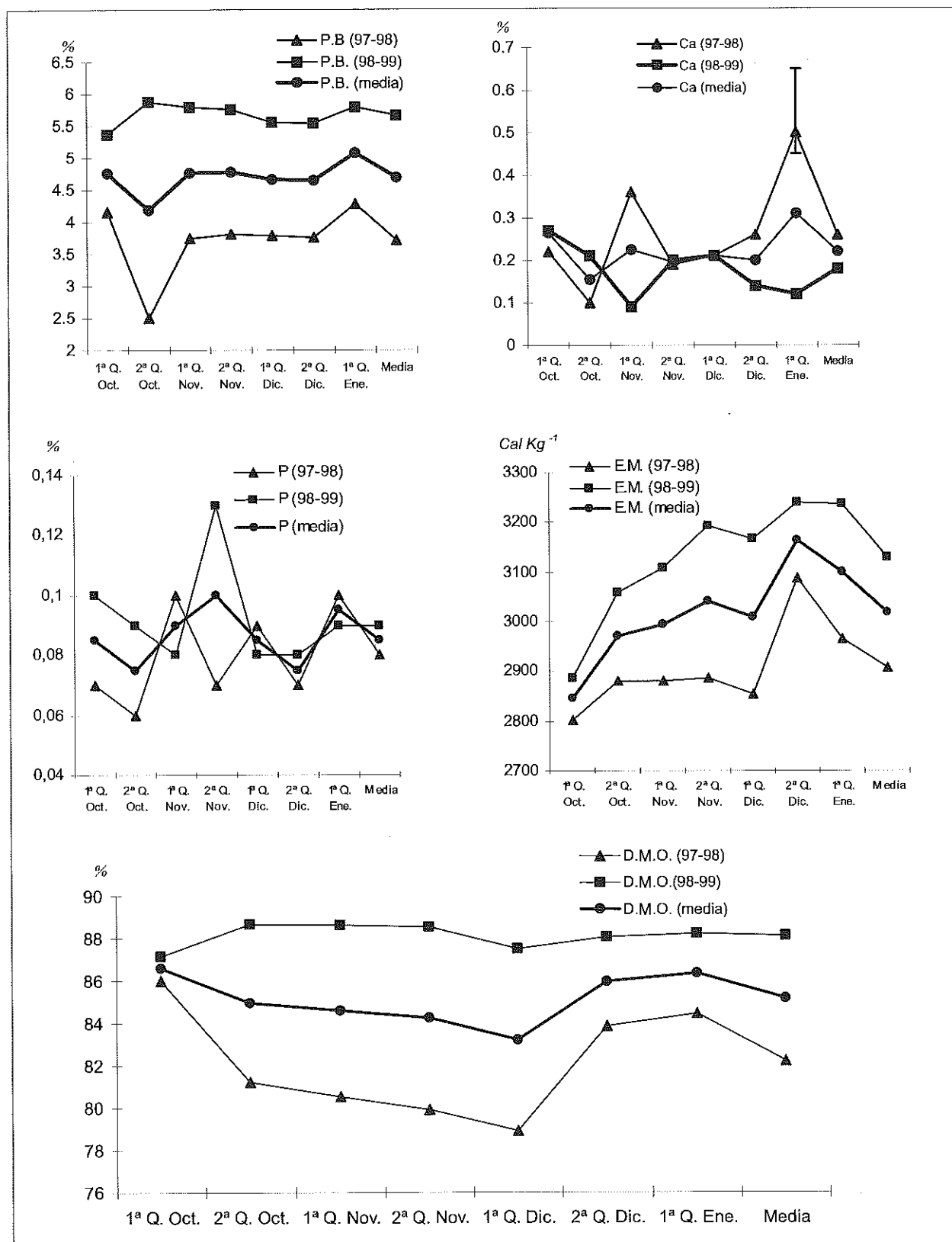


Figura 2. Evolución de los índices de calidad (P B. (%), Ca (%), P (%), E. M. (cal Kg⁻¹) y D.M.O. (%)) en cada montanera estudiada y en su media.

CONCLUSIONES

Aunque son sólo los datos de dos años, pueden deducirse algunas conclusiones como las siguientes:

La producción anual de bellota osciló entre 600 y 830 kg MS ha⁻¹ año⁻¹.

En años climatológicamente normales (similares al año medio a esperar) la distribución de la bellota caída ("ofertada" a los animales) se aproxima a una curva de Gauss con máximos entre el 15 de Noviembre y 15 de Diciembre. Se comienza a caer la bellota en la 1ª quincena de Octubre y termina en la 2ª quincena de Enero.

Los valores medios de calidad para la bellota son de: 4,70% para la proteína bruta, 0,22% para el calcio, 0,09% para el fósforo, 3017,42 cal kg⁻¹ y 85,11% para la digestibilidad de la materia orgánica.

No hay diferencias de calidad (PB., Ca, P, Energía Metabolizable y D.M.O.) entre la bellota caída del árbol en todo el tiempo de "montanera".

La proporción media de almendra/cáscara es de 3 a 1 (75% almendra, 25% cáscara), disminuyendo los años de otoño lluvioso (coincidentes con ataques de *Balaninus elephas*) a la vez que lo hace la calidad del fruto en general.

BIBLIOGRAFÍA

- ÁLVAREZ, S., MORALES, R., BEJARANO, L. y DURÁN, A., 2002. Producción de bellota en la dehesa salmantina. En *Producción de Pastos, forrajes y céspedes*. XLII R.C. de la SEEP, 645-651. Lérica.
- BOZA, J.; VARELA, G. y TORRENT, J., 1962. Digestibilidad y valor nutritivo de la bellota en cerdos y estudio de la capacidad de asentamiento de encinares. En *Actas IV Semana de Nutrición Animal*. Sevilla.
- CAÑELLAS, I., SAN MIGUEL, A., 1991. Evaluación de la producción silvopastoral de la dehesa extremeña: pastos, bellota y biomasa de ramas podadas. En *Actas XXXI Reunión Científica de la SEEP*, 234-240. Madrid.
- L'HONEROU, 1975. Bioclimatología de la región mediterránea. Seminario. La Orden, CRIDA 08. Badajoz.
- MARTÍN, A., INFANTE, J.M., GARCÍA GORDO, J., MERINO, J.A., FERNÁNDEZ, R. 1998. Producción de bellotas en montes y dehesas del suroeste español. *Pastos*, **XXVIII** (2), 237-248.
- MARTÍN VICENTE, A.; INFANTE, J.M.; GARCÍA GORDO, J.; MERINO, J. y FERNÁNDEZ ALÉS, R., 2002. Producción de bellotas en montes y dehesas del suroeste español. *Pastos*, **XXVIII** (2), 237-248.
- MONTERO, G., SAN MIGUEL, A., CAÑELLAS, I., 1998. Sistemas de silvicultura mediterránea. En *La dehesa en Agricultura Sostenible*. Ed. Jiménez Díaz. Agrofuturo, Life y Mundiprensa, 519-554. Madrid.
- MONTOYA, J.M. 1989. *Encinas y encinares*. Editorial Mundiprensa. Madrid.
- OLEA, L., PAREDES, J., 1997. Influencia de la superficie disponible y del tamaño del rebaño en los pastos mejorados y con la producción de la dehesa en el S.O. de España. *Pastos*, **XXVII** (2), 219-247.
- POBLACIONES, M.J.; LÓPEZ-BELLIDO, R.; OLEA, L. y BENITO, C., Evaluation of the production of acorn of the oak (*Quercus ilex Lam. ssp. ballota*) from the of southwest of Extremadura (Spain). En *Congreso Internacional de Silvopastoralismo y Manejo Sostenible*. Lugo.
- PORRAS TEJERINO, C., 1998. Efecto de la poda de la encina (*Quercus rotundifolia Cam.*) en los aspectos de producción y den el grosor de la bellota. En *Actas de la XXXVIII R.C. de la SEEP*, 381-384. Madrid.
- TORRENT, J.A., 1963. Montanera en los últimos diez años (1983-1962). En *Actas IV R.C. de la SEEP*, 69-71. Madrid.
- ZULUETA, J. y CAÑELLAS, I., 1989. Método para estimar la producción real de bellota en un alcornoque. *Scientia Germodensis*. **I**, 115-119.

Valoración de los recursos pastorales de la comarca de Alta Ribagorça (Pirineos Centrales, Catalunya): repercusión sobre el proceso de conversión a ganadería ecológica

M. TAULL TAULL^{1,2} P. CASALS TORTRAS¹ y M. T. SEBASTIÀ ÀLVAREZ^{1,2}

¹Àrea d'Ecologia i Botànica Forestal. Centre Tecnològic Forestal de Catalunya. Pujada del Seminari s/n, 25280 Solsona. Telf.: +(34)973481752. ²Departament d'Hortofruticultura, Botànica i Jardineria. Universitat de Lleida. Avinguda Rovira Roure, 191, 25198 Lleida.

RESUMEN: La conversión de más de la mitad de las explotaciones ganaderas de la comarca de la Alta Ribagorça al sistema productivo ecológico puede verse comprometida por la falta de pastos y forrajes certificados como tales. Este estudio pretende analizar el aprovechamiento actual de los recursos pastorales de la comarca y su potencialidad en relación con el proceso de conversión al sistema de producción ecológico. Se encontró que algunos pueblos presentan un balance muy ajustado o incluso deficiente entre los animales estabulados en invierno y el forraje disponible. En cambio, los pastos de verano del Valle de Boí presentan excedentes que podrían ser aprovechados por ganaderos de la zona meridional de la comarca sin acceso a estos recursos en sus términos. La disponibilidad de riego y una mejora del manejo de los forrajes permitiría afrontar con ciertas garantías de éxito la conversión al sistema productivo ecológico.

Palabras clave: producción vegetal, calidad bromatológica, valor pastoral, balance energético.

Assessment of pastoral resources of Alta Ribagorça county (Central Pyrenees, Catalonia): effects on the conversion process to the ecological productive system

SUMMARY: The conversion to the ecological productive system of more than half of the stock farms of the county of Alta Ribagorça can be threatened by the lack of pastures and forages certified as such. This study aims to analyse the present utilization of the pastoral resources in the county and their potentiality in relationship to the process of conversion to the ecological productive system. We found that some villages show a very tight balance or even deficient between the animals in the barn in winter time and the available forage. On the contrary, summer pastures in Vall de Boí show a surplus that could be used by stock farmers from the southern part of the county with no access to these resources within their municipalities. Irrigation and the improvement of forage management would allow the conversion to the ecological productive system with guarantee of success.

Key words: primary production, bromatological quality, pastoral value, energetic balance.

INTRODUCCIÓN

La ganadería constituyó la principal actividad económica de la comarca de Alta Ribagorça en el pasado y, aunque en la actualidad el sector primario sólo representa un 3,2% del valor añadido bruto (Ibàñez, inédito), constituye una actividad crucial para la conservación de la biodiversidad y del paisaje. El tipo de explotación predominante es de ganado vacuno de magnitud media (alrededor de 40 cabezas) para cría de terneros. En cambio, la cabaña ganadera ovina de carne que en el pasado había sido la dominante está disminuyendo de manera acentuada en la actualidad.

Desde el principio de esta década, más de la mitad de las explotaciones ganaderas de la comarca están en proceso de conversión al sistema productivo ecológico. En general, el cuidado tradicional de los animales y la calidad de los pastos y forrajes de la comarca cumplen fácilmente los requerimientos para ser certificados como ecológicos. Sin embargo, a causa de la falta de producción vegetal en invierno, una parte de las explotaciones, especialmente en años desfavorables, adquieren forrajes y piensos fuera de la comarca. En las explotaciones de tipo ecológico, esta necesidad de forrajes se puede ver acentuada por el alargamiento del periodo de crianza que puede comportar este sistema productivo y por tanto, aumentar los costes de producción. En este marco, el presente estudio analiza el aprovechamiento actual de los recursos pastorales de la comarca y su potencialidad.

MATERIAL Y MÉTODOS

Localización

La comarca del Alta Ribagorça se sitúa en las estribaciones meridionales del Pirineo Central, al Noroeste de Catalunya y al límite con la región aragonesa. La superficie es de 426,8 km², correspondiendo un 42% de esta superficie a pastos y prados de siega o cultivos herbáceos. La precipitación en el fondo de los valles donde se ubica la mayor parte de los prados de siega se sitúa alrededor de los 1000 mm anuales. Los suelos de los pastos y prados de siega son de textura franca o más gruesa, ligeramente ácidos y con un buen contenido orgánico. Los suelos de los prados de siega presentan, en general, déficits importantes de fósforo. Administrativamente, la comarca está actualmente dividida en tres municipios: Vilaller, Pont de Suert y Vall de Boí; los distintos pueblos que conforman los tres municipios siguen aprovechando los pastos que tradicionalmente pertenecían a su antiguo término.

Oferta energética de los pastos

A partir del análisis de una encuesta realizada a la totalidad de los ganaderos se elaboró un calendario de manejo y se conoció el cuidado de los animales y el aprovechamiento de los prados y pastos para cada uno de los antiguos términos municipales. Los límites de los antiguos términos municipales de los distintos pueblos se incorporaron a un sistema de información geográfica (SIG) y se superpusieron con la capa de pastos y prados de siega. Esta capa se obtuvo a partir de la base de datos de la adaptación sobre los hábitats CORINE realizada por el grupo de cartografía de la vegetación de la Universitat de Barcelona (Vigo y Carreras, 2002; www.gencat.es/mediamb/). Para cada tipología de pastos se asignó un valor pastoral promedio obtenido a partir de la elaboración de datos propios (Tauli, 2002) y de otros estudios (Ascaso y Ferrer, 1993; Bas *et al.*, 1996; Maestro *et al.*, 2002). A partir de este valor pastoral y la superficie de cada unidad de pasto se obtuvo la oferta energética en unidades forrajeras ($U.F. (kg\ ha^{-1}) = V.P. \times K$, siendo $K = 45$ en relieves suaves y $K = 30$ en pendientes altas (Ascaso y Sancho, 1999)).

En relación a su aprovechamiento, los recursos pastables y forrajeros se agruparon en pastos de verano (entre 1950 y 2600 m de altitud, aprovechados en julio y agosto), pastos de transición (entre 1700 y 1950 m, que pueden ser aprovechados en verano pero también antes y después de subir a puerto), pastos típicamente montanos (hasta 1750 m de altitud, se aprovechan a mediados de primavera y mediados de otoño) y prados de siega o campos de cultivo. Cada unidad se dividió según la pendiente en apta para todo tipo de ganado (inferior al 75 %) y apta sólo para ovejas y cabras (superior al 75%) y se relacionó con la oferta energética de los pastos que contenía mediante un SIG.

Oferta energética de los prados de siega

Durante el verano se determinó la producción de los prados de siega a partir del conteo de bolos de heno obtenidos por hectárea y considerando un peso promedio de bolo de heno igual a 225 kg M.S. bolo⁻¹. Esta determinación se complementó con la información de producción suministrada por los ganaderos. La calidad bromatológica del heno y de los ensilados se obtuvo de un total de 42 muestras de forraje recogidas en el momento del embalado. Los forrajes se analizaron en el Laboratori Agroalimentari de Cabriels (Departament de Agricultura, Ramaderia i Pesca, Generalitat de Catalunya). El proceso de ensilado se estudió a partir del análisis de 11 muestras de forrajes ensilados recogidas durante el invierno.

Balance Energético

El balance energético para el periodo de invierno se calculó para cada antiguo término municipal por diferencia entre la oferta energética de los prados de siega de cada pueblo y las necesidades alimenticias del rebaño en estabulación. Estas necesidades se estimaron según la estructura del rebaño, los requerimientos de un animal tipo (INRA, 1978) y el tiempo en estabulación en días. El balance energético para el periodo de entretiempo y de verano se calculó a partir de la oferta energética de los pastos de cada pueblo y los requeri-

mientos de los animales que los aprovechan. Los requerimientos también se estimaron a partir de la demanda de los animales (INRA, 1978) y el período de aprovechamiento de los mismos obtenido a partir de las encuestas realizadas a los ganaderos.

RESULTADOS

La producción de forraje recolectado en los prados de siega siempre y cuando este tenga lugar, abarca desde 2,6 toneladas M.S. ha⁻¹ hasta 10,5 toneladas M.S. ha⁻¹ y un valor medio de $6,7 \pm 0,5$ toneladas M.S. ha⁻¹. Aunque el ámbito de este estudio no permite aislar el riego de otros factores de producción, los prados con riego por aspersión ofrecieron una producción significativamente superior al resto llegándose a valores de segundo corte que supusieron el 50 % del primero. La mayoría de las muestras de heno o ensilado analizadas tienen un contenido en fibras y lignina muy elevado y un contenido proteico relativamente bajo (Tabla 1). El forraje para ensilado se recoge, en general, después de un prehenificado; sin embargo, en algunos casos éste ha sido demasiado acentuado (M.S. > 35%; Tabla 1). La acidez elevada (pH > 4,8) y los niveles de N amoniacal respecto al N total elevados apuntan una fermentación deficiente de los ensilados (Tabla 1).

Tabla 1. Características bromatológicas del heno y del ensilado.

	HENO			N	ENSILADO			N
	Mediana	Percentil			Mediana	Percentil		
		25	75			25	75	
PB, %	9,4	7,2	11,3	42	13,6	9,9	14,4	11
PD, %	5,3	3,9	6,5	42	8,2	5,6	8,9	11
EE, %	2,2	1,8	2,9	42	2,2	1,9	2,7	11
FB, %	34,2	32,3	36,4	42	31,6	28,2	34,6	11
FAD, %	40,5	38,7	43,5	42	40,2	36,4	43,3	11
FND, %	62,0	59,9	65,0	42	55,5	48,5	60,7	11
LAD, %	5,9	4,9	6,7	42	7,0	6,38	8,2	11
MELN, %	46,6	43,7	48,3	42	41,2	39,6	43,5	11
D.E., % enzim.	46,4	38,6	49,9	42	49,1	41,9	56,9	11
MS total, %	n.d.	n.d.	n.d.		33,0	24,9	39,6	11
cenizas, %	n.d.	n.d.	n.d.		10,8	9,9	11,8	11
pH, 1:5	n.d.	n.d.	n.d.		5,6	5,1	5,9	11
N-NH ₄ , %	n.d.	n.d.	n.d.		0,4	0,3	0,7	11
N-NH ₄ ⁺ / N _T total, %	n.d.	n.d.	n.d.		15,9	12,9	20,7	11

Los pastos de verano y de transición se caracterizan por la abundancia de *Festuca eskia* o *Nardus stricta* y, por consiguiente, su valor pastoral no suele ser superior a 20 unidades. Sólo algunos pastos como los de *Festuca nigrescens* o *Agrostis capillaris* suelen tener valores pastorales más elevados. Los pastos de verano de la mayoría de los pueblos de los municipios del Valle de Boí y Vilaller resultan ser excedentarios en base al aprovechamiento que de ellos se realiza hoy en día (Tabla 2). En cambio, la energía aportada por los prados de siega para los animales en período de estabulación muestra cómo algunos términos del valle de Boí no pueden albergar una mayor carga, mientras que otros como Malpàs o Sarroqueta presentan excedentes (Tabla 3).

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El balance energético realizado a partir de la oferta energética de los prados de siega y los requerimientos de los rebaños durante la estabulación según la estructura y cabaña actual muestra que la disponibilidad de forraje para el invierno puede ser el factor limitante de la rentabilidad actual de las explotaciones y el factor condicionante de su futuro como explotaciones basadas en el sistema ecológico. Así la producción media de

Tabla 2. Balance del aprovechamiento actual y capacidad de acogida de los pastos de algunos antiguos termino excedentarios en verano Los pueblos mostrados pertenecen a los siguientes municipios: ⁽¹⁾, Vall de Boí; ⁽²⁾, Pont de Suert; ⁽³⁾, Vilaller

Términos	Oferta energética UF	Carga potencial animales-tipo	Carga actual animales-tipo
Boí ⁽¹⁾	345.815	480	410
Estany Roi ⁽¹⁾	105.308	163	60
Tauill ⁽¹⁾	347.281	536	325
Senet ⁽²⁾	232.082	296	167
Erill Castell ⁽³⁾	102.126	158	148

Tabla 3. Balance energético entre la oferta de los prados de siega y la demanda en período de estabulación para algunos de los antiguos términos de el Valle de Boí. Los valores negativos en el balance de cabezas de ganado indican que hay un déficit entre cantidad de recurso disponible y demanda para satisfacer las necesidades. Los pueblos mostrados pertenecen a los siguientes municipios: ⁽¹⁾, Vall de Boí; ⁽²⁾, Pont de Suert; ⁽³⁾, Vilaller

Términos	Superf. ha	Oferta UF	Consumo animales UF/día	Estabul días	Requer UFL	Balance UF	cabezas
Llesp ⁽¹⁾	90	351.000	9,2	105	351.216	-35.316	-37
Erill la Vall ⁽¹⁾	55	196.456	9,2	105	160.821	15.989	17
Boí ⁽¹⁾	76	271.602	9,2	110	335.519	-91.077	-94
Durro ⁽¹⁾	116	378.332	9,2	120	328.044	12.455	11
Malpàs ⁽²⁾	173	460.000	9,2	105	226.044	179.128	185
Sarroqueta ⁽²⁾	224	545.600	9,2	105	385.511	195.388	200

forraje de la comarca del Alta Ribagorça ($6,7 \pm 0,5$ toneladas M.S. ha⁻¹) es similar o ligeramente superior a la encontrada por otros autores en localidades próximas del Pirineo (Armengol, 1991; Ferrer *et al.*, 1990; Pardo 1993). Sin embargo, la comparación de las producciones entre los prados irrigados por aspersión y los no irrigados sugiere que la posibilidad de regar, sobretudo en años desfavorables, mejoraría la producción de forrajes para el invierno. Además, una fertilización adecuada, corrigiendo las deficiencias en fósforo y, quizá, en potasio, también podría mejorar esta producción.

Los parámetros indicadores de la calidad del forraje (FB, FND, LAD), aunque dentro del rango habitual para prados, son demasiado elevados y los valores de proteína bruta (PB) ligeramente bajos, aunque también similares a los de otras zonas (Ferrer *et al.*, 1990; Bravo *et al.*, 1994). Estos valores apuntan que el forraje se siega en estadios fenológicos demasiado avanzados. La poca tradición en realizar ensilados en la comarca unido a la falta de control de alguno de sus aspectos más importantes, como pueda ser el contenido de materia seca, podrían ser motivo de una deficiente conservación según muestran los parámetros de acidez y contenido en N amoniacal.

Los pueblos del valle de Boí, en general, presentan excedentes en pastos comunales de verano pero, en cambio, el forraje recolectado en los prados de siega no admite más carga ganadera para el período de estabulación. Teniendo en cuenta el proceso de transformación ecológico de la totalidad de explotaciones de vacuno en este valle, será necesario aumentar la producción de los prados y mejorar el manejo con el fin de obtener una mejor calidad del heno y silo recolectados. De esta forma se conseguiría un mayor aporte energético que compensaría los efectos del aumento de carga derivados de un mayor período de lactación. Otros pueblos del término municipal de Pont de Suert, como Malpàs o Sarroqueta, disponen de una amplia oferta en prados pero no practican ganadería ecológica al no disponer de pastos de puerto en su pueblo. La tras-humancia de los rebaños hacia los pastos del Valle de Boí, que son excedentarios, podría permitir su aprovechamiento y posibilitar, en el caso que sea necesario, la conversión al sistema de producción ecológico.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio realizado conjuntamente con el Centre de Desenvolupament Rural Integrat de Catalunya (CEDRICAT) ha sido promovido por el Consell Comarcal del Alta Ribagorça y el Departament de Agricultura, Ramaderia i Pesca (DARP) de la Generalitat de Catalunya. El Laboratori Agroalimentari de Cabriels (DARP) ha realizado los análisis bromatológicos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASCASO, J.; FERRER, C., 1993. Valoración agronómica de los pastos del puerto del Valle de Benasque (Pirineo de Huesca). Clasificación, valor forrajero y carga ganadera. *Pastos*: **XXIII (2)**, 99-127.
- ASCASO, J.; SANCHO, J.V., 1999. *Valoración forrajera y explotación de los pastos de puerto del Alto Ésera*. Institución Fernando El Católico. Zaragoza
- ARMENGOL, J., 1991. *Els prats de dall de la Vall Fosca: composició florística, producció i qualitat*. Proyecto final de Carrera. E.T.S.E.A, UdL. 99 pp.
- BAS, J., 1993. *Les pastures supraforestals de la Vall Ferrera*. Proyecto final de carrera. E.T.S.E.A. UdL. 181 pp.
- BAS, J.; MORENO, A.; MARTÍNEZ, J.; FANLO, R., 1996. *La ramaderia al Parc nacional D'Aigüestortes i Estany de Sant Maurici*. Departamento de Producción Vegetal i Ciencia Forestal. E.T.S.E.A. UdL.
- BRAVO, M.V., NAFARRETE, L., URCELAS, I., 1994. Evolución de la calidad de los ensilados de hierba en la Comunidad Autónoma de el País Vasco. En: *Actas de la XXIV Reunión científica de la SEEP*, 335-361.
- FERRER, C.; AMELLA, A.; MAESTRO, M.; BROCA, A.; Ascaso, J., 1990. Praderas naturales de regadío de los fondos de valle del Pirineo Central. En *Actas de la XXX reunión científica de la SEEP*, 168-178.
- IBÁÑEZ, L., (2004). *Estudi integral de la ramaderia a l'Alta Ribagorça*. Consell Comarcal de l'Alta Ribagorça. Informe.
- INRA, 1978. *Alimentation des ruminants*. Ed. INRA Publications. 78000 Versailles. 621 pp.
- MAESTRO, M.; FERRER, C.; BROCA, A., 2002. Presentación preliminar de resultados productivos y analíticos de recursos pascícolas en Aragón. En *Actas de la XLII reunión Científica de la SEEP*, 257-264.
- PARDO, F. 1993. Influencia de la climatología y la precipitación en la producción de un prado de siega altoaragonés. Proyecto final de Carrera. E.T.S.E.A. UdL. 151 pp
- SARMIENTO, M.; SALCERODO, G., GONZÁLEZ, L.M., 1994. Calidad de los ensilados en la comunidad autónoma de Cantabria. En *Actas de la XXXVI reunión de la SEEP*, 337-340
- TAULL, M., 2003. *Estructura de les pastures subalpines del poble de Senet*. Proyecto final de Carrera. E.T.S.E.A. UdL. 102 pp.
- VIGO J. y CARRERAS J. 2002. Los hábitats del proyecto CORINE en el ámbito territorial catalán.: delimitación y cartografía. *Acta Bot. Barcin.* **49**.

Índice de autores

- Acosta, B., 203
Afif Khouri, E., 547
Agüera, J., 721
Aguirre, J., 99
Albizu, I., 307, 563, 568
Aldezabal, A., 117, 139
Alfaro, A., 569, 577, 583, 590
Allegretti, L.I., 745
Allés, A., 323
Álvarez Rodríguez, E., 547
Álvarez Sánchez-Arjona, S., 727
Álvarez, J., 67
Álvarez, S., 337, 341
Alvera, B., 209
Amezaga, I., 563
Amor Morales, A., 215
Andrés, S., 347, 473
Andueza, D., 461
Aragay Beneria, M., 479
Aranjuelo, I., 449
Arévalo, J.R., 59
Argamentería, A., 273
Arroyo, A., 517
Ascaso, J., 601, 607, 613, 619, 625, 631
Asensio, M.A., 697, 703
Azcarate, I., 517
- Bachiller, A., 659
Báez, D., 535, 541
Barquín, E., 59
Barrantes, O., 591, 597, 601, 607, 613, 619, 625, 631
Bejarano Mesa, L., 727
Bermejo, V., 197
Bermúdez de Castro, F., 191
Bernués, A., 697, 703
Bills, G. F., 163
Blázquez, A., 715
Blázquez Rodríguez, R., 553, 653, 724
Broca, A., 591, 597, 601, 607, 613, 619, 625, 631
Busqué, J., 673
Bustamante, J., 323
Buyolo, T., 93, 105
- Cabezas, J., 93, 105
Calleja, A., 347, 473
Calvo Magro, E., 145, 151
Calvo, L., 81, 87
Canals, R. M., 517
Cano, E., 35, 41
Cano Ortiz, A., 35, 41
- Cañellas, I., 659
Carballal, A., 267
Carballo, J.A., 353, 359
Carbonero, D., 653, 715, 721
Cardelle, M., 291, 297
Casado, M.A., 203
Casals Tortras, P., 757
Casasús, I., 697, 703
Castro Insua, J., 279, 553
Castro, P., 279, 285, 291, 297
Celaya, R., 331, 393
Cervantes, E., 157
Chávarri, J.B., 577
Chertouh, T., 691
China, E., 59
Chocarro, C., 99, 433, 445
Cifre, J., 365, 739
Ciria Ciria, J., 223
Ciria García de la Torre, J., 223
Clavero, T., 255
Coca, B., 123
Corona, J., 191
Correal, E., 111, 123
Costal Andrade, L., 497, 511
Coutinho, J., 535, 541
Crespo, M.B., 111
Cruz-Sánchez, J.M., 157
- Daza, A., 243, 427
Delfa, R., 261
Delgado, I., 439
Díaz Pineda, F., 203
Díaz, C., 337, 341
Díaz, E., 317
Díaz, M. D., 353, 359
Díaz, N., 399, 405, 557
Díaz-Villamil, L., 291, 297
Diez, C., 87
Donat Torres, M.P., 129
- Echevarría, M., 185
Espadas Reséndiz, M., 173
- Fanlo, R., 433, 445
Fernández Prieto, E., 393
Fernández Rebollo, P., 653, 715, 721
Fernández Santos, B., 47, 53, 73, 185
Fernández, A., 81
Fernández, B., 673
Fernández, I., 317

- Fernández, J., 405
 Fernández, L., 93, 105
 Fernández, O., 267
 Fernández, O., 673
 Fernández-Lorenzo, B., 279, 285
 Ferrer Castán, D., 47, 73
 Ferrer, C., 591, 597, 601, 607, 613, 619, 625, 631
 Ferrer, V., 709
 Fillat, F., 9, 99, 104
 Flores, G., 279, 285, 291, 297
 Francés, M., 445
 Fresno, M., 337, 341

 Galera, A., 563
 Galiano, R., 267
 Garbisu, C., 563
 García Ciudad, A., 209, 531
 García Criado, B., 163, 167, 209, 531
 García Fuentes, A., 35, 41
 García Morrás, J.A., 569, 577, 585
 García Rodríguez, J.A., 47, 53, 73, 185
 García, L., 467
 García, P., 331, 393
 García, R., 347, 473
 García-González, R., 117, 139, 209
 García-Ibáñez, E., 203
 Gimeno, B. S., 197
 Giráldez, F.J., 347
 Gómez, A., 317
 Gómez-García, D., 117, 139
 Gondard, H., 665
 González Arráez, A., 279, 285, 291, 297
 González Arráez, E., 497, 511
 González García, M.R., 417
 González, A., 455
 González Rebolgar, J. L., 455
 González Rodríguez, A., 237, 249
 González Rodríguez, A.M., 421
 González, I., 503
 Gracia, S., 261
 Grativil Xarbau, M., 479
 Gulías, J., 365, 739
 Guzmán Álvarez, J.R., 679

 Hermoso de Mendoza, M. 145
 Hernández, A.J., 133, 179
 Hernández, F., 327

 Ibáñez, G., 745
 Igarzabal, A., 371
 Igual, J.M., 67, 157
 Irigoyen, J.J., 449

 Jiménez, M.S., 421
 Jordán González, E., 685
 Joy, M., 261, 365, 439
 Juan, A., 111, 123

 Ladero Álvarez, M., 215
 Lechuga, M.P. 721
 Leuchtman, A., 167
 Lindner, R., 525
 Llobet, J., 433
 Llorente Pinto, J.M., 639
 Lloveras, J., 433, 445
 López Bote, C., 427
 López Díaz, J., 237, 249
 López Martín, M., 151
 López, F. J., 317
 López-Carrasco, C., 243, 427
 Lucas, A. M., 739
 Luis, E., 27, 81, 87

 Madrid, J., 327
 Maestro, M., 461, 591, 597
 Maldonado, A., 491
 Mallavia, H., 673
 Mandaluniz, N., 371
 Mangado, J. M., 503, 709
 Manrique, E., 691
 Manrique, F. J., 673
 Marcos, E., 81, 87
 Marcos, I., 569, 585
 Marinas, A., 117, 209
 Marín Pérez-Taberner, G., 19
 Martín, B. 73
 Martínez Casas, A., 243
 Martínez-Carrasco, R., 449
 Martínez-Fernández, A., 267, 273
 Martínez García, F. J., 129
 Martínez Martínez, A., 411
 Martínez Martínez, T., 733
 Martínez-Molina, E., 157
 Martínez Perpiñán, J., 145
 Martínez Ruiz, C., 47, 53, 73, 185
 Martínez, M. J., 331
 Martínez, P., 673
 Mateos, P. F., 157
 Medrano, H., 739
 Medrano, L.M., 569, 585
 Megías, M.D., 327
 Mendarte, S., 563
 Méndez Sánchez, B., 727
 Méndez, P., 111, 123, 337, 341, 421
 Méndez, S., 673
 Mendizábal, M., 139
 Mendoza, A., 601, 607, 613, 619, 625, 631
 Meneses, M., 327
 Merino, A., 557
 Mesa, R., 59
 Mijangos, I., 563
 Milla, R., 461
 Mocha, M., 331
 Modroño, S., 267
 Montilla, R.J., 35, 41
 Montoto, J.L., 659
 Montserrat, G., 461

- Montserrat, P., 9
 Moñino, I., 111
 Mora, M., 673
 Morales Cortés, R., 485
 Morales, D., 421
 Moreno, P., 317
 Muntifering, R. B., 197
 Muñoz, F., 439, 461
 Navarro Cerrillo, R. M., 679
 Novoa Martínez, R., 553
- Ochoa, J., 709
 Olaizola, A., 691
 Olea, B., 751
 Olea, L., 491, 751
 Oliete, B., 353, 359
 Oliván, M., 331, 393
 Oliveira Prendes, J.A., 497, 511, 547
 Olives, J.R. de, 323
 Oregui, L.M., 371
 Osoro, K., 331, 393
- Páez, J. A., 745
 Palacio, S., 117
 Passera, C.B., 745
 Pastor, J., 133, 179
 Patón, D., 93, 105
 Pedro, E. de, 317
 Pedrol Bonjoch, N., 411
 Peix, A., 67, 157, 665
 Peláez, M., 267
 Peralta, J., 517
 Pérez Fernández, M.A., 145, 151
 Pérez P., 449
 Pérez, P., 709
 Pérez-Corona, M.E., 191
 Petisco, C., 467
 Piñeiro Andino, J., 399, 405, 411, 557
 Poblaciones, M.J., 491, 751
 Pradells Monzó, F., 129
 Puerto, A., 47, 53, 73, 185
- Razz García, R., 255
 Reiné, R., 601, 607, 613, 619, 625, 631
 Revilla, R., 697, 703
 Rey, A., 427
 Riedel, J. L., 697, 703
 Rigo, A., 739
 Ríos, S., 123
 Rivas, R., 157
 Robles, A. B., 455, 745
 Rodríguez Barrueco, C., 67
 Roig, S., 659
 Romo Vaquero, M., 167, 173
 Rovira, J., 323
 Roza, B. de la, 267, 273
 Ruiz, L., 35, 41
 Ruiz, R., 371
- Sáez, J., 503
 Salazar, C., 41
 Salazar, S., 665
 Salcedo Díaz, G., 303, 309
 Salvia Fuentes, J., 479
 San Emeterio, L., 517
 Sánchez Márquez, S., 163
 Sánchez Rodríguez, M.E., 215
 Sánchez, F., 739
 Sánchez, L., 317
 Sánchez-Díaz, M., 379, 449
 Sánchez-Jardón, L., 203
 Santa María, M., 99
 Santa Regina, I., 67, 665
 Santoalla, C., 399, 405, 557
 Santos, A., 123
 Sanz, A., 697, 703
 Sanz, J., 197
 Sayés, J., 709
 Sebastià Álvarez, M. T., 757
 Selva Denia, M., 685
 Serra Gironella, J., 479
 Serrano Martín, A., 485
 Sibisse, I., 421
 Soldado Cabezuelo, A., 267, 273
 Suárez, R., 399, 405
- Tárrega, R., 81, 87
 Tauli Tauli, M., 757
 Tella, A., 557
 Torrano, L., 569, 585
 Torres, J. A., 35
 Tort, S., 261
 Trindade, H., 535, 541
 Trujillo, M. E., 157
- Urmeneta, A., 709
- Valbuena, L., 81, 87
 Valdés, C., 347
 Valladares, J., 285, 291, 297
 Valverde, A., 157
 Vázquez de Aldana, B. R., 173, 467, 531
 Vázquez Yáñez, O. P., 237, 249
 Velázquez, E., 157
 Vicente Valero, M.V., 685
 Viguera, J., 491, 751
- Zabalgogezcoa, I., 163, 167, 173, 467, 531
 Zaragoza, C., 673
 Zea, J., 353, 359
 Zúñiga, J., 503

Índice

P. MONTSERRAT y F. FILLAT Pastos y ganadería extensiva. Evolución reciente de la ganadería extensiva española y perspectivas	9
G. MARÍN PÉREZ-TABERNERO Pastos y ganadería extensiva. Conjunción de recursos, medio y razas autóctonas	19

PRIMERA PARTE

ECOLOGÍA Y BOTÁNICA DE PASTOS

⇒ E. DE LUIS CALABUIG La ecología de pastos a través de la S.E.E.P: (I) Tratamiento de los parámetros estructurales. Una perspectiva en el cambio de milenio	27
A. CANO-ORTIZ, A. GARCÍA FUENTES, R.J. MONTILLA, L. RUIZ, J.A. TORRES y E. CANO Diversidad frente a estabilidad fitocenótica: el ejemplo de los pastizales del Parque Natural de Sierra Mágina (Jaén).....	35
A. GARCÍA FUENTES, L. RUIZ, A. CANO ORTIZ, R.J. MONTILLA, C. SALAZAR y E. CANO Cambios de la composición florística en las fitocenosis de pastizal del Alto Valle del Guadalquivir (Jaén, sur de España)	41
A. PUERTO, J.A. GARCÍA RODRÍGUEZ, D. FERRER CASTÁN, B. FERNÁNDEZ SANTOS y C. MARTÍNEZ RUIZ Variaciones en la composición florística de pastos mediterráneos motivadas por las precipitaciones	47
C. MARTÍNEZ-RUIZ, B. FERNÁNDEZ-SANTOS, J.A. GARCÍA y A. PUERTO Cambios en la composición florística tras hidrosiembra en un ambiente semiárido	53
⇒ E. CHINEA, R. MESA, J.R. ARÉVALO y E. BARQUÍN Cambios en la composición florística de un pastizal de Tenerife debido al aumento de la carga caprina.....	59
I. SANTA REGIÑA, J. ÁLVAREZ, A. PEIX, J.M. IGUAL y C. RODRÍGUEZ-BARRUECO Efecto de la biodiversidad en las comunidades vegetales durante la transformación y cambio de uso de tierras agrícolas.....	67
J.A. GARCÍA-RODRÍGUEZ, B. MARTÍN, B. FERNÁNDEZ, A. PUERTO, C. MARTÍNEZ y D. FERRER Tasas de cambio y patrones multivariantes de diversidad en comunidades herbáceas de campos abandonados ..	73
⇒ L. CALVO, A. FERNÁNDEZ, E. MARCOS, L. VALBUENA, R. TÁRREGA y E. LUIS Cambios estructurales en los sistemas de pastos de la montaña leonesa como consecuencia de perturbaciones ..	81
⇒ R. TÁRREGA, L. CALVO, C. DÍEZ, E. LUIS, L. VALBUENA y E. MARCOS Consecuencias de la disminución en el aprovechamiento ganadero en la estructura de la comunidad vegetal ..	87
⇒ D. PATÓN, T. BUYOLO, L. FERNÁNDEZ y J. CABEZAS Determinación de unidades de vegetación mediante el programa TWINSPLAN en áreas cinegéticas de Extremadura	93
⇒ M. SANTA-MARÍA, C. CHOCARRO, J. AGUIRRE y F. FILLAT Variación de las estrategias funcionales en diferentes tipos de prados del Pirineo Central.....	99
⇒ T. BUYOLO, D. PATÓN, L. FERNÁNDEZ y J. CABEZAS Estimación de la biomasa de pastos mediterráneos mediante modelos de algoritmos genéticos sobre medidas de "point-quadrat"	105
A. JUAN, I. MOÑINO, E. CORREAL, P. MÉNDEZ y M.B. CRESPO Comparación de las tasas de fructificación de <i>Bituminaria bituminosa</i> (<i>Leguminosae</i>) bajo condiciones de cultivo en Canarias y la Península Ibérica	111

- A. MARINAS, R. GARCÍA-GONZÁLEZ, A. ALDEZABAL, S. PALACIO y D. GÓMEZ-GARCÍA Interés ecológico y pastoral del erizón (<i>Echinopartum horridum</i> [Vahl] Rothm.)	117
B. COCA, S. RÍOS, A. JUAN, P. MÉNDEZ, A. SANTOS y E. CORREAL Germoplasma de tederá (<i>Bituminaria bituminosa</i>): caracterización y descriptores	123
F. PRADELLS MONZÓ, M. ^a P. DONAT TORRES y F. J. MARTÍNEZ GARCÍA Dieta otoñal del Muflón de Córcega (<i>Ovis ammon musimon</i>) en la reserva nacional de caza "Muela de Cortes" (Valencia)	129
- J. PASTOR y A. J. HERNÁNDEZ Estudio ecológico de los pastos arbolados del nordeste de la provincia de Cuenca	133
- M. MENDIZABAL, A. ALDEZABAL, D. GÓMEZ-GARCÍA y R. GARCÍA-GONZÁLEZ Estimación del valor ecológico de los pastos de las montañas cantábricas (sector vasco): datos preliminares	139
M.A. PÉREZ FERNÁNDEZ, E. CALVO MAGRO, M. HERMOSO DE MENDOZA y J. MARTÍNEZ PERPIÑÁN Evaluación de la simbiosis rizobiana en cuatro leguminosas pratenses	145
M.A. PÉREZ FERNÁNDEZ, E. CALVO MAGRO y M. LÓPEZ MARTÍN Control biológico de <i>briza maxima</i> L. y <i>raphanus raphanistrum</i> L. por bacterias rizosfericas	151
A. VALVERDE, R. RIVAS, A. PEIX, J. M. CRUZ-SÁNCHEZ, M. E. TRUJILLO, J. M. IGUAL, E. CERVANTES, P. F. MATEOS, E. MARTÍNEZ-MOLINA y E. VELÁZQUEZ Caracterización de cepas del grupo de inoculación cruzada de <i>Rhizobium leguminosarum</i> aisladas de nódulos efectivos de leguminosas del Noroeste de España	157
- S. SÁNCHEZ MÁRQUEZ, G.F. BILLS, B. GARCÍA CRIADO e I. ZABALGOGAZCOA Hongos asociados a gramíneas silvestres de pastos naturales	163
- M. ROMO VAQUERO, A. LEUCHTMAN, B. GARCÍA CRIADO e I. ZABALGOGAZCOA Estudio de la infección vírica presente en el hongo endofítico <i>Epichloë festucae</i> en poblaciones naturales de <i>Festuca rubra</i>	167
M. ESPADAS RESENDIZ, M. ROMO VAQUERO, B.R. VÁZQUEZ DE ALDANA, A. GARCÍA CIUDAD, B. GARCÍA GRIADO e I. ZABALGOGAZCOA Identificación de especies y relaciones interespecíficas en hongos endofíticos en poblaciones naturales de <i>Lolium perenne</i>	173
A. J. HERNÁNDEZ y J. PASTOR Incidencia del Zn de suelos contaminados de la región central sobre comunidades herbáceas de pastizales...	179
- B. FERNÁNDEZ SANTOS, C. MARTÍNEZ, M. ECHEVARRÍA, A. PUERTO y J.A. GARCÍA Influencia de <i>cytisis multiflorus</i> sobre la calidad y cantidad del pasto en formaciones adhesionadas	185
- J. CORONA, M.E. PÉREZ-CORONA y F. BERMÚDEZ DE CASTRO Descomposición de la hojarasca de tres especies de gramíneas de la zona sur de Madrid	191
J. SANZ, R.B. MUNTIFERING, B.S. GIMENO y V. BERMEJO La calidad nutritiva y el crecimiento de <i>Trifolium subterraneum</i> se modula por las concentraciones ambien- tales de ozono y la fertilización con nitrógeno	197
L. SÁNCHEZ-JARDÓN, B. ACOSTA, E. GARCÍA-IBÁÑEZ, M.A. CASADO y F. DÍAZ PINEDA Influencia del balance hídrico en la relación perennes/terófitos de pastizales mediterráneos	203
- R. GARCÍA-GONZÁLEZ, A. MARINAS, B. GARCÍA CRIADO, A. GARCÍA CIUDAD y B. ALVERA Comparación interanual de la composición química de especies pascícolas pirenaicas	209
M. ^a E. SÁNCHEZ RODRÍGUEZ, A. AMOR MORALES y M. LADERO ÁLVAREZ Comunidades pascícolas de interés ganadero en la provincia de Salamanca, incluidas en la directiva hábitat 92/43: claves para su determinación	215

SEGUNDA PARTE
PRODUCCIÓN ANIMAL

- J. CIRIA CIRIA y J. CIRIA GARCIA DE LA TORRE Los pastos y la ganadería extensiva en Castilla y León.....	223
A. GONZÁLEZ RODRÍGUEZ, J. LÓPEZ DÍAZ y O. VÁZQUEZ YÁÑEZ Incrementar la confianza en el pastoreo de praderas para la producción de leche	237
C. LÓPEZ-CARRASCO, A. MARTÍNEZ CASAS y A. DAZA Producción de leche y composición de la leche de vacas avileñas explotadas en régimen extensivo: factores de variación	243
≤ O. P. VÁZQUEZ YÁÑEZ, A. GONZÁLEZ RODRÍGUEZ y J. LÓPEZ DÍAZ Efectos del pastoreo rotacional con vacas lecheras sobre la variación de la composición nutritiva del pasto entre rotaciones	249
R. RAZZ GARCÍA y T. CLAVERO C. Efecto de la suplementación con concentrado sobre los metabolitos sanguíneos y contenido de fósforo en vacas de doble aptitud pastoreando <i>Panicum maximum</i> y <i>Leucaena leucocephala</i>	255
S. TORT, S. GRACIA, R. DELFA y M. JOY Influencia del sistema de producción en la calidad de la leche de la oveja churra-tensina.....	261
A. MARTÍNEZ, O. FERNÁNDEZ, A. SOLDADO, M. PELÁEZ, A. CARBALLAL, S. MODROÑO, R. GALIANO, B. DE LA ROZA y A. ARGAMENTERÍA Incidencia del análisis físico-químico y metabolitos de fermentación en la calidad nutritiva de ensilados de maíz	267
B. DE LA ROZA-DELGADO, A. MARTÍNEZ FERNÁNDEZ, A. SOLDADO CABEZUELO y A. ARGAMENTERÍA GUTIÉRREZ Evolución de la producción y ensilabilidad de la asociación triticale-haboncillos, según su estado de desarrollo.....	273
P. CASTRO, G. FLORES, A. GONZÁLEZ-ARRÁEZ, J. CASTRO y B. FERNÁNDEZ-LORENZO Análisis de ensilados de maíz mediante NIRS.....	279
B. FERNÁNDEZ-LORENZO, P. CASTRO, G. FLORES, A.G. ARRÁEZ y J. VALLADARES Estimación de la composición química del guisante (<i>Pisum sativum</i> L.) y triticale (x <i>Triticosecale</i> Wittm.) mediante NIRS	285
G. FLORES, A. GONZÁLEZ-ARRÁEZ, P. CASTRO, J. VALLADARES, M. CARDELLE, B. FERNÁNDEZ-LORENZO y L. DÍAZ-VILLAMIL Variabilidad de parámetros de calidad y rendimiento del maíz forrajero en Galicia.....	291
G. FLORES, A. GONZÁLEZ-ARRÁEZ, P. CASTRO, J. VALLADARES, M. CARDELLE; B. FERNÁNDEZ-LORENZO y L. DÍAZ-VILLAMIL Efecto de la fecha de recolección sobre la calidad y rendimiento de la planta de maíz forrajero en Galicia ..	297
- G. SALCEDO DÍAZ El trigo (<i>triticum aestivum</i>) utilizado como forraje en la zona costera de Cantabria: (I) Producción, composición química y degradabilidad ruminal	303
- G. SALCEDO DÍAZ El trigo (<i>triticum aestivum</i>) utilizado como forraje en la zona costera de cantabria: (II) Predicción de la producción, valor nutritivo y degradabilidad ruminal	309
- I. FERNÁNDEZ, A. GÓMEZ, P. MORENO, E. DE PEDRO, E. DÍAZ, F.J. LÓPEZ y L. SÁNCHEZ Variabilidad de las características de las bellotas en el valle de los Pedroches (Córdoba).....	317

J. BUSTAMANTE, A. ALLÉS, J.R. DE OLIVES y J. ROVIRA Valoración bromatológica de la zulla (<i>Hedysarum coronarium</i> L.) en zullares cultivados de más de un año en la isla de Menorca.....	323
M. MENESES, J. MADRID, F. HERNÁNDEZ y M.D. MEGÍAS Efecto de la semilla de algodón sobre el valor nutritivo del heno de alfalfa en ganado caprino.....	327
→ R. CELAYA, M. OLIVÁN, M. MOCHA, M.J. MARTÍNEZ, P. GARCÍA y K. OSORO Calidad nutritiva de pastos de puerto de la cordillera Cantábrica aprovechados por rebaños de vacuno u ovino ..	331
→ S. ALVAREZ, P. MÉNDEZ, C. DÍAZ y M. FRESNO Ingestión, composición química y digestibilidad <i>in vivo</i> de tederá (<i>Bituminaria bituminosa</i> (L.) Stirton)...	337
S. ÁLVAREZ, P. MÉNDEZ, C. DÍAZ y M. FRESNO Valoración nutritiva del tagasaste (<i>Chamaecytisus proliferus</i> (L.fil) Link ssp. <i>palmensis</i> (Christ) Kunkel) en ganado caprino.....	341
S. ANDRÉS, C. VALDÉS, F.J. GIRÁLDEZ, R. GARCÍA y A. CALLEJA Estimación de las fracciones nitrogenadas propuestas por el CNCPS (Cornell) mediante tecnología NIRS ...	347
J. ZEA, M ^a . D. DÍAZ, J. A. CARBALLO y B. OLIETE Estudio del efecto del acabado y del peso de sacrificio en la calidad de la canal y de la carne de terneros alimentados a base de ensilado de pradera. (I) Terneros Rubio Gallegos	353
J. ZEA, J. A. CARBALLO, M. ^a D. DÍAZ y B. OLIETE Estudio del efecto del acabado y del peso de sacrificio en la calidad de la canal y de la carne de terneros alimentados a base de ensilado de pradera. (II) Terneros Holstein-Friesian	359
M. JOY, J. GULÍAS y J. CIFRE Viabilidad de la producción de corderos de raza mallorquina en pasto.....	365
→ N. MANDALUNIZ, A. IGARZABAL, R. RUIZ y L.M. OREGUI Consideraciones sobre el concepto de carga ganadera en los sistemas extensivos y silvopastorales	371

Tercera Parte

PRODUCCIÓN VEGETAL

→ M. SÁNCHEZ-DÍAZ Respuestas del pasto al CO ₂ y cambio climático	379
✕ R. CELAYA, P. GARCÍA, E. FERNÁNDEZ PRIETO, M. OLIVÁN y K. OSORO Producción de pastos de puerto dominados por <i>Festuca rubra</i> y <i>Agrostis capillaris</i> en la Cordillera Cantábrica ..	393
R. SUÁREZ, N. DÍAZ, J. PIÑEIRO y C. SANTOALLA Mezclas de avena, centeno y triticale con guisante y veza en siembras de primavera.....	399
J. PIÑEIRO, N. DÍAZ, M. ^a C. SANTOALLA, R. SUÁREZ y J. FERNÁNDEZ Variedades de guisantes para forraje. Siembras de otoño.....	405
A. MARTÍNEZ MARTÍNEZ, N. PEDROL BONJOCH y J. PIÑEIRO ANDIÓN Producción de invierno-primavera de cuatro tipos de raigrás en la Cornisa Cantábrica.....	411
M.R. GONZÁLEZ GARCÍA Caracterización de suelos y pastos de la Montaña Palentina	417
A.M. GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ, I. SIBISSE, P. MÉNDEZ, D. MORALES y M.S. JIMÉNEZ Estudios preliminares sobre la influencia de diferentes factores ambientales en la productividad del tagasaste (<i>Chamaecytisus proliferus</i> ssp <i>proliferus</i> var <i>palmensis</i>).....	421

— C. LÓPEZ-CARRASCO FERNÁNDEZ, A. DAZA, A. REY y C. LÓPEZ BOTE Efectos de las heladas y los carpófagos (<i>Curculio</i> sp.) sobre la calidad de bellotas en una dehesa de Castilla-La Mancha.....	427
C. CHOCARRO, J. LLOBET, R. FANLO y J. LLOVERAS Efecto de la distancia entre líneas sobre la producción de semillas de alfalfa.....	433
I. DELGADO, F. MUÑOZ y M. JOY Determinación de la curva de crecimiento de la alfalfa.....	439
R. FANLO, M. FRANCÉS, C. CHOCARRO y J. LLOVERAS Efectos del pastoreo invernal sobre las malas hierbas de alfalfares de regadío en el Valle del Ebro.....	445
I. ARANJUELO, J.J. IRIGOYEN, P. PÉREZ, R. MARTÍNEZ-CARRASCO y M. SÁNCHEZ-DÍAZ Efecto del CO ₂ , temperatura y disponibilidad hídrica sobre la productividad de plantas noduladas de alfalfa cultivadas en túneles de gradiente térmico.....	449
— A.B. ROBLES, A. GONZÁLEZ y J.L. GONZÁLEZ-REBOLLAR Biomasa aérea y digestibilidad de pastos herbáceos en el Parque Natural de Cabo de Gata-Níjar (Almería) ...	455
* D. ANDUEZA, M. MAESTRO, G. MONTSERRAT, R. MILLA y F. MUÑOZ Predicción de la composición química de hojas y tallos de carrasca (<i>Quercus ilex</i> subsp. <i>ballota</i>) mediante espectroscopia de reflectancia en el infrarrojo cercano	461
C. PETISCO, B. GARCÍA-CRIADO, B.R. VÁZQUEZ DE ALDANA, I. ZABALGOGEAZCOA, L. GARCÍA y A. GARCÍA-CIUDAD Estimación rápida de clorofila en hojas frescas de alfalfa mediante NIRS usando sonda de fibra óptica.....	467
R. GARCÍA, S. ANDRÉS y A. CALLEJA Producción y calidad de la alfalfa en los regadíos de la comarca de Esla-Campos (León).....	473
— J. SALVIA FUENTES, J. SERRA GIRONELLA, M. ARAGAY BENERIA y M. GRATOVIL XARBAU Evaluación de la producción y de la calidad forrajera de variedades de alfalfa (<i>Medicago sativa</i> L.), en el Nordeste de España.....	479
— R. MORALES CORTS y A. SERRANO MARTÍN Producción y calidad de los pastos estacionales de la zona Oeste de Salamanca valorando el efecto de la copa de los árboles y la topografía.....	485
A. MALDONADO, L. OLEA, J. VIGUERA y M. ^a J. POBLACIONES Efecto de la aplicación de diferentes fuentes de fertilización fosfórica sobre suelos de pizarra en dehesas y pastizales del S.O. de España.....	491
J. A. OLIVEIRA PRENDES, L. COSTAL ANDRADE y E. GONZÁLEZ ARRÁEZ Análisis multivariante de la variabilidad agronómica de especies cespitosas en Galicia	497
J.M. MANGADO, I. GONZÁLEZ, J. SAEZ y J. ZUÑIGA Red de evaluación de variedades de maíz forrajero. Resultados del primer año en Navarra.....	503
L. COSTAL ANDRADE, E. GONZÁLEZ ARRÁEZ y J.A. OLIVEIRA PRENDES Caracterización agronómica de gramíneas pratenses de la Cordillera Cantábrica en Galicia.....	511
L. SAN EMETERIO, R.M. CANALS, J. PERALTA, A. ARROYO e I. AZCÁRATE ¿Autoalelopatía en <i>Lolium rigidum</i> Gaud?	517
R. LINDNER Recursos fitogenéticos del género <i>Dactylis</i> en el Norte y Noroeste de la Península Ibérica	525

- I. ZABALGOGEAZCOA, A. GARCÍA CIUDAD, B.R. VÁZQUEZ DE ALDANA y B. GARCÍA CRIADO La simbiosis con el hongo endofítico <i>Epichloë festucae</i> altera el contenido de fósforo en <i>Festuca rubra</i>	531
D. BÁEZ, J. COUTINHO y H. TRINDADE Mineralización y pérdidas gaseosas de nitrógeno de los residuos derivados de la separación física del purín bajo condiciones controladas. Uso de inhibidores de la nitrificación.....	535
D. BÁEZ, J. COUTINHO y H. TRINDADE Efecto del sistema de laboreo, tipo de abonado y uso de inhibidores de la nitrificación en la producción de maíz forrajero.....	541
E. AFIF KHOURI, J. A. OLIVEIRA PRENDES y E. ÁLVAREZ RODRÍGUEZ Efecto de las propiedades de algunos entisoles e inceptisoles del Occidente asturiano en la disponibilidad del fosfato aplicado	547
J. CASTRO INSUA, R. NOVOA MARTÍNEZ y R. BLÁZQUEZ RODRÍGUEZ Efecto del suelo, nivel de fertilidad inicial y dosis de abonado sobre la retención de fósforo. Resultados preliminares	553
M ^a .C. SANTOALLA, N. DÍAZ, J. PIÑEIRO, A. TELLA y A. MERINO Comparación de la ceniza de madera con la caliza molida en el establecimiento de praderas en suelos ácidos..	557
- I. MIJANGOS, I. ALBIZU, I. AMEZAGA, S. MENDARTE, A. GALERA y C. GARBISU Efecto del encalado y de la fertilización fosfórica en pastos de montaña del Parque Natural de Gorbeia (Bizkaia) sobre las actividades enzimáticas del suelo	563
- J.A. GARCÍA-MORRÁS, A. ALFARO, I. MARCOS, L.M. MEDRANO y L. TORRANO Cartografía de los recursos pascícolas de La Rioja	569
A. ALFARO, J.B. CHÁVARRI y J.A. GARCÍA-MORRÁS Evaluación de los recursos pascícolas de origen agrícola en La Rioja.....	577
I. MARCOS, J.A. GARCÍA-MORRÁS, L.M. MEDRANO y L. TORRANO Evaluación de los recursos pascícolas naturales en La Rioja	585
- M. MAESTRO, A. BROCA, O. BARRANTES y C. FERRER Tipificación y cartografía de los pastos de superficies agrícolas en Aragón	591
- M. MAESTRO, A. BROCA, O. BARRANTES y C. FERRER Evaluación de los pastos agrícolas en Aragón	597
- O. BARRANTES, R. REINÉ, J. ASCASO, A. MENDOZA, A. BROCA y C. FERRER Pastos arbustivos y pastizales del tipo lasto-timo-aliagar de la Depresión del Ebro en la provincia de Huesca. Tipificación, cartografía y valoración	601
- O. BARRANTES, R. REINÉ, J. ASCASO, A. MENDOZA, A. BROCA y C. FERRER Pastizales (albardinales) y pastos arbustivos xerófilos (sisallares) de la Depresión del Ebro en la provincia de Huesca. Tipificación, cartografía y valoración	607
- O. BARRANTES, R. REINÉ, J. ASCASO, A. MENDOZA, A. BROCA y C. FERRER Pastos arbustivos gipsófilos y halófilos de la Depresión del Ebro en la provincia de Huesca. Tipificación, cartografía y valoración.....	613
- R. REINÉ, O. BARRANTES, J. ASCASO, A. MENDOZA, A. BROCA y C. FERRER Pastos arbustivos de coscojar en la provincia de Huesca. Tipificación, cartografía y valoración.....	619
- R. REINÉ, O. BARRANTES, J. ASCASO, A. MENDOZA, A. BROCA y C. FERRER Pastos arbustivos (erizontales, romerales-aliagares-lastonares y matorrales espinosos con boj) del Prepirineo en la provincia de Huesca. Tipificación, cartografía y valoración.....	625
† R. REINÉ, O. BARRANTES, J. ASCASO, A. MENDOZA, A. BROCA y C. FERRER Pastos arbustivos de alta montaña en la provincia de Huesca. Tipificación, cartografía y valoración.....	631

Cuarta Parte

RECURSOS Y SISTEMAS SILVOPASTORALES

- J. M. LLORENTE PINTO
El papel del monte en las dehesas y sus problemas de regeneración..... 639
- A. BLÁZQUEZ, M.D. CARBONERO y P. FERNÁNDEZ REBOLLO
Morfología y distribución de biomasa en plántulas de encina (*Quercus ilex* L. subsp. *ballota* (Desf.) Samp.)
tras una defoliación en primavera 653
- I. CAÑELLAS, S. ROIG, A. BACHILLER y J. L. MONTOTO
Repoblación con especies del género *Atriplex* en terrenos agrícolas abandonados de clima mediterráneo .. 659
- I. SANTA REGINA, S. SALAZAR, H. GONDARD y A. PEIX
Diversidad vegetal como resultado de diferentes manejos forestales en la Sierra de Francia (Salamanca) ... 665
- J. BUSQUÉ, S. MÉNDEZ, P. MARTÍNEZ, H. MALLAVIA, O. FERNÁNDEZ, F. J. MANRIQUE, C. ZARAGOZA,
M. MORA y B. FERNÁNDEZ
Eficacia de distintos métodos de recuperación de pastos de puerto invadidos por lecherina (*Euphorbia
polygalifolia*)..... 673
- J. R. GUZMÁN ÁLVAREZ y R. M. NAVARRO CERRILLO
Comunidades colonizadoras y pastoreo en la restauración de la vegetación leñosa en olivares abandonados 679
- E. JORDÁN GONZÁLEZ, M. V. VICENTE VALERO y M. SELVA DENIA
Caracterización del aprovechamiento de pastos, hierbas y rastrojeras de la comarca de La Manchuela
(Albacete) 685
- E. MANRIQUE, A. OLAIZOLA y T. CHERTOUH
Costes de pastoreo y de alimentación forrajera en explotaciones ovinas en proceso de adopción de innovaciones . 691
- M. A. ASENSIO, J.L. RIEDEL, A. SANZ, R. REVILLA, A. BERNUÉS y I. CASASÚS
Estudio de la utilización ganadera del Parque Natural de la Sierra y Cañones de Guara (Huesca) mediante
un sistema de información geográfica. I. Aprovechamiento real..... 697
- I. CASASÚS, M. A. ASENSIO, J. L. RIEDEL, A. SANZ, A. BERNUÉS y R. REVILLA
Estudio de la utilización ganadera del Parque Natural de la Sierra y Cañones de Guara (Huesca) mediante
un sistema de información geográfica. II. Aprovechamiento potencial 703
- J. M. MANGADO, V. FERRER, J. OCHOA, P. PÉREZ, J. SAYES y A. URMENETA
Ordenación del uso agrícola y ganadero del Parque Natural de Bardenas Reales (Navarra) 709
- D. CARBONERO MUÑOZ, A. BLÁZQUEZ CARRASCO y P. FERNÁNDEZ REBOLLO
Producción de fruto y grado de defoliación como indicadores de vigor en *Quercus ilex* y *Quercus suber*.
Influencia de diferentes condiciones edáficas en su evolución 715
- P. FERNÁNDEZ REBOLLO, A. BLÁZQUEZ, J. AGÜERA, M. P. LECHUGA y M. D. CARBONERO
Efecto del pastoreo con ganado ovino y el laboreo en las propiedades físicas y químicas de un suelo de
textura arenosa de dehesa..... 721
- S. ÁLVAREZ SÁNCHEZ-ARJONA; B. MÉNDEZ SÁNCHEZ y L. BEJARANO MESA
Estudio preliminar de la influencia de la poda en la producción de bellota en El Encinar de Espeja (Salamanca) . 727
- T. MARTÍNEZ MARTÍNEZ
Comparación estacional de los hábitos alimentarios de la cabra montés en el Sureste de España 733
- J. GULÍAS, F. SÁNCHEZ, A. RIGO, A. M. LUCAS, H. MEDRANO y J. CIFRE
Caracterización socioeconómica de las explotaciones con base forrajera de Mallorca (Islas Baleares) 739

- C. B. PASSERA, L. I. ALLEGRETTI, J. A. PÁEZ, G. IBÁÑEZ y A. B. ROBLES CRUZ
Unidades de pastos en un sistema de producción caprina en el desierto de Mendoza, Argentina 745
- ← L. OLEA, M. J. POBLACIONES, J. VIGUERA, y B. OLEA
Distribución de la "oferta" de bellota (cantidad y calidad) de encina (*Quercus ilex* Lam. ssp. *ballota*) en
"montanera" en dehesas del S.O. de Extremadura 751
- ← M. TAULL TAULL, P. CASALS TORTRAS y M. T. SEBASTIÀ ÁLVAREZ
Valoración de los recursos pastorales de la comarca de Alta Ribagorça (Pirineos Centrales, Catalunya):
repercusión sobre el proceso de conversión a ganadería ecológica..... 757