

SEEP 07



Vitoria-Gasteiz
Ekainak 4-8 de Junio

Bazka-sistemak; ekoizpena eta paisaiaren artean

Reunión Científica XLVII Bilera Zientifikoa

Los sistemas forrajeros: entre la producción y el paisaje





Los Sistemas Forrajeros: entre la Producción y el Paisaje
Bazka –sistemak: Ekoizpena eta paisaiaren artean

SEEP
Reunión Científica XLVII Bilera zientifikoa
Vitoria-Gasteiz (Alava)
4-8 de Junio del 2007



COMITÉ DE HONOR DEL CONGRESO DE LA SEEP07

Excelentísimo Sr. D. Juan José Ibarretxe Markuartu jaun txit gorena

Eusko Jaurlaritzako Lehendakaria / Lehendakari del Gobierno.Vasco

Excelentísimo Sr. D. Ramón Rabanera Rivacoba jaun txit gorena

Arabako Diputatu Orokorra / Diputado General de Alava

Excelentísimo Sr. D. Gonzalo Sáenz de Samaniego Berganzo jaun txit gorena

Eusko Jaurlaritzako Nekazaritza, Arrantza eta Elikadura Saileko Sailburua/Consejero de Agricultura, Pesca y Alimentación del Gobierno.Vasco.:

Excelentísimo Sr. D. Juan Ignacio Pérez Iglesias jaun txit gorena

Euskal Unibertsitateko Errektorea / Rector de la Universidad del País.Vasco

Ilustrísimo Sr. D. Alfonso Alonso Aranegui jaun txit argia

Gasteizko Alkatea /Alcalde de Vitoria

Ilustrísimo Sr. D. Eloy López de Foronda Ortiz de Urbina jaun txit argia

Arabako Nekazaritza Foru Diputatua / Diputado Foral de Agricultura de Alava

Ilustrísimo Sr. D.Eusebio Larrazabal Olabarri jaun txit argia

Bizkaiko Nekazaritza Foru Diputatua / Diputado Foral de Agricultura de Bizkaia

Ilustrísimo Sr. D. Rafael Uribarren Axpe jaun txit argia

Gipuzkoako Foru Aldundiko Landa Ingurunearen Garapenerako Departamentuko foru diputatua/Diputado Foral del departamento para el desarrollo del medio rural: de la diputación Foral de Gipuzkoa

Ilustrísimo Sr. D. Jose Antonio Suso Pérez de Arenaza jaun txit argia

Elikagai Politika eta Industriako sailburuordea /Vice consejero de política e Industrias Agroalimentarias de Gobierno Vasco

Sr.D.Luis Javier Telleria

NEIKEReko Presidentea / Presidente de NEIKER

Sr. D.Asier Albizu Llubia

NEIKEReko Zuzendari-Kudeatzaile Orokorra / Director General de NEIKER

Ilustrísimo Sr.D.Martin Ascacibar Gregorio jaun txit argia

Berrikuntza eta Teknologiaren Garapenerako zuzendaria /Director de Innovación y Desarrollo tecnológico de Gobierno Vasco

Sr.D.Leopoldo Olea Marquez del Prado
SEEPeko Presidentea / Presidente de la SEEP

Sr. D.Jose María Potes

Portugaleko Landa eta Bazka Elkarteko Presidentea / Presidente de la Sociedad Portuguesa de Pastos y Forrajes

**COMITÉ ORGANIZADOR DE LA
XLVI Reunión Científica de la SEEP
AREA DE AGROECOSISTEMAS Y
RECURSOS NATURALES DE NEIKER-TECNALIA
UPV**

PRESIDENTE

Miriam Pinto

COORDINACIÓN

**Arantza Aldezabal (UPV)
Ana Aizpurua (Neiker-Tecnalia)
Isabel Albizu (Neiker-Tecnalia)
Amaia Barredo (Neiker-Tecnalia)
Sorkunde Mendarte (Neiker-Tecnalia)
Roberto Ruiz (Neiker-Tecnalia).**

SECRETARÍA

**Yolanda Barredo (Neiker-Tecnalia)
Iranzu Telletxea (Neiker-Tecnalia)**

COMITÉ CIENTÍFICO

ISABEL ALBIZU Neiker- Tecnalia	EMILIO MANRIQUE Universidad de Zaragoza
ARANTZA ALDEZABAL Universidad del País Vasco	ADELA MARTINEZ SERIDA Villaviciosa
ANA AIZPURUA Neiker - Tecnalia	TEODORA MARTINEZ IMIA (Madrid)
DOLORES BAEZ BERNAL CIA Mabegondo (A Coruña)	SORKUNDE MENDARTE Neiker - Tecnalia
ALFONSO BROCA VELA Universidad de Zaragoza	PILAR MENDEZ ICIA La Laguna (Tenerife)
ALFREDO CALLEJA Universidad de León	PILAR MERINO Neiker - Tecnalia
ROSA MARÍA CANALS Universidad Pública de Navarra	JAIME MUÑOZ Universidad Politécnica de Madrid
IGNACIO DELGADO Diputación general de Aragón	JOSE ALBERTO OLIVEIRA Universidad de Oviedo
ROSARIO FANLÓ Universitat de Lleida	JUAN PIÑEIRO CIAM (La Coruña)
CARLOS FERRER Universidad de Zaragoza	MIRIAM PINTO Neiker - Tecnalia
FEDERICO FILLAT CSIC Jaca (Huesca)	JOSEFINA PLAIXARTS Universidad Autónoma de Barcelona
ANTONIA GARCÍA CIUDAD CSIC Salamanca	RAMÓN JUAN REINÉ Universidad de Huesca
BALBINO GARCÍA CSIC Salamanca	ANA BELEN ROBLES CSIC Granada
RICARDO GARCÍA - CRIADO CSIC Jaca (Huesca)	SONIA ROIG INIA (Madrid)
ANTONIO GONZALEZ Xunta de Galicia	BEGOÑA DE LA ROZA SERIDA Gijón (Asturias)
NEREA MANDALUNIZ Neiker - Tecnalia	ROBERTO RUIZ Neiker - Tecnalia
	ALFONSO SAN MIGUEL Universidad Politécnica de Madrid

ORGANISMOS COLABORADORES

**DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACIÓN DEL
GOBIERNO VASCO
DEPARTAMENTO DE EDUCACIÓN DEL GOBIERNO VASCO
DIPUTACIÓN FORAL DE ÁLAVA
DIPUTACIÓN FORAL DE BIZKAIA
DIPUTACIÓN FORAL DE GIPUZKOA
MINISTERIO DE EDUCACIÓN Y CIENCIA
INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN Y TECNOLOGIA AGRARIA
(INIA)
AYUNTAMIENTO DE VITORIA-GASTEIZ
TURISMO VITORIA-GASTEIZ
CATEDRA UNESCO**

ENTIDADES COLABORADORAS

**CAJA LABORAL POPULAR
FUNDACIÓN KALITATEA
BONSAI TECHNOLOGIES
SEMILLAS CLEMENTE**

Botánica





“La evolución del paisaje vegetal del País Vasco
a lo largo de la historia”

CONFERENCIA SESIÓN I: Botánica



Javier Loidi
Universidad del País Vasco

BOTÁNICA

“La evolución del paisaje vegetal del País Vasco a lo largo de la historia”

CONFERENCIA SESIÓN I: BOTÁNICA

Javier Loidi
Universidad del País Vasco

LA EVOLUCIÓN DEL PAISAJE VEGETAL DEL PAÍS VASCO A LO LARGO DE LA HISTORIA

Javier Loidi
UPV/EHU
Introducción.

La Cornisa Cantábrica es un territorio bajo unas condiciones climáticas de extrema atlanticidad en el tiempo actual, es decir, alta oceaneidad con veranos poco calurosos e inviernos poco fríos (la oscilación anual de las temperaturas varía entre los 8 y los 13° C) y unas altas precipitaciones que se distribuyen por todas las estaciones del año con un mínimo en verano que no llega a causar un déficit severo de agua o sequía. Estas condiciones reinan en la franja costera y en los valles atlánticos, continentalizándose y mediterraneizándose hacia el interior. En este contexto, la vegetación natural está dominada por bosques de robles y de hayas, así como por algunas de sus etapas sustituyentes como son los brezales o los prados de siega. Sin embargo, en tiempos de la última glaciación las cosas eran muy diferentes: el clima era sensiblemente más frío y la vegetación de zonas intermedias estaba dominada por bosques de coníferas (pinos), mientras que las cumbres montañosas presentaban unas condiciones subalpinas. Los árboles de hoja plana, propios de climas más suaves, necesitaron refugiarse en la franja costera donde las condiciones eran localmente más atenuadas; adviértase que el nivel de los mares estuvo hasta 120 m por debajo del actual y la línea de costa estaba más adelantada que hoy. El hombre estaba entonces en un estado primitivo (paleolítico) y su influencia en los ecosistemas era todavía leve. Además, en el mundo cantábrico la población humana tendía a concentrarse en las costas donde las condiciones eran más benignas y seguramente los recursos mayores. Con el veloz cambio climático que tuvo lugar con el final de la última glaciación, que acabó hace unos 10000 años, los bosques de pinos retrocedieron hasta desaparecer de nuestra zona y su espacio fue ocupado por los planifolios, todo ello en un período de entre 4000 a 5000 años. Permanece en la oscuridad el papel del hombre en este gran cambio de la vegetación, sin embargo no parece muy probable que la impulsara excesivamente habida cuenta su limitado desarrollo cultural y su economía basada en la caza y la recolección.

Con todo, ello no significa que la primitiva población de cazadores-recolectores no ejerciera ningún impacto sobre el medio natural en Europa u otros lugares; parece que las extinciones de los grandes mamíferos acaecida a lo largo de los últimos períodos del Cuaternario tuvo que ver con la actividad cinegética de los hombres cazadores cada vez que llegaban a colonizar una nueva tierra. Esto se unió a la huida hacia el norte de otros, adaptados al frío polar y boreal, a medida que el clima iba calentándose tras la última glaciación. La desaparición de muchos de estos grandes animales, cuya acción predatoria y desbrozadora sobre la vegetación debía tener una importancia no desdeñable, probablemente causó un cerramiento de la vegetación y una expansión de las formaciones boscosas en detrimento de la vegetación abierta de claros, matorrales y pastizales que era favorecida por ellos. Ello determinó que entre los 10.000 y los 6.500 años BP la cubierta forestal, al menos en la Europa media, fuera prácticamente total (Behre 1988) y que, como el bosque cerrado es parco en proveer alimentos al hombre, las comunidades de personas se concentrarían en las zonas costeras así como al borde de lagos y ríos, donde se pudiera pescar y mariscar.

Influencia del hombre sobre la vegetación: las sociedades primitivas y la aparición de la agricultura y la ganadería

La adquisición de las técnicas de la agricultura y la ganadería supuso un incremento espectacular de la presión que el hombre pasó a realizar sobre los ecosistemas terrestres. Ello se tradujo en una radical transformación de la cubierta vegetal de las zonas que progresivamente se iban habitando, en adaptación a las exigencias impuestas por quienes se manifestaban como nuevos señores de la Creación. En los primeros tiempos de estas transformaciones, los cambios debidos a causas naturales se confundían con los antrópicos, pero éstos fueron siendo cada vez más importantes hasta llegar a los últimos siglos, donde el hombre es, con mucho, el principal modelador del paisaje de las zonas habitadas del mundo. La profundidad y duración de las alteraciones acaecidas ha afectado, en ocasiones, a elementos esenciales en el funcionamiento de los ecosistemas, v. gr.: economía hídrica, régimen lumínico, ciclado de nutrientes, microtopografía, etc. que ya ni permiten suponer que la vegetación que se instalaría de forma espontánea si cesara la acción humana fuera a ser similar a la que había originalmente.

El origen de la agricultura y la ganadería parece ser que tenido lugar en varias partes del mundo de modo independiente pero en el caso que nos ocupa parece ser que su cuna se halla en Oriente Medio (el llamado Creciente Fértil). Ambas actividades debieron ser, desde muy temprana época, más complementarias que alternativas y tanto la una como la otra constituyen usos del territorio altamente perturbadores que ocupan grandes cantidades de espacio físico. Sin embargo, a pesar de sus características comunes, hay diferencias substanciales entre una y otra a la hora de estimar su impacto en los ecosistemas:

Agricultura	Ganadería
Supresión completa de la vegetación original para poner en su lugar el cultivo. Éste se mezcla con plantas que constituyen comunidades seminaturales espontáneas que conocemos con el nombre de malas hierbas.	Transformación de la vegetación original mediante técnicas perturbadoras: presión ganadera, fuego, etc. La vegetación natural es reemplazada por otra seminatural adaptada al pastoreo (pastizal).
Técnicas destructivas de competidores: laboreo de la tierra.	El suelo es respetado, la transformación de la vegetación original en pasto y el mantenimiento de éste, se hace mediante presión ganadera, no se labra el suelo.
La vegetación seminatural reemplazante (comunidad de malas hierbas) es combatida por todos los medios posibles para incrementar la producción agraria (eliminación de competidores).	El ganado vive a expensas de la vegetación reemplazante (pasto) y es su recurso principal, por lo que es cuidada con mimo.
Necesidad de suelos de alta fertilidad. Si la fertilidad no es natural, se ha de incrementar mediante el uso masivo y reiterado de fertilizantes para incrementar la producción.	Posibilidad de utilizar suelos de baja o media fertilidad mediante un régimen ganadero extensivo, por ello el uso de fertilizantes es episódico, moderado o nulo
Tendencia hacia los paisajes homogéneos	Paisajes diversos determinados por la variabilidad de biótopos existentes en el terreno
Alta producción, alta densidad de población humana	Baja producción, baja densidad de población humana

Como resultará evidente, estamos hablando de una agricultura y ganadería tradicionales, del todo ajenas a la agresiva hipertecnificación actual.

La extensión de la agricultura y la ganadería neolíticas y su impacto sobre los ecosistemas terrestres y el paisaje.

El emboscamiento que hubo tras el fin de la última glaciación fue transitorio, casi podríamos decir que breve (3 ó 4.000 años), al menos en la Europa templada y mediterránea. La entrada en escena de las actividades agropecuarias aparejadas a la neolitización determinó, con la

inestimable ayuda del fuego, una reducción drástica de la vegetación arbolada para dedicarles el espacio necesario. El relativo equilibrio entre las sociedades de cazadores-recolectores con su medio se quiebra con la adopción de la economía productivista, que además permitirá un espectacular aumento demográfico en la población humana. El desarrollo de la agricultura y la ganadería determina una interacción mucho más intensa entre los humanos y el medio natural, dando lugar a un paisaje que pasa a ser una construcción socio-natural.

Parece probado que la ganadería y la agricultura se difundieron simultáneamente por Europa occidental al tratarse de actividades que, posiblemente desde muy temprana época, se complementan en una economía agropecuaria orientada a la subsistencia. La cría de ganado proporciona fertilizantes orgánicos para los cultivos al tiempo que algunos de los animales pueden ser usados como bestias de tiro. Inversamente, parte de la producción agrícola puede destinarse a la alimentación de los animales domésticos (forraje). En los territorios de la Cornisa Cantábrica (v. gr. en el País Vasco) se ha postulado algunas veces que la ganadería es más antigua que la agricultura. Esta tesis parece más resultado de la intuición que de datos objetivos, toda vez que hay evidencias de actividad agrícola muy antiguas, de más de 6.000 años (4.200 cal a.C.) en la parte costera del País Vasco (Zapata 1999). Las evidencias sobre prácticas ganaderas aparecen a partir de la primera mitad del VII milenio BP (V milenio cal a.C.) según Arias & Altuna (1999). Lo que es lógico pensar es que, al igual que sucede hoy día, una actividad preponderara sobre la otra en función de las características del territorio: clima, orografía, suelos, etc., en adaptación a ellas y dentro de un sistema más o menos autárquico que buscara la complementariedad.

La primeras especies objeto de cultivo halladas son la cebada vestida (*Hordeum vulgare* subsp. *vulgare*) y la escanda (*Triticum dicoccum*). Estos cereales debieron ser cultivados en pequeña escala y con empleo de técnicas rudimentarias, como cavar con palos o el arrancado de las mieses a mano o con instrumentos parecidos a las mesorias asturianas (ausencia de hoces en los yacimientos). Es probable que la recolección se limitara a las espigas de grano y la paja no se recogiera por carecer de valor suficiente. Esta primera agricultura de hace 6.000 años, parece ser más complementaria que fundamental dentro de una economía aún basada en la caza, la pesca, la recolección y en una ganadería rudimentaria. El repertorio de frutos y semillas silvestres todavía representaba una parte importante de la dieta humana: bellotas, avellanas, peralillos y manzanos silvestres, serbales, etc. suministraban una fracción sustancial de la ingesta del hombre neolítico del sexto milenio, al menos en la Cornisa Cantábrica. Además, como sucede en las sociedades primitivas que han llegado hasta la época contemporánea, el espectro de plantas y animales utilizados debió ser muy amplio, con usos muy diversos: medicinal, rituales, adornos y vestimenta, utillaje y elementos de todo tipo, etc.

A pesar de que, en términos generales, el desarrollo de la agricultura y de la ganadería supuso una progresiva deforestación, hubo formas de cría de ganado menos agresivas para el bosque, como es el caso de la alimentación del ganado con follaje de árboles diversos, modalidad que ha pervivido en algunos lugares remotos de Europa hasta época reciente. Los animales se tenían en el poblado humano y eran alimentados con las hojas que se recogían del bosque; incluso como acopio de alimento para el invierno, se recolectaba gran cantidad de follaje que era secado convenientemente. Las especies preferidas eran fresnos, olmos y tilos, pudiendo complementarse la dieta invernal con hojas frescas de hiedra y muérdago (Behre 1988).

La consolidación de la economía productiva: del postneolítico hasta el fin de la época romana

Entre el final del Neolítico (Calcolítico) y el período romano, es decir desde el 3.000 cal a.C. hasta los primeros siglos de nuestra era, crecen en importancia la agricultura y la ganadería en los sistemas de subsistencia postneolíticos, consolidándose como principales medios de producción de recursos. Los restos de cereales se multiplican, apareciendo nuevas variedades (trigos desnudos, espelta o *Triticum spelta*, etc.), que llevan aparejada una complicación de los procedimientos y técnicas agrícolas; con ello, la deforestación avanza abriendo todavía más el paisaje. Como se ha indicado, la generalización de la agricultura no implica el abandono de la recolección de frutos y semillas silvestres, que en este tiempo prehistórico aun debió tener una importancia notable en la alimentación, aunque con tendencia a ser progresivamente reemplazada por los recursos de origen agro-ganadero. El paisaje se va transformando más y más y nuevas formaciones vegetales comienzan a ser protagonistas: los matorrales y los pastizales. El fuego y la presión ganadera que impiden la regeneración forestal y degradan los suelos, se encargan de extenderlos. En la zona templada, principalmente atlántica, son los brezales (landas) y en la mediterránea los tomillares, romerales y jarales. Los pastizales de diversos tipos también se extienden por la actividad pecuaria en las zonas de mayor utilización ganadera.

En este período, la presión antrópica sobre la vegetación es ya muy importante y provoca alteraciones profundas en el paisaje. Junto con la reducción de los bosques y expansión de matorrales y pastizales, se incrementó la erosión de los suelos, hasta el punto de que la regeneración de la vegetación resultara problemática. En este contexto parece que se extendió el haya por este territorio, expansión que se ha relacionado con la primitiva acción antrópica de aclareo (Behre 1988, Pott 1992, 2000).

Hacia el final de esta fase, en la época romana, se intensifica y diversifica la producción de alimentos para atender a una población humana en rápido crecimiento. Se introducen algunas especies de árboles frutales: de la mano de los romanos, llegan a la Iberia el melocotón (*Prunus persica*) y el albaricoque (*Prunus armeniaca*) originarios de Oriente Medio, así como el nogal (*Juglans regia*) y el castaño (*Castanea sativa*) procedentes de Asia Menor.

En este tiempo se consolida una de las características que permanecerá constante a lo largo de los tiempos posteriores: la diferencia de los territorios montañosos con los de las zonas llanas. En los primeros reina un clima templado lluvioso y su economía, más arcaica, se basa en la pluralidad de cultivos, complementados con la actividad pecuaria, en una clara autarquía en la satisfacción de las necesidades de los pobladores. En las tierras llanas, principalmente en la depresión del Ebro o en las Llanadas o cuencas que se abren en el Prepirineo, predominaba claramente la agricultura comercial (cereal, viñedo, olivo, etc.), en la que su producción era destinada, al menos en parte, al mercado. Este segundo modelo, permitió el desarrollo de una sociedad urbana consumidora de los excedentes agrarios. Las zonas en donde se instaló este sistema fueron las más intensamente romanizadas, en el sentido de incorporadas al sistema económico, social, cultural y político que se extendía a lo largo y ancho del Estado Romano, el cual garantizaba las relaciones entre sus partes básicamente mediante el comercio; algo parecido a una primera “globalización” del sistema socio-económico que produjo una uniformización y artificialización del paisaje. Por el contrario, las regiones que quedaron marginales en este sistema y persistieron en un modelo autárquico y diverso, fueron poco o nada romanizadas, experimentaron un crecimiento demográfico débil o nulo; sin embargo fue allá donde se conservaron los ecosistemas en estado más natural y, merced a la variedad en tipos de explotación, se mantuvo mejor la diversidad en todas sus facetas.

El fin del Imperio Romano, con el inicio del período de las grandes migraciones, significó el abandono de muchas áreas cultivadas y una fuerte regeneración del bosque en gran parte de Europa. Esta recuperación forestal se prolonga hasta el siglo VIII de nuestra era, en el que gran parte del continente llegó a cubrirse nuevamente de bosques.

La Edad Media y la Edad Moderna hasta la revolución industrial

En este período, que dura algo más de milenio y medio, se producen una serie de transformaciones importantes en los sistemas y modelos de explotación humana del territorio, pero que se hallan en una continuidad con los establecidos en el período anterior, con los que conectan sin apenas solución de continuidad. El desarrollo de la agricultura, lento pero progresivo, consistió en la puesta en cultivo de nuevas especies y variedades y en la introducción de algunas mejoras en el utillaje de labranza. Durante el tiempo conocido como Edad Media, anterior a la época de los grandes descubrimientos que dio lugar a la primera oleada de colonizaciones transoceánicas europeas, la evolución es lenta y arranca con un nuevo ciclo de retroceso de los bosques. En general se registró una paulatina deforestación a medida que se iban necesitando nuevas tierras para la agricultura; el terreno de monte, más o menos emboscado o adehesado, siguió siendo extenso, pero fue quedando confinado a los territorios abruptos, menos aptos para la labranza. En cualquier caso, este período conoce un incremento constante de la población a partir del siglo VIII-IX, que da paso al posterior establecimiento de sociedades urbanas en el territorio cantábrico (fundaciones de villas y ciudades en los siglos XI-XIII); todo ello culminó con una saturación demográfica en la baja edad media al alcanzarse el límite de la capacidad de producción agropecuaria. Este hecho está detrás del advenimiento de la inestabilidad social que hubo en el País Vasco en los siglos XIV y XV (guerras de banderizos).

El descubrimiento y colonización de América y otros territorios a partir del siglo XVI supuso un cambio drástico en el panorama anterior. El exceso demográfico se evacuó inmediatamente hacia la conquista y colonización de los nuevos territorios a la par que se inició la introducción de nuevas plantas alimenticias procedentes sobre todo del Nuevo Mundo. La aclimatación de varias de ellas fue un éxito y ello permitió incrementar espectacularmente la producción agraria. Una especie de “revolución americana” tuvo lugar, sobre todo en las tierras húmedas y montañosas de la Cornisa Cantábrica, hasta entonces marginales frente a los fértiles terrenos llanos de las depresiones. El maíz, las alubias, el pimiento, el tomate y la patata fueron sucesivamente incorporándose al repertorio de cultivos del caserío vasco (baserri), pasando a sustituir, a veces casi por completo, a los alimentos básicos anteriores, principalmente pan de diversos cereales, habas, etc. La comida ordinaria comenzó a basarse en las distintas variedades de *Phaseolus*, alterando profundamente la base de la alimentación y dando origen a una gastronomía tenida hoy por genuina.

El mundo ganadero también experimentó transformaciones que tendieron hacia un mejor aprovechamiento de los recursos. Junto al ganado sedentario, vinculado a las poblaciones campesinas, se establecieron sistemas de explotación pecuaria basados en la búsqueda de pastos en las estaciones desfavorables del año mediante desplazamientos estacionales entre territorios más o menos alejados. Este sistema, conocido como trashumancia, se realizó a muy diferentes escalas, desde la comarcal o cuasi-local, hasta la que se desarrollaba entre zonas muy alejadas, que aún hoy se mantiene en sociedades que viven en países con clima estacional o sujeto a largos períodos desfavorables. La trashumancia podía ser en busca de pastos de invierno hacia zonas menos frías y generalmente más bajas (trashumancia *criófuga*) o en pos de pastos de verano hacia áreas lluviosas en esa estación (trashumancia *xerófuga*). Dentro de las del primer tipo, está la trashumancia que se practica en los rebaños de ovejas que suben a los pastizales altos de las montañas vasco-navarras entre Mayo y Octubre, para descender en invierno a los valles, huyendo de los rigores invernales del piso montano. En las comarcas donde las ovejas no están tan extendidas y arraigadas, esta trashumancia se practica con vacas.

En contraste con esta trashumancia criófuga, de corto recorrido entre el valle y la montaña, está la de tipo mediterráneo, más conocida y de mayor alcance, que durante el verano necesita buscar pastos frescos que sustituyan a los invernales agostados. Esta trashumancia xerófuga puede llegar a recorrer distancias más largas, a veces de varios cientos de kilómetros. Los ejemplos más característicos de esta trashumancia están en la que se practica en los valles pirenaicos –principalmente Roncal y Salazar- cuyos rebaños trashuman a las Bardenas Reales.

El bosque en la sociedad de la Edad Moderna: usos, aprovechamientos y modelos de explotación.

La saturación demográfica de alta la Baja Edad Media y etapas posteriores implicó, además de una reducción de la superficie forestal para dedicarla a la labranza y el pastoreo, un enorme aumento de los materiales que se extraían de los bosques, lo que llevó a ejercer una extrema presión sobre ellos.

Productos forestales que demandaba la sociedad agraria tradicional:

- ✘ Leña para combustible y calefacción domésticos
- ✘ Palos, varas y estacas de madera para usos diversos, principalmente en el medio rural
- ✘ Leña para hacer carbón vegetal, principalmente para alimentar las ferrerías
- ✘ Leña para calentar la caliza y hacer cal viva en las caleras. La cal se usaba en construcción y para enmendar los campos
- ✘ Leña para los hornos de productos cerámicos: tejerías, cacharrerías, etc.
- ✘ Diferentes tipos y tamaños de piezas de madera, incluyendo grandes piezas para vigas, en la construcción de edificios
- ✘ Diferentes tipos y tamaños de piezas de madera, incluyendo grandes piezas para mástiles y otras partes, para la construcción naval
- ✘ Hojarasca y mantillo como abono de los campos de cultivo
- ✘ Hojas verdes como forraje de ganado en épocas de escasez (sequía, etc.), dependiendo de la especie de árbol de que se tratase
- ✘ Frutos comestibles (básicamente bellotas) para la alimentación del ganado (y eventualmente del hombre)
- ✘ Plantas medicinales, curtientes y tintóreas
- ✘ Setas comestibles

Además, los bosques existentes eran a menudo pastados, practicándose una explotación combinada del bosque, conjugando el uso ganadero con el aprovechamiento de productos genuinamente silvícolas (madera, bellotas, corcho, mantillo, follaje). Este modelo se generalizó en muchas zonas de la Europa bajomedieval y moderna y actualmente este sistema subsiste principalmente en el occidente de la Península Ibérica donde recibe el nombre de dehesa (o montado en Portugal). Este sistema causa un descenso de la densidad arbórea y una disminución (o anulación) de su regeneración, que obliga al establecimiento de un sistema rotatorio de explotación con el ganado que evite la aniquilación del bosque.

En esta etapa de la historia se produce el desarrollo de una de las industrias más genuinas del mundo vasco-cantábrico: las ferrerías, grandes consumidoras de carbón vegetal, que era

producido en los bosques de las inmediaciones. Otras consumidoras de energía eran la fabricación de cal (caleras), la cerámica, etc.

En medio de todo ello, e impulsado por la fuerte actividad extractora de madera, se originó todo un conjunto de sistemas tradicionales de explotación de los diferentes tipos de bosque (encinar, hayedo, robledal, quejigar, chopera, olmeda, fresneda, etc), cuyas huellas han llegado hasta nosotros. La mayoría de ellos se basan en el aprovechamiento de la capacidad de regeneración de los árboles tras una mayor o menor mutilación, tratamiento sólo aplicable a aquellas especies capaces de soportarlo. El más común de esos sistemas en Europa era el de cortar los árboles a ras de suelo y esperar que de las cepas, subterráneas o aéreas (tocones), rebroten ramas en número variable y regeneren el monte. Esto origina un bosque con alta densidad de tallos delgados. Esta forma de explotación, conocida como *jaral*, *monte jaro* o *monte bajo*, se basa en cortas periódicas cada cierto número de años, según una frecuencia que depende de la especie y de las condiciones mesológicas. El sistema de monte bajo a partir de tocón o de cepa subterránea tiene la variante, que sucede en algunas especies, en la que el tocón muere pero sobrevive el sistema radicular, que es de donde rebrotan los tallos (Rackham 1986). En esta variante se terminan por obtener tallos clónicos, independientes entre sí pero procedentes de una misma planta madre. El monte bajo, que se practicaba más en las comarcas meridionales, se efectuaba sobre especies arbóreas como la encina, castaño, carrasca, marojo o quejigo. Es frecuente respetar algunos árboles en la tala, que destacan sobre el resto de la masa por su altura y corpulencia, que servirán como resalvos productores de semilla y para proporcionar una cierta sombra.

En la explotación en régimen de monte bajo es necesario que el ganado no acceda al bosque talado en los primeros años tras la corta para garantizar una adecuada regeneración de los tallos y follaje. Cuando esto no es posible, bien por dificultades topográficas que impiden el cercado o bien por el régimen de tenencia y explotación del suelo, se practica la poda periódica del tronco a cierta altura sobre el suelo, de modo que los rebrotes tiernos quedasen a salvo de los animales. Esta modalidad, más costosa y mucho menos productiva en madera, es sin embargo, compatible con un aprovechamiento mixto y ha sido la practicada extensivamente en gran parte del País Vasco. Dentro de las variantes de poda periódica de las ramas del árbol a cierta altura, está aquella en la que el árbol adopta una forma peculiar y es llamado "*trasmochó*", en la que el tronco alcanza una cierta altura y, de ahí, emite una corona de ramas que son las que serán podadas cada cierto número de años. Este tipo de árboles trasmochos es característico de la zona atlántica del País Vasco, principalmente en el piso montano o supratemplado, tratándose en su mayoría de hayas y, en menor medida, de robles o de fresnos.

El aprovechamiento de tipo trasmochó permitía, en buena medida, una conservación de las condiciones forestales, sobre todo de la sombra y de las aportaciones de hojarasca al suelo, pudiéndose aprovechar ésta como fertilizante agrícola (broza); también hay una mayor compatibilidad con el aprovechamiento ganadero, pudiéndose conducir el monte hacia un adehesamiento mayor o menor. Por el contrario, el monte bajo era objeto de una perturbación bastante severa cada cierto tiempo, con interrupción temporal de las condiciones nemorales. Además, la formación boscosa explotada en régimen de monte bajo, se caracteriza por estar formada por numerosos tallos delgados y densamente dispuestos, siendo poco compatible con el aprovechamiento ganadero.

Modelo de explotación del bosque	Monte bajo	Monte alto	Bosque trasmucho
desventajas	<ul style="list-style-type: none"> ⌘ No puede entrar el ganado ⌘ No se producen grandes piezas de madera 	<ul style="list-style-type: none"> ⌘ Baja tasa de producción 	<ul style="list-style-type: none"> ⌘ Baja tasa de producción
ventajas	<ul style="list-style-type: none"> ⌘ Alta tasa de producción ⌘ Producción de pequeñas piezas de leña para combustible doméstico y para fabricar carbón vegetal 	<ul style="list-style-type: none"> ⌘ Produce grandes piezas de madera para la construcción naval y de edificios ⌘ El ganado puede entrar a pastar en el bosque 	<ul style="list-style-type: none"> ⌘ Producción de pequeñas piezas de leña para combustible doméstico y para fabricar carbón vegetal ⌘ Producción de piezas curvadas (corbatones) para la construcción naval ⌘ El ganado puede entrar a pastar en el bosque

Cuadro en el que se señalan las ventajas y desventajas de los tres modelos de aprovechamiento forestal tradicional (Loidi 2005)

Otra de las presiones que se ejercía sobre el bosque, además de la de la agricultura, la ganadería o el carboneo, era la de la construcción naval. Su impacto fue desigual en las distintas partes del territorio, según fuera su distancia al mar, régimen de propiedad y marco socioeconómico, pero en algunas zonas, como el Pirineo, se hizo notar. Una forma de librarse del señalamiento o “chaspeado” de los pies por parte de los Visitadores de la Marina era que éstos fueran trasmochos y no fueran útiles para construir barcos. La incidencia de la construcción de barcos debió ser mayor en los momentos en los que se acometieron grandes expediciones navales en las que participaban muchas naves.

La gran importancia del bosque en el sistema económico de Guipúzcoa y Vizcaya de los siglos XVI al XIX, y su reducción causada por la ampliación de los terrenos dedicados a la agricultura y la ganadería, indujo a que las autoridades tomaran medidas para su protección. Se favorecieron los cerramientos para impedir que el ganado entrara en ellos y se comiera las plántulas y brotes tiernos para permitir así su regeneración. También se fomentó la repoblación de hayas y robles mediante el establecimiento de viveros por parte de ayuntamientos y otras instituciones; por eso parte de los pies actualmente vivos de dichas especies proceden de esas repoblaciones, sobre todo del XIX (Gogeoascoechea 1996, Aragón Ruano 2001).

La actividad ferrona se estanca en los siglos XVII y XVIII por la competencia del hierro sueco, para luego entrar en una franca decadencia en el XIX causada por la aparición de los hornos altos que funcionaban con carbón mineral. Con ello, la demanda de carbón vegetal se reduce hasta prácticamente hacer desaparecer el carboneo en la actualidad.

El final de este tramo de la historia, correspondiente a la primera mitad del siglo XIX, coincidió con una época aciaga para la sociedad humana a causa de los turbulentos acontecimientos que tuvieron lugar. Las guerras que azotaron total o parcialmente este territorio con una frecuencia sin precedentes (contra la convención francesa, la napoleónica o de la Independencia, y primera de las carlistas), obligaron a los municipios y diputaciones a vender patrimonio público, principalmente montes arbolados, para financiar las exacciones a que se veían sometidos por parte de los ejércitos ocupantes. Esto inició un proceso privatizador que luego se continuó con las leyes desamortizadoras liberales que vinieron después: la de 1837 (de Mendizábal) y la de 1855 (de Madoz). La reducción drástica de la propiedad pública y eclesiástica determinó un retroceso en las prácticas tradicionales de manejo sostenible de los montes, muchos de los cuales fueron sometidos a una deforestación causada por su explotación intensiva (Ruiz Urrestarazu 1992). Esta deforestación se verá además acelerada por la creciente demanda de alimentos por parte de una población en franco incremento demográfico, alcanzándose un

máximo de explotación y ocupación del terreno hacia finales del siglo diecinueve y comienzos del veinte.

Los cambios en el paisaje a causa del industrialismo y la sociedad moderna

Desde mediados del siglo XIX se inicia una segunda revolución, pero esta vez es impulsada por el desarrollo de la industria y el comercio que acaba extendiéndose por todas partes. Este desarrollo industrial causa un enorme incremento demográfico, tanto por el crecimiento vegetativo de la población como por una intensa inmigración. El resultado es que el aparato productivo agrícola y ganadero es cada vez menos capaz de atender a la creciente demanda de alimentos y se ha de recurrir, cada vez en mayor medida, a la importación. El incremento del comercio, gracias a la mejora en las vías de comunicación, pone al alcance de la población productos agrícolas procedentes de zonas lejanas a precios competitivos. El modelo autárquico va cediendo frente a la economía de mercado. Paralelamente, la demanda de mano de obra industrial y el estancamiento de la rentabilidad del trabajo en el campo, acaba atrayendo, tarde o temprano, al campesinado hacia los centros urbano-industriales: abandono rural.

Los procesos deforestadores que tuvieron lugar en el siglo XIX, descritos en el apartado anterior, fueron pujantes hasta entrado el s. XX, cuando el abandono rural comenzó a hacer mella en los contingentes que formaban la fuerza de trabajo agrícola. Por ello, la deforestación alcanzó un máximo en la transición entre ambas centurias, lo que está profusamente atestiguado documentalmente y hasta por documentos gráficos de la época. A partir de los años 30 y 40 del s. XX, la migración de campesinos a los centros urbanos comienza a dejarse notar en el paisaje, sobre todo en las zonas montañosas.

Como resultado de estas transformaciones, podemos distinguir tres modelos principales de modelado paisajístico en el País Vasco y alrededores: el cantábrico, el del resto de las áreas serranas intermedias y el agrario de la Depresión del Ebro.

1- El modelo cantábrico se extiende por el noroeste de Navarra, Guipúzcoa, Vizcaya, norte de Álava y Cantabria. Se parte de una población dispersa en caseríos o aldeas que salpica gran parte del territorio, que habita casi siempre por debajo de los 600 ó 700 m de altitud. El desarrollo industrial absorbe mano de obra, tanto autóctona como inmigrante, funcionando como motor del despoblamiento rural. Ello termina por causar un abandono rural que afecta a la mayoría de la población campesina, que llega a desaparecer casi por completo de algunas zonas, como en el entorno de Bilbao y su zona industrial, en Vizcaya. Este proceso, aún en marcha, se simultanea con un abandono de las actividades agroganaderas, cuya rentabilidad cae constantemente en el escenario de la globalización de los mercados, que se incrementó con la incorporación a la Unión Europea. Gran parte de la propiedad rústica está en manos de particulares gracias a los procesos privatizadores que tuvieron lugar en el siglo XIX (guerras, desamortizaciones, compra de los predios a los terratenientes, etc.), con lo que la alternativa al mero abandono de las tierras de monte ha sido el cultivo maderero de especies exóticas. Estas circunstancias socioeconómicas y un clima propicio para el cultivo de ciertas especies de crecimiento rápido, sobre todo *Pinus radiata* y *Eucalyptus globulus*, han convertido los montes de esta zona prácticamente en un monocultivo de estos árboles. La profusión de cultivos madereros se atenúa en las zonas de montaña, donde formas de propiedad pública (Montes de Utilidad Pública, Parzonerías y diversos regímenes comunales de aprovechamiento ganadero tradicional), junto con un clima más frío, inadecuado para las más productivas de las mencionadas especies, ha frenado la invasión de los arbolados de exóticas. Por ello, por encima de los 600-700 m de altitud, se conserva un paisaje más tradicional, con bosques naturales o seminaturales

(generalmente hayedos) alternando con pastizales que se suelen aprovechar, sobre todo en verano, por un ganado a menudo trashumante.

2- El modelo serrano, que se puede encontrar en el Pirineo, en el Sistema Ibérico y en las zonas montañosas de la Navarra Media, Álava y norte de Burgos, parte de una situación diferente. El poblamiento inicial era menos denso y estaba agrupado en aldeas o pequeños pueblos, mientras que la propiedad del monte era mayoritariamente pública y lo sigue siendo hoy, quedando la particular concentrada en los valles, dedicados a la producción agraria. El despoblamiento rural ha causado también aquí un incremento de las masas arboladas en el monte, pero muchas de ellas corresponden a bosques naturales que se han regenerado de manera espontánea por simple disminución de la presión. La consecuencia es que actualmente presentan una situación más natural que los de las zonas cantábricas, a pesar de que tampoco faltan “repoblaciones” de especies de coníferas, como *Pinus sylvestris*, *P. nigra* y otros. Estas masas, a menudo de pino albar, ocupan extensiones notables en el paisaje, siendo su presencia debida en parte a tratamientos silvícolas selectivos, practicados desde muy antiguo.

En la montaña del norte de Burgos, en Álava y en la Navarra Media, que hemos incluido en este ámbito la actividad agrícola de tipo cerealista tiene una importancia mayor gracias a la existencia de amplios valles aptos para ella. En estas zonas, la agricultura ha sido tradicionalmente la actividad económica principal, mientras que el Pirineo y el Sistema Ibérico han sido básicamente ganaderos. Por eso, en las primeras la demografía no ha evolucionado hacia un despoblamiento tan severo como en las zonas de gran montaña; en algunos casos, como en la Llanada de Álava o en la Cuenca de Pamplona, se han desarrollado la industria y los servicios, constituyendo polos de atracción de la población.

Con todas las cautelas, cabe decir que en estas zonas montañosas la conservación de los tipos de vegetación naturales y seminaturales se encuentra en una situación mejor que en las otras dos, debido a la abundancia de bosques autóctonos, zonas ganaderas y formas tradicionales de uso, que componen un sistema, aún vigente, de explotación sostenible del monte.

3- El terreno llano (u ondulado) de la Depresión del Ebro (Rioja, Ribera de Navarra, Bardenas, etc.), sometido a una intensa y antigua presión humana. Por ello, se trata de un país desarbolado, con casi todo el territorio dedicado a la explotación agraria. Los cultivos arbóreos de tipo mediterráneo, como la vid, el almendro y, en menor medida, el olivo, ocupan buena parte de los secanos, sobre todo en las comarcas vinícolas. El resto del terreno no irrigado se dedica a herbáceas como los cereales o el girasol. Las zonas inclinadas de los abundantes cerros y taludes se dejan al pastoreo de las ovejas, que son el ganado principal de la cabaña local. Las zonas más áridas de la Depresión (Bardenas, Monegros) y en las que afloran los yesos, la agricultura de secano se ve en la necesidad de buscar terrenos poco inclinados para compensar el déficit hídrico. Ello se traduce en una disminución de la superficie ocupada por la agricultura a favor del espacio libre para el ganado, aunque, como en toda esta zona, la importancia económica de la primera es abrumadoramente superior a la de la ganadería.

Por evidentes motivos de productividad, la actividad humana se ha concentrado en la explotación de los terrenos de regadío. En ellos se crían los cultivos de verano, más productivos y valiosos que los de secano, con excepción del vino en tiempos recientes. El paisaje de esta zona es resultado de un modelo de explotación típicamente mediterráneo: una sociedad agraria muy antigua que ha aprovechado todos los recursos del país al máximo de sus posibilidades dejándole un paisaje degradado (deforestado), una separación neta entre el secano y el regadío, con una importancia relativa de éste muy superior, un poblamiento humano concentrado en aldeas, pueblos y ciudades de urbanismo compacto y ubicados en proximidad de las riberas de los ríos.

Referencias

ARAGÓN RUANO, A. 2001. El bosque guipuzcoano en la Edad Moderna: aprovechamiento, ordenamiento legal y conflictividad. *Munibe*, suplemento 14. Donostia/San Sebastián.

ARIAS, P. & J. ALTUNA 1999. Nuevas dataciones absolutas para el Neolítico de la cueva de Arenaza (Bizkaia). *Munibe (Antropología-Arkeología)* 51: 161-171.

BEHRE, K.-E. 1988. The rôle of man in European vegetation history. In: Huntley, B. & T. Webb III. *Vegetation History. Handbook of Vegetation Science* 7: 633-672.

GOGEASCOECHEA, A. 1996. Montes y usos forestales en los fueros vizcainos. *Vasconia* 24: 101-114. *Soc. Estudios Vascos*.

LOIDI, J. 2005. The Cantabrian-Atlantic oak and beech forests: Human influence throughout history. *Bot. Chron.* 18 (1): 161-173.

LOIDI, J. (ED.) 2005. *Bizkaiko basoak/Los bosques de Bizkaia*. Ed. Diputación Foral de Bizkaia.

POTT, R. 1992. Nacheiszeitliche Entwicklung des Buchenareals und der mitteleuropäischen Buchenwaldgesellschaften. *NZ NRW Seminarberichte* 12: 6-18.

POTT, R. 2000. Paleoclimate and vegetation – long-term vegetation dynamics in central Europe with particular reference to beech. *Phytocoenologia* 30 (3/4): 285-333.

RACKHAM, O. 1986. *The history of the countryside*. Phoenix Giant. 445 pp. London.

RUIZ URRESTARAZU, M. 1992 (ed.). *Análisis y diagnóstico de los sistemas forestales de la Comunidad Autónoma del País Vasco*. Col. Ama-Lur nº 4.369 pp. Ed. Gobierno Vasco. Vitoria-Gasteiz.

ZAPATA PEÑA, L. 1999. *La explotación de los recursos vegetales y el origen de la agricultura en el País Vasco: análisis arqueobotánico de macrorrestos vegetales*. Tesis Doctoral. Universidad del País Vasco.

RELACIÓN ENTRE PARÁMETROS DE CALIDAD FORRAJERA Y DIVERSIDAD FLORÍSTICA EN PASTOS SUBALPINOS DEL PARQUE NACIONAL DE AIGÜESTORTES I ESTANY DE SANT MAURICI (LLEIDA)

MARC TAULL¹, CRISTINA CHOCARRO², ROSARIO FANLO²

¹ ÀREA D'ECOLOGIA VEGETAL, CENTRE TECNOLÒGIC FORESTAL DE CATALUNYA. Pujada del Seminari s/n, 25280. Solsona (Lleida). Tlf: +34 973 481752 Fax: +34 973 481392 E-mail: marc.taull@ctfc.es

² DEPARTAMENT DE PRODUCCIÓ VEGETAL I CIÈNCIA FORESTAL, ESCOLA TÈCNICA SUPERIOR D'ENGINYERIA AGRÀRIA. UdL. Av. Rovira Roure nº 191. 25198. Lleida.

Resumen

Se muestrearon zonas pastoreadas por ganado vacuno pertenecientes a comunidades vegetales de *Nardus stricta*, *Festuca eskia* y *Festuca nigrescens* en el piso subalpino del Parque Nacional de Aigüestortes y Estany de Sant Maurici durante el verano de 2006. Utilizando la metodología del *point quadrat* (análisis por frecuencias) en campo y la separación por pesos en el laboratorio, se determinaron parámetros relacionados con la calidad forrajera (Valor Pastoral -VP- y unidades forrajeras -UF-), la diversidad florística (nº de especies por parcela -S- e índice Shannon -H'-), y con la producción de los pastos. La comunidad vegetal de *F. eskia* mostró un Valor Pastoral significativamente inferior a las comunidades de *F. nigrescens* y *N. stricta* ($p < 0,001$) tanto en el análisis por frecuencias como en el análisis por pesos.

Los resultados obtenidos muestran una influencia de la comunidad vegetal sobre los parámetros de diversidad. Así, el número de especies agrupó ($p < 0,001$) las comunidades vegetales de la siguiente forma: *F. eskia* (grupo b), *F. nigrescens* y *N. stricta* (grupo a). El índice Shannon también presentó diferencias significativas según la comunidad vegetal. En el análisis por frecuencias ($p < 0,005$), se diferenciaron los siguientes grupos: *F. eskia* (a), *F. nigrescens* (ab) y *N. stricta* (b), mientras que en el análisis por pesos ($p < 0,005$) los grupos fueron: *F. eskia* (grupo b), *F. nigrescens* y *N. stricta* (grupo a).

La relación lineal entre las variables de diversidad (número de especies e índice Shannon) y el Valor Pastoral fue alta, obteniendo valores de R^2 corregida de 0,8 para VP-S y 0,7 para VP-H' en el análisis por frecuencias.

Palabras clave

Número de especies, índice Shannon, Valor Pastoral, comunidad vegetal, pasto supraforestal

Introducción

Un 32% de la superficie del PN de Aigüestortes i Estany de Sant Maurici (12.620 ha) está ocupada por comunidades vegetales herbáceas, de las que 3.620 ha corresponden a pastos de tipo subalpino y alpino (Carrillo y Ninot, 1998). La práctica totalidad de estos últimos se localiza en la parte central del parque y son utilizados por rebaños de ganado ovino y vacuno de la zona y, también, por la fauna salvaje, especialmente sarrios. En las últimas décadas se ha producido un descenso de la cabaña ganadera y una transformación de la misma: en los años cincuenta había un predominio del ganado ovino con un censo de 12.000 ovejas y 500 vacas, mientras que en la actualidad el número de cabezas de ganado está alrededor de las 4.000 ovejas y 1.000 vacas.

Los pastos de tipología subalpina más abundantes pertenecen a comunidades situadas sobre sustratos ácidos, con diferentes grados de humedad edáfica, en los que las especies gramíneas como *N. stricta*, *F. eskia* y *F. nigrescens*, junto con algunas especies del género *Carex*, son mayoritarias (Alianzas del *Nardion strictae* Br.-Bl. 1926, *Festucion eskiae* Br.-Bl. 1948 y

Festucion airoidis Br.-Bl. 1948 (Rivas-Martínez *et al.*, 2002). El pastoreo de ganado vacuno y ovino se realiza durante la época estival: desde finales de junio a finales de septiembre, variando ligeramente las fechas de entrada y salidas a las unidades de pastoreo, en función de la climatología del año. En cualquier caso, en la última década las cargas soportadas por el aprovechamiento del ganado doméstico se mantienen por debajo de las admisibles (Bas *et al.*, 1996; González *et al.*, 2006).

La ganadería extensiva es esencial para el mantenimiento de los pastos del piso subalpino y a su vez puede ser un instrumento mejorador de su calidad (Montserrat y Fillat, 2004). Estos tipos de pasto también desarrollan una importante función ecológica para el mantenimiento de la biodiversidad (Mendizabal *et al.*, 2004).

El objetivo de este trabajo es relacionar la calidad forrajera de estos pastos, obtenida mediante la metodología del Valor Pastoral (Daget y Poissonet, 1972), y la diversidad específica vegetal, calculada utilizando la riqueza específica S y el índice de diversidad de Shannon H' .

Materiales y métodos

Las comunidades seleccionadas para este estudio corresponden a los tres tipos de pastos subalpinos más utilizados por el ganado dentro del PN, como son los cervunales (*N. stricta*), los gradines de *Festuca eskia* y los pastos de *F. nigrescens*. Durante el verano de 2006 se llevó a cabo un muestreo de vegetación en las zonas de Quatre Pins (*Festuca eskia*), Estanyets (*F. nigrescens*) y Subenuix (*N. stricta*) ubicadas dentro del sector oriental y Ribera de Llacs (*F. nigrescens*) y Estany Negre de Caldes (*Festuca eskia*) en el sector occidental. La altitud de todas estas zonas está comprendida entre los 2.000 y 2.200 m s.n.m., y los relieves eran, en todos los casos, aptos para el pastoreo.

Metodología utilizada para la determinación de la producción

Para la determinación de la producción se procedió a realizar el corte de biomasa en dos cuadrados de 0,5 m x 0,5 m por cada transecto lineal realizado. En la zona de Estanyets se tuvo que desestimar la realización del estudio de producción debido al poco material vegetal que presentaba esta localidad provocado por un pastoreo previo. La biomasa obtenida se secó en estufa de aire forzado a 60 °C de temperatura durante 48 horas y se pesó en báscula de precisión, obteniendo la producción MS kg ha⁻¹.

Metodología utilizada para la determinación de la composición florística

La composición florística de cada comunidad se expresó con el porcentaje de cada una de las especies y también con la aportación específica de los siguientes grupos funcionales: gramíneas, resto de gramínoideas, leguminosas y otras familias. La proporción de estos grupos funcionales ha sido determinada con dos metodologías de trabajo: análisis por frecuencias y análisis por pesos separados.

En el análisis por frecuencias se procedió a realizar un transecto lineal de 20 metros en cada una de las parcelas de muestreo, lo que supuso un total de 15 transectos siguiendo la metodología del Point-quadrat (Bodrie, 1985). Cada uno de estos transectos constaba de 100 puntos de muestreo, uno cada 20 centímetros, en los que se anotaba el número de contactos de las diferentes especies con una aguja de 3 mm de grosor. La proporción específica de la especie i -ésima fue el resultado de dividir el número de contactos de esta especie en los 100 puntos de muestreo entre el número de contactos del total de las especies en los 100 puntos de muestreo.

En el análisis por pesos separados se procedió a realizar el corte de 3 muestras de 0,25 m x 0,25 m para cada uno de los transectos lineales realizados, lo que supuso un total de 36 cuadrados de 0,25 m x 0,25 m para todo el muestreo. Las tres muestras de cada parcela recogían las diferentes condiciones macro y micro topográficas que se presentaban en las diferentes zonas donde se había ubicado el transecto lineal. En la zona de Estanyets se desestimó la realización de este tipo de muestreo debido a la escasa producción vegetal de la localidad. En el laboratorio se procedió a separar por especies las submuestras de 0,25 m x 0,25 m, y se identificaron según la bibliografía de referencia (de Bolòs *et al.*, 1990; Villar *et al.*, 1997). Posteriormente se secó la

biomasa de cada muestra en estufa de aire forzado a 60 °C durante 48 horas y se obtuvieron los pesos secos de las especies por cada muestra.

Metodología utilizada para la determinación de la calidad y oferta energética de los pastos

La determinación de la calidad forrajera de los pastos se realizó tanto en el análisis por frecuencias como en el análisis por pesos separados, utilizando la metodología del Valor Pastoral (Daget y Poissonet, 1972). Con este método se obtiene un valor de calidad relativo del pasto, con un índice que oscila entre 0 y 100. La fórmula aplicada para obtener la calidad de los pastos es la siguiente: $VP = 0,2 \sum Cs_i \times Is$,

donde Cs_i es el porcentaje de cada especie dentro de la muestra e Is es el índice de calidad específico de cada una de las especies que oscila entre 0 y 5.

Para transformar el Valor Pastoral en unidades energéticas se utilizó la siguiente fórmula:

$$UF \text{ ha}^{-1} = VP \times K,$$

siendo VP el valor pastoral de cada una de las unidades de pasto, y la constante K, coeficiente que transforma la producción herbácea y la oferta forrajera determinada según el Valor Pastoral en energía (unidades forrajeras -UF- por hectárea), y que está en función de la aptitud del terreno para el pastoreo (Ascaso y Sancho, 1999). Para los pastos considerados en el presente trabajo se escogió $K = 45$, puesto que todas las unidades de pastoreo se encontraban en relieves de pendiente suave y con buena aptitud para el aprovechamiento ganadero. El valor energético expresado en $UF \text{ ha}^{-1}$ de cada una de las unidades de pastoreo se corrigió para tener en cuenta la eficiencia del pastoreo extensivo utilizando un coeficiente de 0,6.

Metodología utilizada para la determinación de la diversidad

Los parámetros de diversidad analizados fueron el número total de especies por muestra (S) y su índice Shannon (H'). Ambos parámetros se obtuvieron mediante el análisis de frecuencias y el análisis por pesos separados. El número total de especies por parcela (S) se obtuvo de este modo: suma de todas las especies diferentes en los 3 cuadrados de 0,25 m x 0,25 m de cada parcela en el caso del análisis por pesos; suma de las especies diferentes aparecidas en el transecto de 20 metros lineales para cada una de las parcelas en el caso del análisis por frecuencias. El índice Shannon-Weaver corresponde a siguiente expresión: $H' = - \sum p_i \ln p_i$, donde p_i es la proporción de cada una de las i-ésimas especies expresada en tanto por uno.

Análisis estadísticos

Se realizó un análisis de varianza para determinar las diferencias entre comunidades para los parámetros de producción, oferta energética y diversidad así como la comparación de medias mediante el test de Tukey. También se calculó la correlación entre el VP y los parámetros de diversidad considerados: número de especies (S) e índice Shannon (H').

Resultados

La producción de los pastos de *N. stricta*, con 1917 kg ha^{-1} , resultó ser significativamente superior ($p < 0,005$) a la de los pastos de *F. eskia*, con un valor medio de 1500 kg ha^{-1} , y a los de la comunidad de *F. nigrescens*, con una producción media de 1670 kg ha^{-1} .

La comunidad con mayor aportación de gramíneas fue la de *F. eskia*, con un valor medio del 76 % del total en el análisis por pesos separados y 77 % en el análisis por frecuencias, debido fundamentalmente a la gran dominancia de la especie *F. eskia* en estos pastos de gradines. La menor proporción de leguminosas también se produjo en las parcelas de *F. eskia*, con un valor inferior a 0,5 % en los dos tipos de análisis.

La oferta energética de los pastos presentó un valor medio de 400 UF ha^{-1} en el análisis a partir de los pesos separados, y de 672 UF ha^{-1} con el método de las frecuencias. Los valores de calidad forrajera medidos por pesos separados (Tabla 1) mostraron que el VP de la comunidad de *N. stricta* fue significativamente superior al resto ($p < 0,001$), obteniendo los siguientes grupos: *F. nigrescens* (grupo b), *F. eskia* (grupo c) y *N. stricta* (grupo a). En el análisis por frecuencias el VP también fue significativamente diferente según la comunidad vegetal. De esta forma, las comunidades de *N. stricta* y *F. nigrescens* ofrecieron valores superiores a los de la comunidad de *F. eskia* ($p < 0,001$). Se observó cómo la metodología de los pesos separados

ofrece valores de oferta energética menores que la metodología del análisis por frecuencias en todas las comunidades.

Tabla 1. Valores medios de VP, UF ha⁻¹ para las diferentes comunidades vegetales. Valores de VP y UF seguidos de letras diferentes indican diferencias significativas (p<0,001) según el test de Tukey.

COMUNIDAD	VP	UF ha ⁻¹
<u>Análisis por pesos separados</u>		
<i>Festuca nigrescens</i>	25,48 b	550 b
<i>Festuca eskia</i>	3,46 c	124 c
<i>Nardus stricta</i>	38,04 a	822 a
<u>Análisis por frecuencias</u>		
<i>Festuca nigrescens</i>	32,33 a	699 a
<i>Festuca eskia</i>	12,04 b	325 b
<i>Nardus stricta</i>	40,67 a	878 a

Las comunidades con mayor número de especies e índice de Shannon, en ambos tipos de análisis, fueron la de *F. nigrescens* y la de *Nardus stricta* (grupo a), siendo significativamente diferentes a la de *F. eskia* (grupo b, p<0,001). Tabla 2.

El índice Shannon también fue significativamente diferente según comunidad vegetal. Así, en el análisis por frecuencias, la diversidad Shannon de los pastos de *N. stricta* fue significativamente superior a la de *F. eskia*, mientras que en el análisis por pesos los pastos de *F. eskia* ofrecieron un índice Shannon significativamente inferior a los de *N. stricta* y *F. nigrescens* (p<0,001, Tabla 2).

El índice Shannon (H') fue superior en el análisis por frecuencias que en el análisis por pesos separados para todas las comunidades, mientras que el número de especies (S) fue superior en el análisis por pesos separados para las comunidades de *F. nigrescens* y *N. stricta* pero no para la comunidad de *F. eskia*.

Tabla 2. Valores medios de diversidad (nº especies y Shannon) para las diferentes comunidades vegetales. Valores de S y H' seguidos de letras diferentes indican diferencias significativas (p<0,001) según el test de Tukey.

COMUNIDAD VEGETAL	Nº ESPECIES (S)	SHANNON (H')
<u>Análisis por pesos separados</u>		
<i>Festuca nigrescens</i>	25,00 a	2,00 a
<i>Festuca eskia</i>	10,38 b	0,51 b
<i>Nardus stricta</i>	25,33 a	1,89 a
<u>Análisis por frecuencias</u>		
<i>Festuca nigrescens</i>	22,65 a	2,19 ab
<i>Festuca eskia</i>	14,59 b	1,58 a
<i>Nardus stricta</i>	25,33 a	2,57 b

Las variables de diversidad se correlacionaron bien con las de calidad de los pastos según la metodología del Valor Pastoral. En la Figura 1 se muestran los resultados de las regresiones

lineales, por frecuencias, entre nº especies-VP o bien Shannon-VP, que ofrecieron valores de R^2 de 0,81 y 0,70 respectivamente. En el análisis por pesos separados la regresión VP-nº especies presenta una R^2 de 0,40 mientras que en la relación VP- Shannon el valor de R^2 fue de 0,61.

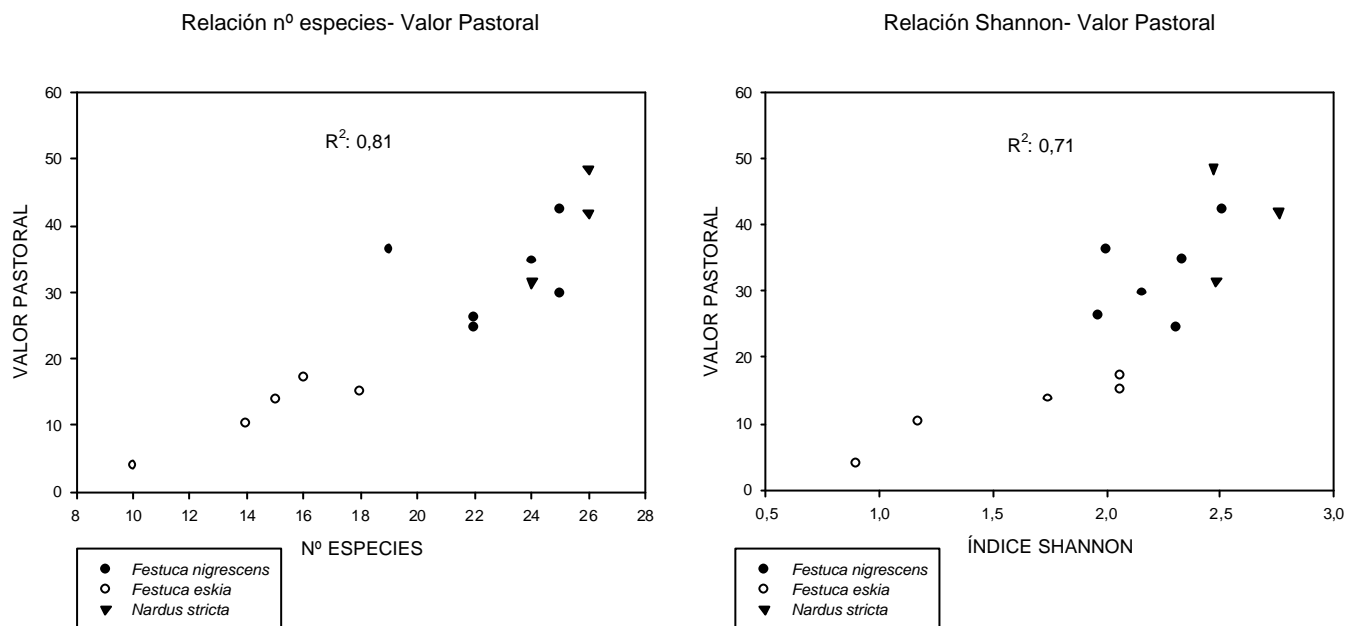


Figura 1. Relación lineal entre Valor Pastoral y número de especies y Valor Pastoral y Shannon para el análisis por frecuencias.

Discusión

La producción de los pastos fue muy baja, circunstancia debida seguramente a que el año 2006 ha sido muy escaso en lluvias (tan sólo 227 l m⁻² entre los meses de abril y julio de 2006 para el observatorio de Aigüestortes situado a 2.400 m.s.n.m.; Xarxa agrometeorològica de Catalunya). Bas *et al.*, en 1996, en un estudio realizado en la mismas zonas de pastoreo que la actual, obtiene producciones claramente superiores a las del presente estudio, con valores de 4.174 kg ha⁻¹ para las comunidades de *F. eskia* y 2.500 kg ha⁻¹ para los pastos de *F. nigrescens*. Las producciones obtenidas por Ascaso *et al.* (1993), en pastos de *F. eskia* y *N. stricta* en el Valle de Benasque (Pirineo aragonés), son similares a las nuestras; mientras que Taull y Sebastià (2002), y Bas (1993), encontraron producciones superiores para los cervunales y gradines de *F. eskia* en diferentes zonas del Pirineo leridano.

Los pastos de *N. stricta* tienen el mayor VP, gracias a la presencia de buenas forrajeras como *Agrostis capillaris*, *F. nigrescens*, *Poa alpina* o *Phleum alpinum*, *Trifolium repens*, *T. pratense* o *Lotus corniculatus*. La comunidad de *F. nigrescens* tiene una composición florística similar a los cervunales con un VP alto, mientras que los pastos de *F. eskia* muestran un valor significativamente inferior a las anteriores, debido a la gran proporción de *F. eskia* y la nula presencia de buenas forrajeras, como *Poa alpina*, *F. nigrescens* o algunas leguminosas. Comparando los resultados obtenidos, mediante el método de frecuencias, con las mismas zonas de muestreo de hace 10 años (Bas *et al.*, 1996), se observa como las comunidades de *F. nigrescens* y *N. stricta* mantienen valores muy similares. Los valores de calidad en la comunidad de *N. stricta* son similares a los obtenidos por Fanlo *et al.* (2000), en zonas similares del PN d'Aigüestortes i Estany de Sant Maurici. La comunidad de *F. eskia* presenta una calidad forrajera ligeramente inferior a la obtenida en los muestreos realizados en estas comunidades en los últimos 10 años (Bas *et al.*, 1996; Ros y Fanlo, 2000). Este efecto puede deberse a una escasa precipitación, muestreo realizado durante el período de pastoreo, posibles cambios en las cargas, etc.

Los pastos de *F. nigrescens* y *N. stricta* presentan unos índices de diversidad (S y H') significativamente superiores a los de *F. eskia*. Esto es debido a que la composición florística de estas dos comunidades muestra un equilibrio entre las especies que las forman. Esta composición florística equilibrada y variada, permite a su vez que el VP sea alto. En cambio, en los pastos de *F. eskia*, el dominio de la especie principal implica un V P bajo (la especie *F. eskia* es rechazada por los animales) y una diversidad menor que en el resto de comunidades. La relación lineal alta que presentan las variables de diversidad con el VP se manifiesta también en las tres comunidades vegetales por separado. En la figura 1 se observa como hay un cambio de pendiente de la recta n° especies-VP: por debajo de 18 especies por muestra, con datos correspondientes a la comunidad *F. eskia*, la pendiente es menor que por encima de 18 especies por muestra, con datos correspondientes a las dos comunidades restantes. Ocurre la misma situación en el gráfico Shannon- VP, con un punto de inflexión que se puede situar en H' = 2. La relación lineal de estas variables podría explicarse con el tipo de pastoreo. Así, las zonas escogidas para la realización del presente trabajo son muy pastoreadas aún en la actualidad y el aprovechamiento principal es con ganado vacuno. Al ser el ganado vacuno menos selectivo que el ovino, este pastoreo puede eliminar las macollas de las especies menos palatables, lo que aumenta la aportación de las especies forrajeras y, a su vez, permite una entrada de nuevas especies en el pasto y una equilibrada distribución florística entre gramíneas, leguminosas y resto de familias.

Conclusiones.

La producción obtenida en estos pastos en años con primavera y verano secos nos muestran cómo las comunidades de *N. stricta* pueden mantener las producciones normales en un año de baja precipitación debido a una mayor retención de agua en el suelo.

Las diferencias de calidad entre comunidades, están basadas en la composición florística de los diferentes pastos, presentado los pastos de *F. eskia* especies de menor valor forrajero que los de *F. nigrescens* y *N. stricta*.

Las comunidades de *N. stricta* y *F. nigrescens* presentan mayor diversidad que la de *F. eskia*. Esto es debido a un mayor equilibrio entre los grupos funcionales gramíneas- graminoides- leguminosas-resto de familias.

Existe una relación lineal entre los parámetros de diversidad y la calidad forrajera para todas las comunidades vegetales estudiadas. Esta relación puede estar influida por el predominio del pastoreo de ganado vacuno, menos selectivo que el ovino, hecho que ayuda a disminuir la proporción de especies malas forrajeras y permite un aumento de la diversidad florística.

Bibliografía

ASCASO, J.; FERRER, C.1993. Valoración agronómica de los pastos de puerto del valle de Benasque (Pirineo de Huesca). Clasificación, valor forrajero y carga ganadera. *Pastos*, **23** (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.133 pp. Zaragoza (España).

BAS, J. 1993. *Les pastures supraforestals a la Vall Ferrera i a la Vall de Cardós (Pallars Sobirà)*. *Valoració de la capacitat ramadera de les pastures de Lladorre*. Proyecto Final de Carrera. Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Agrària, Universitat de Lleida.

BAS, J.; MORENO, A.; MARTINEZ, J.; FANLO, R.1996. *La ramaderia al Parc Nacional d'Aiguestotes i Estany de Sant Maurici. Documet 1: Memoria*. Publicación interna de difusión restringida, 195 pp. Departament de Producció Vegetal i Ciència Forestal, Universitat de Lleida.

BODRIE, J. 1985. *Grassland studies*. George Allen & Unwin Publishers, London, United Kingdom 99p

DE BOLÒS, O.; VIGO, J.; MASALLES, R.M.; NINOT, J.M. 1990. *Flora Manual dels Països Catalans*. Ed.Pòrtic. 1245 pp. Barcelona (Espanya).

CARRILLO, E.; NINOT, J.M. 1998. *Mapa de Vegetació de Catalunya 1:50.000. Hoja 1841 (33-9) Esterri d'Àneu*. Ed. Institut Cartogràfic de Catalunya. i Departament d'Agricultura, Ramaderia i Pesca. Generalitat de Catalunya.

DAGET, P. ; POISSONET, J. 1972. Une procédé d'estimation de la valeur pastorale des fourrages. *Fourrages*, **49** : 31-39.

FANLO, R.; GARCÍA, A.; SANUY, D. 2000. Influencia de los cambios de la carga ganadera sobre los pastos de *Nardus stricta* en el Parc Nacional d'Aigüestortes i Estany de Sant Maurici. III Reunión Ibérica de pastos y Forrajes, 117-120.

GONZÁLEZ, M. J.; FANLO, R.; CHOCARRO, C.; SERRA, N.; GALLEGU, L.; SEGURA, J.; TAULL, M.; LLORENTE, J. 2006. Revisión de la capacidad de carga ganadera en el Parque Nacional. *VII Jornades sobre Recerca al Parc Nacional d'Aigüestortes i Estany de Sant Maurici*. Ed. Generalitat de Catalunya. En prensa.

MENDIZABAL, M.; ALDEZABAL, A.; GÓMEZ-GARCÍA, D.; GARCÍA-GONZÁLEZ, R. 2004. Estimación del valor ecológico de los pastos de las montañas cantábricas (sector vasco): datos preliminares. *Actas de la XLIV Reunión Científica de la SEEP*, 139-143.

MONTSERRAT, P.; FILLAT, F. 2004. Pastos y ganadería extensiva. Evolución reciente de la ganadería extensiva española y perspectivas. *Actas de la XLIV Reunión Científica de la SEEP, ponencia inaugural*.

ROS, M.; FANLO, R. 2001. Canvis en la producció i qualitat en pastures de *Festuca eskia* abandonades dins el Parc Nacional d'Aigüestortes i Estany de Sant Maurici, sector d'Espot. *V Jornades sobre Recerca al Parc Nacional d'Aigüestortes i Estany de Sant Maurici*. Ed. Generalitat de Catalunya, pp: 117-120. Lleida.

TAULL, M.; SEBASTIÀ, M.T. 2002. Estructura y productividad de diversas comunidades en el Pirineo Central según tipo de pastoreo. *Actas de la XLII Reunión científica de la SEEP*, 183-187.

RIVAS-MARTÍNEZ, S.; DÍAZ, T. E.; FÉRNANDEZ-GONZÁLEZ, F.; IZCO, J.; LOIDI, J.; LOUSA, M.; PENAS, A. 2002 onwards. Vascular plant communities of Spain and Portugal. Addenda to the syntaxonomical checklist of 2001. *Itineraria Geobotanica* 15. http://www.ucm.es/info/cif/book/addenda/addenda1_00.htm [accessed 10 October 2006; 10:30 GMT].

VILLAR, L.; SESÉ, J. A. FERRÁNDEZ, J. V. 1997. *Atlas de la flora del Pirineo Aragonés*. Vol. 1 y 2. Ed. Consejo de Protección de la Naturaleza de Aragón y Instituto de Estudios Altoaragoneses, 1438 pp. Huesca (Espanya).

XARXA AGROMETEREOLÒGICA DE CATALUNYA.

<http://www.ruralcat.net/ruralcatApp/agrometeo/html/agrometeo.htm?gencat=1>

Agradecimientos

Agradecemos la ayuda prestada al Parque Nacional de Aigüestortes i Estany de Sant Maurici, a la empresa TRAGSEGA y a Francisco Quesada por su apoyo en el trabajo de campo.

RELATION BETWEEN FORAGE QUALITY AND FLORISTIC DIVERSITY IN SUBALPINE PASTURES FROM AIGÜESTORTES NATIONAL PARK (LLEIDA)

Summary:

Pastures grazed by dairy cattle, from *Nardus stricta*, *Festuca eskia* and *Festuca nigrescens* of the subalpine belt of the National Park of Aigüestortes and Estany de Sant Maurici were sampled during the summer of 2006. Using the *point quadrat* method (analysis for frequencies) in field and the separation for weight in the laboratory, parameters related to the forage quality like (Pastoral Value-VP - and Forage unit - UF-), floristic diversity (richness and Shannon index) and production were calculated.

The results show an influence of the vegetable community on the parameters of diversity. This way, the number of species grouped ($p < 0,001$) the communities of the following form: *F. eskia* (group b), *F. nigrescens* and *N. stricta* (group a). The Shannon index presented significant differences between communities also. In the analysis by frequencies ($p < 0,005$), the following groups were differentiated: *F. eskia* (a), *F. nigrescens* (ab) and *N. stricta* (a), whereas for the analysis by weight ($p < 0,005$) the groups were: *F. eskia* (b), *F. nigrescens* and *N. stricta* (a).

The linear relation between the variables of diversity (number of species and Shannon index) and the Pastoral Value was high, obtaining values of R² corrected of 0,8 for VP-S and 0,7 for VP-H ' in the analysis by frequencies.

Key words : richness, Shannon index, Pastoral Value, upper timberline pasture

EFECTO DEL DESBROCE Y EL PASTOREO SOBRE EL CRECIMIENTO DE *DAPHNE CNEORUM* L., UNA ESPECIE AMENAZADA DE LA CAPV

ESTIBALIZ ARBELAITZ¹, ARANTZA ALDEZABAL^{2*}, ANA FELIPE², LORENA URIARTE², & MARI AZPIROZ²

¹Aranzadi Institutua. Zorroaga gaina, 11. 20014 Donostia (Gipuzkoa)

²Landareen Biologia eta Ekologia Saila/Zientzia eta Teknologia Fakultatea
Euskal Herriko Unibertsitatea-Universidad del País Vasco (EHU-UPV)
644 p.k., 48080 Bilbo (Bizkaia)

Tel.: + 34 94 601 2617 Fax: + 34 94 601 3500

*arantza.aldezabal@ehu.es

Resumen

Daphne cneorum es un caméfito catalogado como de *interés especial* en la CAPV con muy pocas poblaciones conocidas, muy probablemente por dos razones importantes: (1) por encontrarse en el límite occidental de su distribución; (2) por vivir en un tipo de hábitat muy intervenido por el hombre (brezal-argomal abierto en mosaico con pastos de montaña), que tradicionalmente ha estado sometido a perturbaciones ligadas a la obtención de pastos. El objetivo de este trabajo es analizar el efecto que producen tanto el desbroce (D) como el herbivorismo (h) sobre el crecimiento y desarrollo de la planta. Para ello se diseñó un experimento en el que cada tratamiento estuvo representado por 3 parcelas, siendo en total 4 tratamientos: D⁺h⁺, D⁺h⁻, D⁻h⁺, D⁻h⁻. Se realizó un marcaje y seguimiento individual de 150 ejemplares. La planta ha demostrado tener gran capacidad de recuperación tras el desbroce, dirigiendo sus recursos al crecimiento vegetativo de su parte aérea. El pastoreo parece favorecer la expansión horizontal de los ejemplares. Aun así, existe gran variabilidad en los datos de los distintos núcleos poblacionales, lo cual sugiere que la relación de la planta con su entorno es mucho más compleja y directamente vinculada con el microhábitat de cada ejemplar.

Palabras clave: *Daphne*, caméfito, perturbación antrópica, expansión horizontal, desarrollo vertical, gestión, conservación.

Introducción

Daphne cneorum es un caméfito amenazado en la CAPV (es una especie catalogada como de *interés especial*, según el BOPV de 1998), con muy pocas poblaciones conocidas: 2 en Gipuzkoa (Aizpuru *et al.*, 1997; Aizpuru *et al.*, 2006) y 2 en Bizkaia (Aizpuru *et al.*, 1997; Pérez de Ana, 2004), muy probablemente por dos razones importantes: (1) por encontrarse en el límite occidental de su distribución; (2) por vivir en un tipo de hábitat muy intervenido por el hombre (brezal-argomal abierto en mosaico con pastos de montaña), que tradicionalmente ha estado sometido a dos tipos de perturbaciones ligadas a la obtención de pastos (actuaciones de mejoras de pastos): desbroces y quemas periódicas. En las últimas décadas sabemos que los desbroces han sucedido con una periodicidad de 5 años aproximadamente, y carecemos de información fiable y precisa sobre la utilización de herbicidas. Recientemente, un estudio sobre la entomocomunidad de *D. cneorum* de Aiako Harria ha revelado la existencia de una gran riqueza de fitófagos de gran interés de conservación por su rareza, habiéndose encontrado una nueva especie *Hypsitilus arberlitz* (Pagola, 2006b), lo cual incrementa el interés de conservación de la planta.

Brevemente, estas son las conclusiones más relevantes que obtuvimos en un trabajo anterior (Arbelaitz *et al.*, 2002): (1) bajo éxito reproductivo femenino (tasa de fructificación media =15%); (2) mayor número de ejemplares en zonas abiertas de argomal; (3) la actividad ganadera

parece favorecer a la planta (al menos al establecimiento de nuevos ejemplares y a la expansión de los existentes), debido a que los animales no la consumen por su toxicidad y a que el pastoreo “controla” la expansión de *Ulex*, y por tanto mantiene un mosaico de pasto y argomal abierto; (4) la “predación/extracción” de flores por parte de turistas y visitantes fue uno de los factores de riesgo o amenaza más destacables.

Teniendo en cuenta todo esto, decidimos investigar el efecto que producen tanto el desbroce como el herbivorismo sobre el crecimiento y desarrollo de la planta, siendo este el principal objetivo del presente trabajo. Asimismo, queremos aclarar que los resultados que presentamos en este manuscrito, forman parte de un estudio más amplio financiado por la Diputación Foral de Gipuzkoa, en el que abarcamos, además del crecimiento y desarrollo vegetativo de la planta, aspectos relacionados con su biología reproductiva.

Materiales y Métodos

Daphne cneorum es una planta vivaz que en nuestro territorio vive en pastos acidófilos con argoma (*Ulex europaeus*). Se trata de un caméfito de hojas persistentes y coriáceas de hasta medio metro de altura con ramas largas y delgadas, decumbentes. Desarrolla flores de color rosa muy olorosas, 6-10 en fascículos terminales, y frutos pardo-amarrillentos en drupa con exocarpo coriáceo, incluido hasta que madura en el hipanto (Tutin *et al.*, 1968; Aizpuru *et al.*, 1996). Florece entre marzo y junio y según la dureza del invierno puede que también desarrolle algunas flores en esta época.

Área de estudio. Una de las poblaciones de mayor extensión de la CAPV se sitúa en el Parque Natural de Aiako Harria, en el municipio de Irún (Gipuzkoa), a una altitud de 420m, con al menos 6 núcleos o subpoblaciones (Tabla 1) y con un total de 900 ejemplares (Arbelaitz *et al.* 2002). Se analizaron los efectos de dos tipos de perturbaciones: el desbroce con cadenas a ras de suelo (que se realizó en Diciembre del 2004) y el pastoreo del ganado doméstico (equino, vacuno y ovino). Para ello contamos con dos zonas: zona *no* desbrozada (**D**⁻; área no perturbada, al menos durante los últimos 10 años) y zona *desbrozada* (**D**⁺; significa que se han eliminado drásticamente por medio de maquinaria pesada toda la cobertura vegetal leñosa, y gran parte de la herbácea). En cada zona se instalaron 3 cercados permanentes de 10x20m (en total 6) en Marzo del 2005, para obtener subzonas con ausencia del efecto del pastoreo (**h**⁻). De forma contigua o paralela a cada cercado, se colocó 1 parcela del mismo tamaño en la zona afectada por el pastoreo (**h**⁺). Por lo tanto, cada tratamiento está representado por 3 parcelas, siendo en total 4 tratamientos: **D**⁺**h**⁺, **D**⁺**h**⁻, **D**⁻**h**⁺, **D**⁻**h**⁻.

Tabla 1. Características de la carga ganadera (intensidad y composición) de los núcleos poblacionales estudiados, según datos obtenidos durante el periodo de pastoreo de 2005 (Arbelaitz & Aldezabal, 2006).

Núcleo poblacional	Intensidad ⁽¹⁾	Carga total ⁽²⁾	Equino ⁽³⁾	Ovino ⁽³⁾	Vacuno ⁽³⁾
Gorosterdi bideg. (A)	baja	61,13	57,7	39,1	3,2
Erlaitz S (B)	alta	1017,82	13,3	86,6	0,0
Erlaitz NW (C)	alta	1132,50	34,2	65,6	0,2
Erlaitz N (D)	muy alta	1353,36	10,5	89,0	0,6
Erlaitz W (E)	alta	1132,50	34,2	65,6	0,2
Pagogaña malda (F)	baja	268,59	31,7	68,3	0,0
Pagogaña soroa (G)	muy alta	1808,07	6,4	93,6	0,0

⁽¹⁾Categorías de nivel o intensidad de carga ganadera en unidades de nºanimales/ha: baja (0-450), media (451-900), alta (901-1350), muy alta (>1350). ⁽²⁾Carga total en unidades de número de animales por hectárea. ⁽³⁾Datos en porcentaje.

Marcaje individual. Esta especie se reproduce vegetativamente con gran éxito, y no sabemos exactamente los límites del individuo. Decidimos denominar *ejemplar* a la unidad de marcaje (es decir, la unidad funcional para el muestreo). El ejemplar está constituido por una agrupación de ramas principales; cada rama puede ser o no un tallo florífero y éste puede desarrollar más de una inflorescencia (produce flores en inflorescencias terminales). Creemos que todas las flores son hermafroditas. En total se marcaron 150 ejemplares en Abril-Mayo del 2005, pero por diversas causas (pérdida de etiquetas y/o recolección de ramas florales por turistas), se obtuvieron menos datos de crecimiento en Agosto, 139 en 2005 y 132 en 2006, repartidos de la siguiente manera por tratamiento: 62 (en 2005) y 65 (en 2006) de D^{h+}, 21 y 18 de D^{h-}, 31 y 28 de D^{h+}, 25 y 21 de D^{h-}. Variables de *tamaño* que medimos a nivel de ejemplar: (a) diámetro máximo del ejemplar en su proyección vertical; (b) diámetro perpendicular al anterior; (c) altura (talla) máxima del ejemplar, midiendo la rama principal más alta. Variables de *crecimiento anual*: en cada ejemplar se marcaron 3 ramas principales para estimar el crecimiento anual y en ellas se midió a finales de Agosto la longitud de la parte producida por la planta durante dos años consecutivos (2005 y 2006).

Análisis estadísticos. Primeramente, comprobamos si las variables estudiadas se ajustaban bien a la distribución normal mediante la prueba de *Kolmogorov-Smirnov* y la igualdad de varianzas con la Prueba de *Levene*. A excepción de la variable de crecimiento anual (longitud), el resto de las variables no se ajustaron bien a dicha distribución, por lo que decidimos aplicarles la transformación logarítmica. Se realizó un *Análisis de la Varianza Univariante* (ANOVA) para la longitud, con el fin de analizar el efecto del *año* y *tratamiento* (efectos fijos) sobre el crecimiento anual. El núcleo poblacional se incluyó en el modelo como efecto aleatorio por mostrar unas características particulares y soportar una carga ganadera distinta, tanto en intensidad como composición animal (Tabla 1). El análisis de la diferencia de las variables de tamaño (diámetro máximo [d1], diámetro perpendicular [d2] y altura máxima [altmax]) entre años (2005 y 2006), se realizó mediante 4 pruebas de la *t de Student con datos apareados*, una por cada tratamiento. Para el análisis numérico se utilizó el programa *SPSS 14.0*.

Resultados

Los datos de crecimiento anual se han representado en la Figura 1A. La longitud correspondiente al año 2005 fue significativamente superior a la del 2006 (factor *año*: F=18,3; g.l.=1; p<0,005), pero sin embargo ningún tratamiento tuvo efecto significativo sobre el crecimiento (factor *tratamiento*, n.s.), ni la interacción entre ambos factores. Es necesario señalar que existe una gran variabilidad en los datos de longitud dentro de cada tratamiento. En las Figuras 1B, 1C y 1D, se muestran los estadísticos descriptivos de las variables de tamaño. La diferencia de tamaño en general resultó ser significativa, siendo los ejemplares mayores en 2006 (d₁: t=-3,96, g.l.=135; p<0,0001; d₂: t=-5,37, g.l.=135; p<0,0001; altmax: t=-13,51, g.l.=135; p<0,0001). Los resultados del análisis de la t de Student por tratamiento, han sido señalados en las Figuras 1B, 1C y 1D mediante asteriscos e indican que en presencia de herbívoros (tratamientos D^{h+} y D^{h+}) los diámetros d1 y d2 de los ejemplares de *D. cneorum* se expandieron significativamente en mayor medida (p<0,005) que en su ausencia (tratamientos D^{h-} y D^{h-}, n.s.). En cuanto a la altura máxima, esta variable resultó ser significativamente mayor en 2006 en todos los tratamientos (p<0,001). Al igual que en el caso de la longitud, es necesario destacar la gran variabilidad de los datos de altura máxima dentro de cada tratamiento. Por último, cabe destacar que la diferencia de los diámetros entre años dentro del tratamiento de pastoreo, fue más acusada en la zona desbrozada.

Discusión

Los ejemplares de *D. cneorum* crecieron más el año 2005 pero no se han encontrado diferencias significativas entre zonas sin desbrozar y las desbrozadas. Esto nos hace suponer que la planta tiene suficientes recursos para afrontar una actuación mecánica tan drástica como el desbroce y enfoca toda su potencialidad en recuperarse. Generalmente las plantas que viven sometidas a

este tipo de situaciones desarrollan sistemas de reproducción vegetativa (Bowles & Whelan, 1994) y destinan sus recursos energéticos a la producción y desarrollo de su parte aérea. Es sorprendente la rápida recuperación de la planta y la alta capacidad de ocupación del espacio: teniendo en cuenta que fue desbrozada en el invierno del 2004, en apenas un año los ejemplares alcanzaron un tamaño similar al de los ejemplares no desbrozados, al menos en extensión horizontal (no hubo diferencias significativas en los diámetros medidos en 2005 entre los tratamientos D^+ y D^- , aunque el promedio fue inferior en las zonas D^+). En relación a esto, es necesario puntualizar que en el año 2005 la floración de los ejemplares desbrozados fue ínfima o nula, lo cual significa que la planta sufre un retraso en recuperar su capacidad de reproducirse sexualmente. Sin embargo, podemos afirmar que la planta puede llegar a producir flores fuera de su época normal de floración, habiéndose observado una segunda floración en Agosto (Arbelaitz & Aldezabal, 2005).

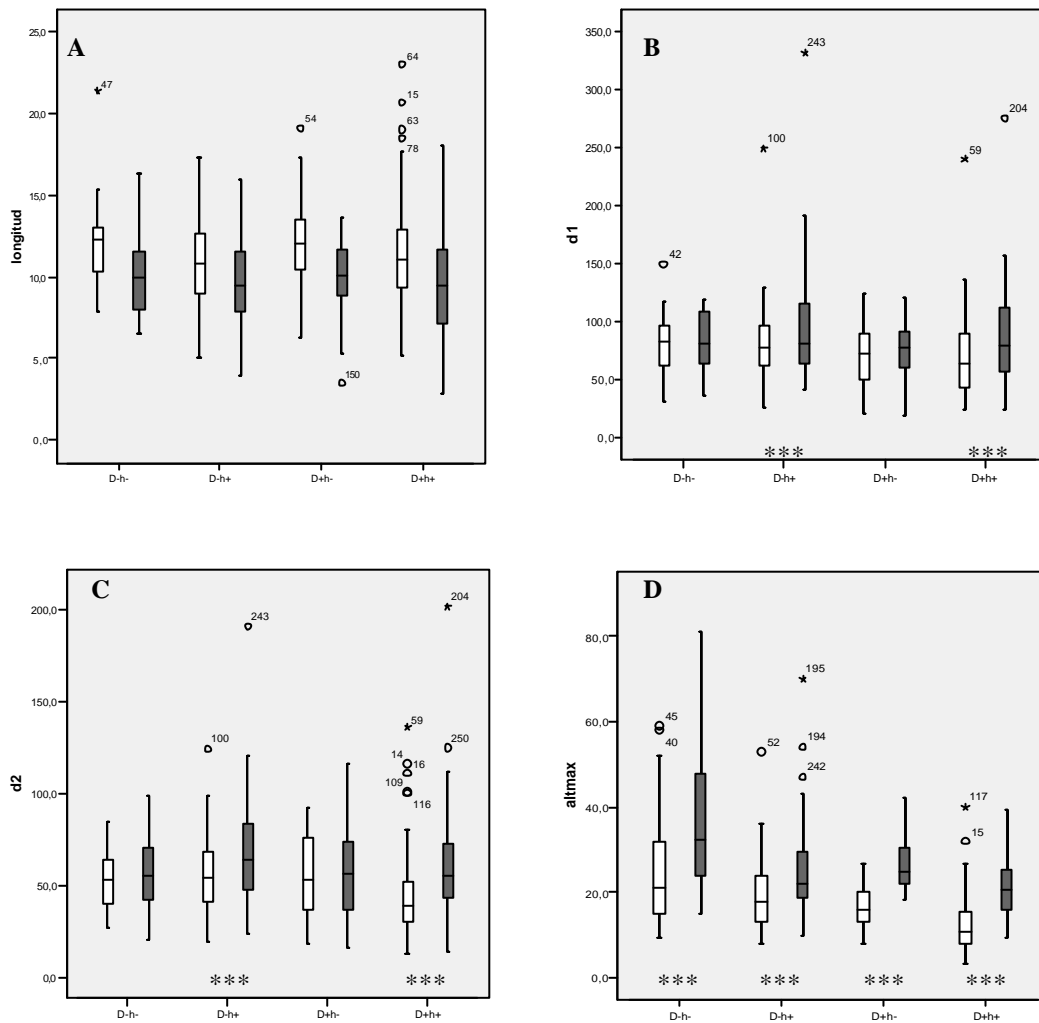


Figura 1. Estadísticos descriptivos de las variables de crecimiento anual (longitud, gráfica A), diámetro máximo (d1, gráfica B), diámetro perpendicular (d2, gráfica C) y altura máxima (altmax, gráfica D). Los datos están expresados en centímetros. Los tres asteriscos indican diferencias significativas ($p < 0,01$) correspondientes a la prueba de la t de Student con datos apareados. Las cajas blancas corresponden al año 2005 y las gris oscuras al 2006.

El hecho de que existan diferencias en el crecimiento de las ramas (longitud) entre años, pero no haya afectado en ello el desbroce (no hubo diferencias significativas entre los tratamientos D^- y

D⁺ en ningún año), sugiere que las condiciones meteorológicas también influyen de forma importante en su desarrollo, aspecto que no hemos abordado aún en este trabajo.

En cuanto a la interacción con el ganado doméstico, los resultados demuestran que la expansión horizontal de los ejemplares de *Daphne* es mayor en zonas de presencia de herbívoros. Siendo el área de estudio una de las zonas más húmedas de la Península (precipitación anual ± 2300 l/m²), el crecimiento de la vegetación puede llegar a ser espectacular. La competencia que producen las especies vegetales circundantes a los ejemplares de *Daphne*, puede ser muy importante y podría estar afectando de forma negativa al crecimiento horizontal de los ejemplares en ausencia de herbívoros (Pavlovic, 1994). Siendo una planta tóxica, el ganado doméstico no actúa directamente sobre la planta (ni la defolia, ni la daña), pero sí sobre la vegetación de su entorno, eliminándola y como consecuencia, disminuyendo la competencia interespecífica por el espacio y los recursos del suelo. Por ello, se puede afirmar que la acción del ganado es positiva en este sentido y permite a la especie aumentar en tamaño.

Por último, los resultados indican que el crecimiento vertical (la longitud de crecimiento anual y la altura máxima del ejemplar) presentan una gran variabilidad, entre los diferentes núcleos poblacionales, así como dentro de cada uno de ellos, y los efectos de todos los tratamientos son significativos. Esto nos hace pensar que cada ejemplar debe ajustar su capacidad de respuesta a las condiciones particulares impuestas por su propio "microhábitat". En las zonas no desbrozadas y en ausencia de pastoreo (D^h), aunque la variabilidad de los datos es muy alta (Figura 1D), cada ejemplar debe convivir con ejemplares de argoma de talla mayor y competir por la luz, lo cual induce un crecimiento vertical más notable. Por el contrario, bajo el efecto del pastoreo y el desbroce (D^{h+}), la planta no tiene tanta necesidad de crecer en altura puesto que la competencia por la luz es menor.

Aunque en el presente trabajo se tenga en cuenta sólo el crecimiento de la planta y su relación con el pastoreo y las actuaciones de mejora de pastos, se puede decir que la relación de la planta con su entorno es mucho más compleja. Un estudio muy reciente sobre la entomofauna que alberga esta especie (Pagola, 2006a) ha revelado que la actividad de los fitófagos es diferente en todos los núcleos poblacionales y como se ha podido comprobar, el resultado final puede ser una inhibición total del crecimiento. Además de esto, los diferentes núcleos tienen una presión ganadera y humana diferente (Arbelaitz & Aldezabal, 1996). A pesar de que la acción del pastoreo parece ser positiva para el desarrollo de la planta, en núcleos donde la presión ganadera es muy alta puede llegar a ser perjudicial, por ejemplo por la gran cantidad de excrementos que se acumula. En cuanto a la presión antrópica, el hecho de ser una planta especialmente llamativa cuando está en flor, atrae a recolectores que en algunos casos se llevan la inflorescencia, pero en otros casos, incluso llegan a arrancar el ejemplar en su totalidad. Este efecto es diferente en todos los núcleos, siendo mayor en aquellos que están más cerca del tránsito rodado.

Conclusiones

La población de *D. cneorum* situada en la localidad de Irun (Gipuzkoa) es una población que ha sufrido muchas perturbaciones relacionadas con la mejora de los pastos. Aún así, parece que puede restablecerse, dirigiendo sus recursos sobre todo, a su crecimiento vegetativo. Por otro lado, el pastoreo del ganado doméstico (vacuno, ovino y bovino), facilita el crecimiento de los ejemplares ya que elimina o mantiene la vegetación del entorno de la planta. Aún así, en ciertos núcleos de gran presión ganadera, el efecto de los animales puede resultar negativo (p.ejem. gran cantidad de excrementos, pisoteo...).

Por último, hay que tener en cuenta la gran variabilidad que existe en cada núcleo poblacional, variabilidad derivada de las diferentes presiones ejercidas por parámetros anteriormente mencionados. Por ello, es necesario tenerlos en cuenta a la hora de plantear preguntas sobre el comportamiento de la especie y estudiarlas en mayor profundidad para determinar el efecto cada uno de ellos.

Bibliografía

AIZPURU, I.; ASEGINOLAZA, C.; URIBE-ECHEBARRIA, P.M.; URRUTIA, P., 1997. *Propuesta de catálogo vasco de especies amenazadas. Flora vascular*. Sociedad de Ciencias Aranzadi- Instituto Alavés de la Naturaleza (inédito).

AIZPURU, I.; CATALÁN, P; GARIN, F., 1996. *Guía de los arboles y arbustos de Euskal Herria*. Gobierno Vasco. Gasteiz.

AIZPURU, I.; GARMENDIA, J; ZENDOIA, I.; ARBELAITZ, E., 2006. contribuciones al conocimiento de la flora del País Vasco (VII) . *Munibe (Ciencias Naturales)*, 56. (en prensa)

ARBELAITZ, E.; MENDIZABAL, M.; TAMAIO, I.; ALDEZABAL, A.; ASEGINOLAZA, C., 2002. Aiako Harria Parke Naturaleko mehatxaturiko flora (Gipuzkoa): I. Populazioen banaketa eta zentsoa. *Munibe (Natur Zientziak)*, 53:131-146.

ARBELAITZ, E.; ALDEZABAL, 2005. *Aiako Harria Parke Naturalean, Daphne cneorum landare-espezie mehatxatuaren berreskurapena lortzeko lanak. 2005ko ekimenak*. Informe Técnico. Diputación Foral de Gipuzkoa.

ARBELAITZ, E.; ALDEZABAL, 2006. *Aiako Harria Parke Naturalean, Daphne cneorum landare-espezie mehatxatuaren berreskurapena lortzeko lanak. 2006ko ekimenak*. Informe Técnico. Diputación Foral de Gipuzkoa.

BOPV. 1998. *Catálogo Vasco de Especies amenazadas de la Fauna y Flora, Silvestre y Marina*. BOPV, 28 de julio de 1998.

BOWLES, M.L.; WHELAN, C.J., 1994. *Restoration of endangered species*. Cambridge University Press, Cambridge.

PAGOLA, S., 2006a. *Aiako Harria Parke Naturaleko Daphne cneorum entomokomunitatea. Hurbilketa taxonomiko eta ekologikoa / Estudio de la entomofauna de Daphne cneorum en el Parque Natural Aiako Harria. Aproximación taxonómica y ecológica*. Informe técnico. Diputación Foral de Gipuzkoa.

PAGOLA, S., 2006b. *Hypsitilus arberlaitz*. sp. nov. (Hemiptera: Heteroptera: Miridae) from Aiako Harria (Gipuzkoa, Basque Country, northern Iberian Peninsula). *Heteropterus Rev. Entomol.*, 6: 75-81.

PAVLOVIC, N.B. 1994. Disturbance-dependent persistence of rare plants: anthropogenic impacts and restoration implications. pp. 159-193. En: *Restoration of endangered species*. Eds: Bowles, M.L.; Whelan, C.J., Cambridge University Press, Cambridge.

PEREZ DE ANA, J.M., 2004. Nuevas citas de flora amenazada y escasa en las Encartaciones (oeste del País Vasco). *Est. Mus. Cienc. Nat. Álava* (2003-2004), 18-19:69-79.

TUTIN, T.G.; HEYWOOD, V.H.; BURGESS, N.A.; VALENTINE, D.H.; WALTERS, S.M.; WEBB, D.A., 1968. *Flora Europaea. Vol II*. Cambridge of the University Press. Cambridge.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por la Diputación Foral de Gipuzkoa. Queremos agradecer la ayuda prestada por los compañeros de la S.C. Aranzadi en los muestreos, así como la labor realizada por los guardas del parque.

THE EFFECT OF CLEARING OFF AND GRAZING ON THE GROWTH OF *DAPHNE CNEORUM* L., A THREATENED SPECIES OF THE BASQUE COUNTRY

Summary

Daphne cneorum is a threatened chamaephyte of the Basque Country, catalogued as a species of “special interest” with few populations in the Basque Country, probably because of two reasons: (1) *D. cneorum* is in the western limit of its distribution; (2) it inhabits a type of habitat in which human disturbance occurs frequently (an open mosaic of gorse-heathland with mountain pastures), that traditionally have been transformed in pasture. The aim of this work is to analyze the effect of clearing off (shrub-removal, D) and livestock grazing (herbivory, h) on the growth and development of the plant. We designed an experiment of 4 treatments, each one represented by 3 plots: D⁺h⁺, D⁺h⁻, D⁻h⁺, D⁻h⁻. A total of 150 individual plants were tagged and monitored during the growing seasons of 2005 and 2006. *D. cneorum* showed a high capability of recovering after clearing of, and invested its energy resources in regenerating aerial vegetative parts. Livestock grazing seemed to enhance the horizontal spreading of plants. However, due to the high variability of data within population, we are obliged to interpret these results with caution, which suggest that the relationship of plant with its environment is too much complex and could be strongly related to microhabitat features of each individual plant.

Key words: *Daphne*, chamaephyte, human disturbance, horizontal spreading, vertical growing, management, conservation.

PROPUESTA DE UN ALGORITMO PARA LA VALORACIÓN DE PASTOS MELÍFEROS

C. FERRER¹, A. SANZ², O. BARRANTES¹, R. REINÉ¹ & A. BROCA¹

¹Dpto. Agricultura y Economía Agraria. Universidad de Zaragoza. Miguel Servet, 177. 50013 Zaragoza (España).

²ARNA Agrupación Apícola Zaragoza

Resumen

En el presente trabajo presentamos la propuesta de valorar los pastos melíferos, es decir calcular un Valor Melífero (VM), siguiendo el mismo algoritmo propuesto por Daget y Poissonet (1972) para el Valor Pastoral (VP). La calidad, cantidad y accesibilidad del alimento que toman las abejas (néctar, mielatos, polen) da lugar a un “coeficiente de valor” o “índice específico” (Is) que cualifica empíricamente de 0 a 5 a cada especie. La densidad de las especies se cuantifica por el porcentaje de recubrimiento del suelo de cada una de ellas, es decir mediante la “contribución específica” (Cs). La estacionalidad de las especies (floración o producción de mielatos), implica establecer un Is para cada estación. El cálculo del Valor Melífero es $VM=0.2\sum Cs \cdot Is$. Como ejemplo de aplicación del método propuesto, los autores valoran dos comunidades espontáneas melíferas importantes de Aragón (romerales y aliagares) y tres cultivos de interés apícola relevantes en esta Comunidad (almendro, esparceta y alfalfa). El método propuesto evalúa mediante valores relativos a los pastos melíferos, tanto espontáneos como cultivados, marcando claramente las diferencias entre tipos de vegetación y, dentro de ellos, entre estaciones.

Palabras clave: Apicultura, Flora melífera, Períodos de floración, Romerales, Aliagares, Cartografía apícola potencial.

Introducción

Según el Nomenclátor de la SEEP (Ferrer *et al.*, 2001) el *pasto melífero* es un “recurso vegetal constituido por néctar, mielatos, polen y zumos que utilizan las abejas para su actividad productiva”. La Apicultura es una actividad que se enmarca de pleno derecho en el sector agrario y, dentro de él, en el subsector ganadero. Las abejas son un tipo de ganado del que se obtienen alimentos funcionales, es decir que además de nutritivos tienen también propiedades medicinales (miel, polen, pan de abejas, jalea real), así como otros productos (cera, venenos, propóleos) con diversos usos terapéuticos y de otro tipo.

El papel productivo “directo” de la Apicultura suele constituir una renta complementaria en pequeñas explotaciones agrarias, muchas veces enmarcadas en la producción ecológica. El valor total de la producción de miel y cera alcanza en España unos 76 millones de euros (MAPA, 2004). Pero si tenemos en cuenta que las abejas son responsables de más del 85% de la polinización entomófila (Borneck y Bricout, 1985), el papel productivo “indirecto” de las mismas en la producción de especies cultivadas, tales como árboles frutales, cultivos industriales (girasol, algodón, colza), leguminosas-grano, hortalizas de fruto, plantas aromáticas, etc., alcanza un valor que supera los 8200 millones de euros (MAPA, 2004), multiplicando por más de 100 el valor de la producción “directa”. Se sabe además que la instalación de colmenas en cultivos de este tipo incrementa notablemente su rendimiento.

Pero en las abejas debemos considerar también su papel en el mantenimiento de la biodiversidad vegetal, dado que sin su intervención prácticamente desaparecerían del monte las especies entomófilas, tales como labiadas (romero, tomillo, espliego, etc.), ericáceas (brezo, brecina, madroño, etc.), cistáceas (jaras, estepas, etc.), leguminosas (aliagas, tojos, retamas, albaida, etc.), rosáceas (zarzamora, espino albar, etc.)... Sin abejas sólo tendríamos paisajes de tipo

estépico, dominados por gramíneas. La presencia de abejas se considera hoy día como un bioindicador de calidad ambiental.

La mayor parte de los apicultores, en España, se aprovechan tanto de la flora espontánea del monte como de los cultivos. En Aragón sólo el 14.8% de los apicultores utilizan flora espontánea exclusivamente (Manrique *et al.*, 2003).

Para valorar un pasto melífero es preciso considerar tres características fundamentales de las especies vegetales que lo integran: (1) calidad, cantidad y accesibilidad del alimento energético (néctar, mielatos) y proteico (polen); (2) elevada densidad de las especies melíferas y áreas relativamente grandes (una colmena de unas 50 000 abejas pecorea, en un radio de acción de 2-4 km y en una floración de unos 20 días, 10 000 millones de flores); (3) las épocas de producción de las especies (floración, exudación de mielatos) deben conocerse con precisión para planificar el trabajo apícola y organizar, en su caso, las trashumancias: en Aragón son trashumantes el 85% de las colmenas de Teruel, el 82% de las de Huesca y el 73% de las de Zaragoza (Manrique *et al.*, 2003).

Haciendo un paralelismo con el Valor Pastoral (VP) de Daget y Poissonet (1972), en el presente trabajo presentamos la propuesta de valorar los pastos melíferos, es decir calcular un Valor Melífero (VM), siguiendo el mismo algoritmo propuesto por los citados autores. En efecto: (1) la calidad, cantidad y accesibilidad del alimento que toman las abejas pueden dar lugar a un “coeficiente de valor” o “índice específico” (Is) que cualifique empíricamente de 0 a 5 a cada especie; (2) la densidad de las especies puede cuantificarse por el porcentaje de recubrimiento del suelo de cada una de ellas, es decir mediante la “contribución específica” (Cs); la estacionalidad de las especies (floración o producción de mielatos), puede considerarse tal como proponen Ascaso *et al.* (1996), como una modificación del método del VP para establecer variaciones estacionales.

Como ejemplo de aplicación del método propuesto, los autores proponen la valoración de dos comunidades espontáneas melíferas importantes de Aragón, mosaicos de “romerales” y “aliagares”, y de cultivos melíferos relevantes en esta Comunidad: almendro (en invierno), esparceta (en primavera), alfalfa (en verano).

Metodología

Los autores han confeccionado, a partir de numerosa bibliografía (Crane *et al.*, 1984; Ortega, 1987; Pérez *et al.*, 1995; etc.) y de observaciones propias, una tabla de “coeficientes de valor” o “índices específicos” (Is) desde el punto de vista de la explotación apícola, con casi 200 especies o géneros de interés en Aragón y que por razones de espacio no podemos presentar en esta publicación. Dicho Is ha sido estimado para las cuatro estaciones en función del clima de Aragón. En las Tablas 1 y 2 van implícitas algunas de estas valoraciones.

Por otro lado, las comunidades que presentamos, a modo de ejemplo, vienen definidas por inventarios-tipo de *Rosmarino-Ericion multiflorae* (“romerales”) y *Helianthemo italici-Aphyllantion monspelliensis* (“aliagares”), ya descritos por los autores (Reiné *et al.*, 2005), y donde los índices fitosociológicos de abundancia-dominancia se han transformado en “frecuencia específica” (Fs): 1=2,5%, 2=15%, 3=37,5, 4=62,5%, 5=87,5% (Van der Maarel, 1979), habiéndose prescindido de las especies con mera presencia (+). Puesto que la suma de porcentajes de Fs suele ser diferente a 100%, posteriormente se ha calculado la “contribución específica” (Cs) para llevar los datos a 100%: $Cs = Fs \cdot (100 - \% \text{suelo desnudo}) / \sum Fs$. En el caso de los cultivos, monoespecíficos, se le ha dado el valor $Cs=100$ a la especie en cuestión. El Valor Melífero es $VM=0,2 \sum Cs \cdot Is$ y oscila entre 0 y 100, siendo en principio sólo un valor relativo.

Para la cartografía, tal como se describe en Reiné *et al.* (2005), las unidades de las citadas comunidades se han obtenido a partir de la capa de “Usos” del II Inventario Forestal Nacional (IFN) (DGCN, 1996) y en concreto en “Forestal desarbolado”, código “M” (matorral), superponiendo posteriormente la información del Mapa Forestal Español (MFE) (DGCN, 2001) con los siguientes “rótulos” o nombres: para los “aliagares”: aliagar, *Genista scorpius* y combinaciones de esta especie con otras tales como *Thymus vulgaris*, *Brachypodium retusum*, *Lavandula latifolia*, *Genista pumila*, *Salvia lavandulifolia*, *Juniperus* spp. (todas ellas con presencia notable en *Helianthemo italici-Aphyllantion monspelliensis*); para los “romerales”: romeral, *Rosmarinus officinalis* y combinaciones de esta especie con otras tales como *G. scorpius*, *T. vulgaris*, *B. retusum*, *Cistus*, etc. (todas ellas con presencia notable en *Rosmarino-Ericion multiflorae*).

Resultados y discusión

Desde el punto de vista apícola, las comunidades espontáneas más importantes en Aragón son los “romerales” y se presentan generalmente formando un mosaico con “aliagares” en el Prepirineo y en el Sistema Ibérico y con “aliagares” y “lastonares” (*B. retusum*) en la Depresión del Ebro. El primero cubre una superficie de 420 011 ha y el segundo, de 193 230 ha (Barrantes *et al.*, 2005). Además de las especies que definen las citadas formaciones, *R. officinalis* y *G. scorpius*, en ellas aparecen otras especies de gran interés apícola, especialmente *T. vulgaris*, *Lavanda* spp., *Onobrychis* spp., *Dorycnium pentaphyllum*, *Salvia lavandulifolia*, *Satureja* spp., *Sideritis pungens*, *Eryngium campestre*, etc.

En las Tablas 1 y 2 se presentan los cálculos de Valor Melífero (VM), según la metodología descrita. Si se comparan los valores obtenidos en estas comunidades naturales con los de algunos cultivos de interés en la Apicultura aragonesa (almendro, esparceta y alfalfa) (Tabla 3), observamos que aquéllos son bastante bajos, debido a que el recubrimiento de las especies melíferas, en el conjunto de la comunidad vegetal, es también reducido: por ejemplo el Cs del romero en los “romerales” es sólo del 16,4% de media. De ahí que para que una comunidad natural pueda considerarse melífera debe ocupar áreas relativamente grandes (véase la cartografía reflejada en la Fig. 1) y que, en general, las explotaciones apícolas precisen también de superficies cultivadas. En último término, se trataría de valorar el “paisaje apícola”.

Tabla 1. Inventario-tipo y cálculo del Valor Melífero (VM) de “romerales” de *Rosmarino-Ericion multiflorae* en el Sistema Ibérico de Aragón. Cs= Contribución específica en % de recubrimiento. Is= Índices específicos estacionales (I= invierno, P= primavera, V= verano, O= otoño). (*) El inventario completo puede verse en Reiné *et al.* (2005).

Especies	Cs	Is				Cs x Is			
		I	P	V	O	I	P	V	O
<i>Rosmarinus officinalis</i>	16,4	3	5	0	2	49,2	82,0	0	32,8
<i>Thymus vulgaris</i>	6,5	0	4	0	0	0	26,0	0	0
<i>Helianthemum marifolium subsp. molle</i>	4,0	0	1	0	0	0	4,0	0	0
<i>Cistus albidus</i>	3,2	0	1	0	0	0	3,2	0	0
<i>Genista scorpius</i>	2,5	1	0	0	0	2,5	0	0	0
<i>Fumana ericoides</i>	2,1	0	1	0	0	0	2,1	0	0
<i>Helianthemum cinereum</i>	1,7	0	1	0	0	0	1,7	0	0
<i>Lavandula latifolia</i>	1,7	0	0	4	0	0	0	6,8	0
<i>Scabiosa columbaria</i>	1,5	0	0	1	0	0	0	1,5	0
<i>Quercus ilex subsp. ballota</i>	1,3	0	2	0	3	0	2,6	0	3,9
<i>Helianthemum violaceum</i>	0,4	0	1	0	0	0	0,4	0	0
<i>Crepis albida</i>	0,2	0	1	0	0	0	0,2	0	0
<i>Digitalis obscura</i>	0,2	0	1	0	0	0	0,2	0	0
<i>Euphorbia nicaeensis</i>	0,2	0	1	0	0	0	0,2	0	0
<i>Onobrychis saxatilis</i>	0,2	0	5	0	0	0	1,0	0	0
<i>Teucrium polium subsp. capitatum</i>	0,2	0	0	1	0	0	0	0,2	0
(*) Otras (no melíferas)	31,4								
Suelo desnudo	26,3								
S (Cs.Is)						51,7	123,6	8,5	34,7
VM = 0,2 S (Cs.Is)						10,3	24,7	1,7	7,3

Por otro lado, la metodología permite establecer qué épocas son las mejores o las peores para cada comunidad. Por ejemplo, en los “romerales” la mejor época es la primavera y la peor el verano; en los “aliagares”, las mejores épocas son verano y primavera, siendo el otoño y el invierno prácticamente improductivos. Igualmente marca diferencias claras entre comunidades: en el ejemplo, los “romerales” son sensiblemente más productivos que los “aliagares”, haciendo la salvedad de su escasa o nula producción estival.

Tabla 2. Inventario-tipo y cálculo del Valor Melífero (VM) de “aliagares” de *Helianthemum italicum-Aphyllanthion monspeliensis* en el Sistema Ibérico de Aragón. Cs= Contribución específica en % de recubrimiento. Is= Índices específicos estacionales (I= invierno, P= primavera, V= verano, O= otoño). (*) El inventario completo puede verse en Reiné *et al.* (2005).

Especies	Cs	Is				Cs x Is			
		I	P	V	O	I	P	V	O
<i>Genista scorpius</i>	8,5	1	0	0	0	8,5	0	0	0
<i>Thymus vulgaris</i>	6,4	0	4	0	0	0	25,6	0	0
<i>Lavandula latifolia</i>	4,7	0	0	4	0	0	0	18,8	0
<i>Genista pumila</i>	3,5	0	1	0	0	0	3,5	0	0
<i>Salvia lavandulifolia</i>	3,1	0	2	0	0	0	6,2	0	0
<i>Satureja montana</i>	2,6	0	0	4	2	0	0	10,4	5,2
<i>Satureja intricata subsp. gracilis</i>	2,2	0	0	4	2	0	0	8,8	4,4
<i>Lavandula angustifolia subsp. pyrenaica</i>	2,0	0	0	3	0	0	0	6,0	0
<i>Sideritis pungens subsp. pungens</i>	1,3	0	3	0	0	0	3,9	0	0
<i>Erinacea anthyllis</i>	1,2	0	1	0	0	0	1,2	0	0
<i>Teucrium spp.</i>	1,1	0	0	1	0	0	0	1,1	0
<i>Digitalis obscura</i>	1,0	0	1	0	0	0	1,0	0	0
<i>Dorycnium pentaphyllum subsp. pentaphyllum</i>	1,0	0	0	4	0	0	0	4,0	0
<i>Asphodelus cerasiferus</i>	0,8	0	2	0	0	0	1,6	0	0
<i>Rosa pouzinii</i>	0,8	0	1	0	0	0	0,8	0	0
<i>Helianthemum cinereum</i>	0,7	0	1	0	0	0	0,7	0	0
<i>Plantago albicans</i>	0,7	0	0	2	0	0	0	1,4	0
<i>Euphorbia nicaeensis</i>	0,4	0	1	0	0	0	0,4	0	0
<i>Helianthemum violaceum</i>	0,3	0	1	0	0	0	0,3	0	0
<i>Eryngium campestre</i>	0,2	0	0	3	0	0	0	0,6	0
<i>Fumana procumbens</i>	0,2	0	1	0	0	0	0,2	0	0
<i>Onobrychis argentea</i>	0,2	0	5	0	0	0	1,0	0	0
<i>Pinus nigra</i>	0,2	0	1	0	0	0	0,2	0	0
(*) Otras (no melíferas)	26,9								
Suelo desnudo	30,0								
		S (Cs.Is)				8,5	46,6	51,1	9,6
		VM = 0,2 S (Cs.Is)				1,7	9,3	10,2	1,9

Tabla 3. Valores Melíferos (VM) de tres cultivos de interés apícola en Aragón. Se considera, en cada cultivo, una Contribución específica (Cs) de 100%.

Cultivos	Cs	Is				VM = 0,2 Cs.Is = 20 Is			
		I	P	V	O	I	P	V	O
Almendro	100	5	0	0	0	100	0	0	0
Esparceta	100	0	5	0	0	0	100	0	0
Alfalfa	100	0	0	5	0	0	0	100	0

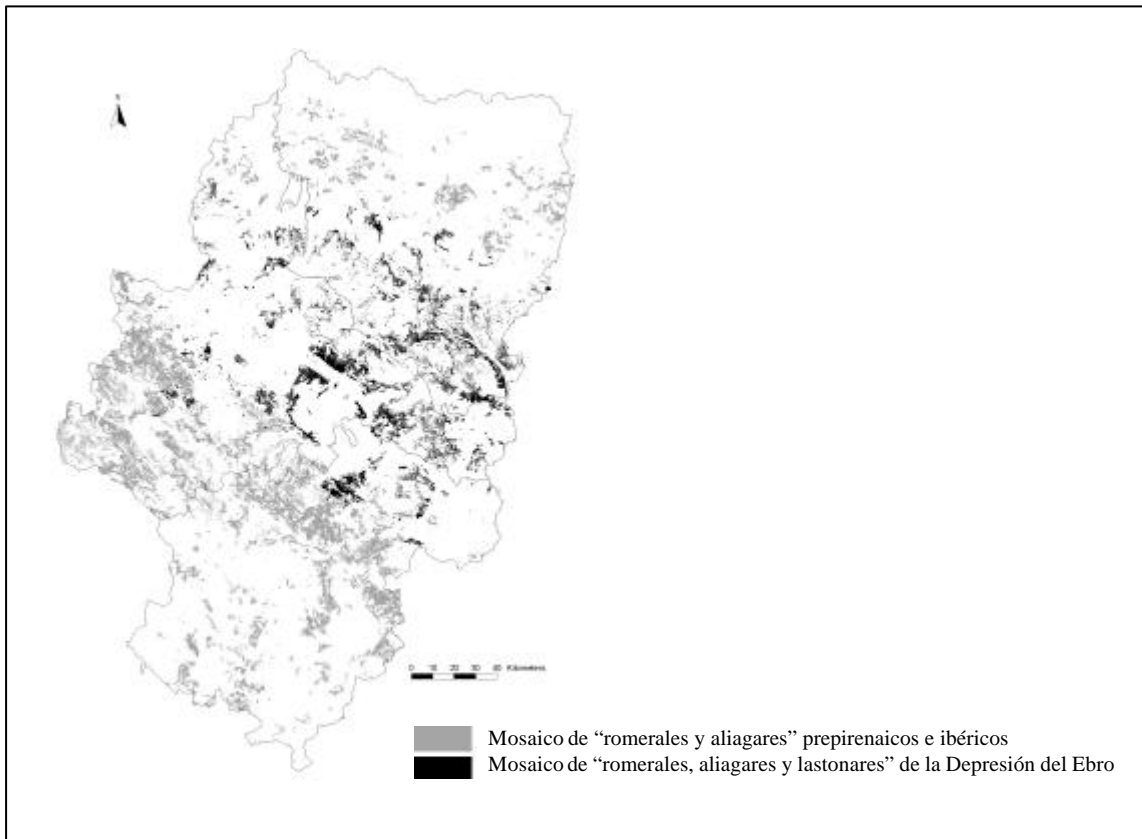


Figura 1. Cartografía en Aragón de los mosaicos de “romerales y aliagares” prepirenaicos e ibéricos (420 011 ha) y de “romerales, aliagares y lastonares” de la Depresión del Ebro(193 230 ha) (Barrantes *et al.*, 2005).

Conclusión

El método propuesto parece que cuantifica bien, aunque sea mediante valores relativos, el interés de los pastos melíferos, tanto espontáneos como cultivados, marcando claramente las diferencias entre tipos de vegetación y, dentro de ellos, entre estaciones.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por el Proyecto “Tipificación, Cartografía y Evaluación de los Pastos Españoles” (INIA-CCAA OTOO-037-C17).

Bibliografía

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.; REINÉ, R.; BROCA, A.; GONZALO, S.; ASCASO, J.; FERRER, C., 2005. Tipificación de los pastos de monte en Aragón. En: *Producciones agroganaderas: gestión eficiente del medio natural*. De la Roza B., Martínez A., Carballal A. (Eds.). Ed. SERIDA, Asturias, 771-776.

BORNECK, R.; BRICOUT, J.P., 1985. Evaluación de la incidencia económica de la entomofauna polinizadora de la agricultura. *Vida Apícola* **15**, 12-17.

CRANE E.; WALKER P.; DAY R., 1984. *Directory of important world honey sources*. International Bee Research Association (IBRA). London, 384 pp.

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).

FERRER, C.; SAN MIGUEL, A.; OLEA, L., 2001. Nomenclátor básico de pastos en España. *Pastos*, **29(2)**, 7-44.

MANRIQUE, E.; FERRER, C.; BROCA, A.; MANRIQUE, H., 2003. Localización territorial y pastos melíferos básicos utilizados por al apicultura aragonesa. En: *Pastos, desarrollo y conservación*. Robles A.B., Ramos M.E., Morales M.C., De Simon E., González J.L., Boza, J. (Eds.). Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía. 787-794.

MAPA (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación), 2004. *Anuarios de Estadística Agroalimentaria. Datos de 2002 y 2003*. Secretaría General Técnica. Subdirección General de Estadísticas Agroalimentarias. Madrid, 705 pp.

ORTEGA SADA, J.L., 1987. *Flora de interés apícola y polinización de cultivos*. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, 149 pp.

PÉREZ C., CONCHELLO P., ARINO A., JUAN T., HERRERA A., 1995. Physicochemical attributes and pollen spectrum of some unifloral Spanish honeys. *Food Chemistry*, **54**, 167-172.

REINÉ, R.; BARRANTES, O.; BROCA, A.; GONZALO, S.; ASCASO, J.; FERRER, C., 2005. Pastos arbustivos de aliagar y de romeral en la Cordillera Ibérica de Aragón. Tipificación, cartografía y valoración. En: *Producciones agroganaderas: gestión eficiente del medio natural*. De la Roza B., Martínez A., Carballal A. (Eds.). Ed. SERIDA, Asturias, 755-762.

VAN DER MAAREL, E. 1979. Transformation of cover-abundance values in phytosociology and its effects on community similarity. *Vegetatio*, **39(2)**, 97-114.

A PROPOSAL OF ALGORITHM TO EVALUATE HONEY VEGETATION

Summary

In this work, an assessment of honey vegetation is proposed, by means of calculating a Melliferous Value (MV) and following the Daget and Poissonet (1972) algorithm for the Pastoral Value (PV). A "coefficient value" or Specific index (Si) accounts for the quality, quantity and accesibility of the bee feed (nectar, extrafloral nectar, pollen) and empirically qualifies each species between 0 and 5. The density of the species is quantified by means of their cover (in percentage), i.e., by means of the "specific contribution" (Sc). The seasonality of the species (flower nectar and extrafloral secretion productions) implies the need to establish one Si for each season. The calculation of the Melliferous Value is $MV=0.2\sum Cs\cdot Is$. As an example, the proposed method is applied to the evaluation of two important natural melliferous communities (*Rosmarinus officinalis* and *Genista scorpius* communities) and three crops of apicultural interest in Aragon (almond trees, sainfoin and alfalfa). The proposed method evaluates the natural and cultivated melliferous resources by means of relative values, showing clearly the differences between vegetation types and, among them, between different seasons.

Key words: Apiculture, Melliferous flora, Flowering periods, *Rosmarinus officinalis* communities, *Genista scorpius* communities, Potential beekeeping cartography.

ESTUDIO DEL CONTROL Y EVOLUCIÓN DE LA VEGETACIÓN ESPONTÁNEA MEDIANTE EL PASTOREO. I.- EFECTO DEL TIPO DE ANIMAL.

J. ZEA, N. DÍAZ Y M^a. D. DÍAZ

Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo (CIAM). Apartado 10, 15080. A Coruña.

Resumen

El experimento se diseñó como un factorial 3x3: pastoreo con ovejas, vacas o caballos y tres tratamientos previos de la vegetación (desbroce y quema, desbroce con quema y abonado y desbroce con quema más abonado y siembra con holco, trébol blanco y loto). Se estudia únicamente el efecto de la especie pastante en la evolución de la vegetación.

Los animales comenzaron el pastoreo en Abril (el periodo de control fue de Abril a Abril, durante dos años) y lo hicieron rotacionalmente, permaneciendo el ganado en cada subparcela hasta que la oferta de pasto fue el factor limitante. La carga en peso vivo/ha fue la misma.

Pastando con caballos, independientemente de la labor realizada, es la única forma de controlar el tojo, pero no las zarzas, que se controlan mejor cuando se pasta con ovejas. La superficie cubierta por el trébol y el loto es mayor cuando se pasta con caballos que cuando se hace con vacas; y pastando con éstas es a su vez mayor que cuando se hace con ovejas. La presencia de holco mejora cuando se pasta con caballos. La superficie cubierta por agrostis aumenta cuando se pasta con caballos. El pastoreo con las distintas especies de ganado no parece afectar, de forma significativa, a la proporción de suelo cubierto por “otras especies”.

Palabras clave: dinámica vegetal, vacas, ovejas, caballos, desbroce.

Introducción

El principal factor limitante de la vegetación espontánea de monte para la alimentación del ganado está en la baja cantidad de nutrientes disponibles en la vegetación espontánea. La mejora de esta vegetación puede promoverse incrementando su valor nutritivo, su producción o con la introducción de especies sembradas. La primera vía se realiza por medio del control del pastoreo, que posibilita una mayor utilización. La segunda por la fertilización y la tercera consiste en la introducción de gramíneas y leguminosas junto con la fertilización. Las respuestas a estos métodos de mejora dependen del tipo de vegetación y del manejo. Los cambios en la vegetación son graduales y acumulativos.

El objetivo último de este trabajo es controlar y mejorar la vegetación espontánea del pastomatorral para el aprovechamiento del ganado, según los sistemas más extensivos y tradicionales de Galicia y determinar cómo depende del tipo de animal que permanece en pastoreo. En este trabajo se estudia la influencia de la especie pastante independientemente de la labor previa de desbroce, abonado o siembra en la evolución de la vegetación.

Material y Métodos

Se ha diseñado como un factorial 3 x 3 con dos repeticiones: pastoreo con tres especies (vacas, ovejas y caballos) y tres tratamientos de la vegetación espontánea (desbroce y quema, desbroce con quema más abonado y desbroce con quema más abonado más siembra a voleo con holco, trébol blanco y loto) (Tabla 1). Se determina únicamente el efecto de la especie animal en la evolución de la vegetación. Los análisis estadísticos de los datos se realizan con el PROC GLM del paquete estadístico SAS.

Tabla 1.- Diseño experimental

Manejo pasto-matorral	Especie								
	Vacas			Caballos			Ovejas		
	D	D+A	D+A+S	D	D+A	D+A+S	D	D+A	D+A+S
Repeticiones	2	2	2	2	2	2	2	2	2

El mismo rebaño de cada especie (vacas, caballos o ovejas) pastará las zonas: desbrozada (D), desbrozada + abonada (D+A) y desbrozada + abonada + sembrada (D+A+S), de cada repetición.

Se utilizaron dos parcelas de tres hectáreas subdivididas en tres parcelas de una hectárea, cada una de las cuales se pastó con vacas, ovejas o caballos (con el mismo peso vivo por hectárea). Cada una de estas subparcelas se subdivide, a su vez, en tres partes iguales para recibir los tratamientos: (A) desbroce y quema después de una o dos semanas para que seque el matorral, (B) desbroce con quema más abonada y (C) desbroce con quema más abonada y siembra. La distribución de los tratamientos en parcelas de tres hectáreas quedó como se indica en la Figura 1.

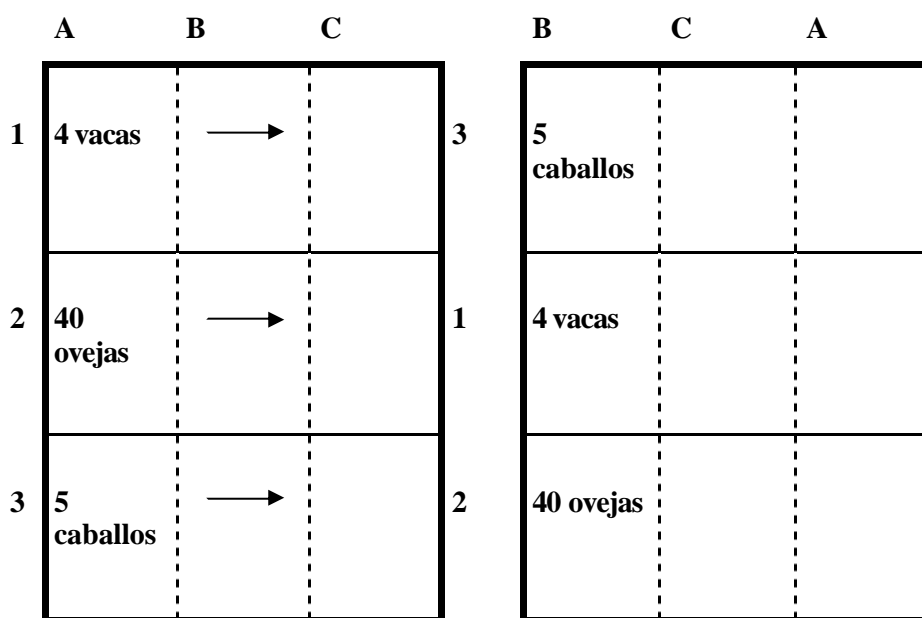


Figura 1.- Distribución de los tratamientos experimentales

En el primer otoño, antes del primer pastoreo, se desbrozó la superficie afectada con una desbrozadora de cadenas, quemándose el matorral una o dos semanas después, para luego abonar y sembrar según los tratamientos. El abonado anual, a la salida del invierno, fue de 250 kg de 8-15-15 (20 kg de N, 45 de P₂O₅ y 45 kg de K₂O), además de 1,5 t/ha de calizas molidas. La siembra, en el tratamiento correspondiente, tuvo lugar en otoño a una dosis de 20 kg/ha de holco, 3 kg/ha de trébol blanco y 3 kg/ha de loto. Se hizo a voleo y luego se pasó un rulo acanalado. El experimento duró dos años.

Los animales iniciaron el pastoreo en abril hasta finales de diciembre, se pastó, rotacionalmente, permaneciendo el ganado en cada subparcela hasta que la oferta de pasto fue el factor limitante. Se utilizaron dos lotes de 4 vacas cada uno, dos de 5 caballos y dos de 40 ovejas. Cada lote pastó la repetición correspondiente. Se supone que una vaca es equivalente a 1,2 caballos o 10 ovejas. Dado que cada subparcela era de 3333 m² la carga instantánea de pastoreo fue de 12 vacas por hectárea o su equivalente en caballos u ovejas que pastaron con sus crías.

Se controló el pasto antes y después del pastoreo, a partir de dos muestras por parcela, compuestas por cinco rectángulos de 2 x 0,1 m² cortados con cortacésped manual. Se hicieron cuatro controles por parcela realizándose el análisis botánico en cada muestra para determinar en ellas las especies: holco, agrostis, Trébol y loto, tojo, zarzas y otras.

Resultados y Discusión

En la Tabla 2 se indica la vegetación media mensual (% de suelo cubierto por cada especie) a lo largo de los dos años del experimento, independientemente del tipo de animal pastante y la media en cada uno de los años según tipo de animal. La proporción de suelo cubierto por holco o agrostis, tiende a disminuir, lo contrario que la de trébol y loto, que aumenta. Como media la superficie cubierta por trébol-loto representaba el primer año (Abril-Septiembre) el 4,42% y el segundo el 7,87%, con máximos en el verano (Septiembre). En definitiva, el trébol-loto pasó de ocupar el 2,07% del suelo, cuando el ganado entró a pastar por primera vez, a ocupar el 9,28% cuando le tocaba entrar a pastar en Abril del tercer año.

Tabla 2.- Porcentaje de superficie cubierta por las distintas especies a lo largo de los dos años y según tipo de animal pastante.

Año	Mes	Animal	Trébol					Suelo desnudo	
			Holco	Agrostis	loto	Tojo	Zarzas		Otras
1	Abril		26,3	43,8	2,1	5,7	0,9	8,9	11,8
	Junio		24,4	46,2	3,7	7,0	1,0	10,5	5,2
	Septiembre		22,1	44,1	7,0	8,1	2,0	10,0	3,1
	Noviembre		24,8	47,3	4,9	9,0	1,5	8,1	2,7
2	Abril		20,8	51,5	4,6	12,3	1,5	6,2	2,9
	Junio		21,6	40,4	9,1	14,1	2,0	9,3	1,8
	Septiembre		22,6	33,7	11,5	13,8	2,2	8,1	0,8
	Noviembre		21,3	39,6	6,3	20,0	2,5	7,0	1,3
	Abril		18,3	37,5	9,3	22,0	2,2	8,2	1,1
et			1,011	1,317	0,326	0,686	0,251	0,502	0,316
p<			0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
1		Vacas	22,2 ^a	46,4 ^a	4,5 ^a	9,2 ^a	1,9 ^a	8,5 ^{ab}	4,9
		Caballos	29,1 ^b	44,0 ^{ab}	6,2 ^b	2,8 ^b	1,7 ^a	8,1 ^a	5,4
		Ovejas	19,8 ^c	4,8 ^b	2,6 ^c	13,3 ^c	0,5 ^b	9,6 ^b	5,1
	et			0,880	1,038	0,298	0,544	0,191	0,451
p<			0,001	0,01	0,001	0,001	0,001	0,05	NS
2		Vacas	18,9 ^a	38,1 ^a	12,2 ^a	20,7 ^a	3,3 ^a	7,4 ^a	1,7
		Caballos	29,1 ^b	41,3 ^b	13,1 ^a	2,1 ^b	2,6 ^b	8,2 ^{ab}	1,1
		Ovejas	14,9 ^c	34,9 ^c	4,8 ^b	31,1 ^c	0,7 ^c	8,9 ^b	1,1
	et			0,821	1,033	0,921	0,572	0,189	0,462
p<			0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,01	0,1
Medias		Vacas	20,5 ^a	42,2 ^a	8,4 ^a	14,9 ^a	2,6 ^a	8,0 ^a	3,3
		Caballos	29,1 ^b	42,9 ^a	9,6 ^a	2,4 ^b	2,1 ^b	8,2 ^b	3,2
		Ovejas	17,3 ^c	38,0 ^b	3,7 ^b	22,2 ^c	0,6 ^c	9,3 ^c	3,1
	et			0,607	0,945	0,888	0,411	0,092	0,211
p<			0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,1

et: error típico. En cada columna cifras con distintas letras son significativamente diferentes.

La presencia de tojo y zarzas también aumenta, mientras que el conjunto de otras especies se mantiene, lo que confirma lo establecido por Osoro *et al.*, (2000) de que el principal peligro que acecha a las superficies de pasto mejorado es el rebrote del tojo y la subsiguiente reinvasión de las parcelas mejoradas. El porcentaje de suelo desnudo tiende a disminuir, lo que se debe al aumento de la superficie cubierta por tojo, zarzas y trébol-loto. El comportamiento de las especies en el tiempo va a depender del tipo de animal pastante (Osoro *et al.*, 2000), como puede verse en la Tabla 2. La proporción de superficie cubierta por holco aumenta al pasar de pastorear con ovejas a hacerlo con vacas y de pastorear con éstas a hacerlo con caballos. El

pastoreo con ovejas disminuye la presencia de agrostis y de trébol-loto con relación a la que se obtiene con vacas o caballos. La especie que mejor controló las zarzas fue la oveja y la que lo hizo peor fue la vaca.

Tabla 3.-Porcentaje de suelo cubierto por cada especies en los dos años según tipo de animal pastante.

Año	Mes	Animal	Trébol						Suelo desnudo
			Holco	Agrostis	loto	Tojo	Zarzas	Otras	
1	Abril	Vacas	24,9 ^a	46,7 ^a	1,9	6,1 ^a	0,9 ^{ab}	9,2	9,9 ^a
		Caballos	30,6 ^b	39,7 ^b	2,3	3,7 ^b	1,3 ^a	7,9	14,1 ^b
		Ovejas	23,4 ^a	45,0 ^{ab}	2,0	7,3 ^a	0,5 ^b	9,8	11,2 ^a
		et	2,049	2,344	0,380	0,784	0,230	0,930	0,968
		p<	0,05	0,05	NS	0,05	0,05	NS	0,01
	Junio	Vacas	24,8 ^b	44,0	4,0 ^a	6,8 ^a	1,4	11,4	5,8
		Caballos	27,5 ^a	46,2	5,4 ^a	3,8 ^b	1,2	9,8	5,2
		Ovejas	20,4 ^b	28,3	1,8 ^b	10,5 ^c	0,5	10,6	4,8
		et	2,409	2,785	0,671	1,168	0,366	1,307	0,654
		p<	0,05	NS	0,001	0,001	0,1	NS	NS
	Septiembre	Vacas	21,6 ^a	45,6	7,1 ^a	7,8 ^a	2,6 ^a	9,4	2,9 ^{ab}
		Caballos	27,5 ^b	42,9	10,0 ^b	2,8 ^b	2,3 ^{ab}	10,1	2,6 ^a
		Ovejas	17,3 ^a	44,0	3,9 ^c	13,7 ^c	1,1 ^b	10,4	3,9 ^b
		et	1,864	2,290	0,878	1,218	0,522	1,087	0,431
		p<	0,001	NS	0,001	0,001	0,05	NS	0,05
	Noviembre	Vacas	21,6 ^a	49,6	5,0 ^a	10,6 ^a	1,9 ^a	7,6 ^a	2,7
		Caballos	32,4 ^b	45,7	7,2 ^b	2,2 ^b	2,4 ^a	7,1 ^a	2,2
		Ovejas	20,6 ^a	46,5	2,5 ^c	14,4 ^c	0,2 ^b	9,6 ^b	3,4
	et	1,925	2,197	0,585	1,218	0,450	0,885	0,443	
	p<	0,001	NS	0,001	0,001	0,001	0,05	0,1	
Abril	Vacas	17,5 ^a	46,1	4,7 ^{ab}	14,7 ^a	2,6 ^a	10,5	3,2	
	Caballos	27,6 ^b	45,6	6,1 ^a	1,3 ^b	1,3 ^b	10,7	2,6	
	Ovejas	17,1 ^a	45,2	3,0 ^b	20,9 ^c	0,5 ^b	11,0	3,2	
	et	1,634	2,050	0,700	1,517	0,450	0,768	0,432	
	p<	0,001	NS	0,01	0,001	0,01	NS	NS	
2	Junio	Vacas	19,7 ^a	39,4	10,2 ^a	15,0 ^a	2,7 ^a	8,8	2,8 ^a
		Caballos	30,4 ^b	40,7	13,0 ^a	1,8 ^b	2,2 ^{ab}	9,4	1,2 ^b
		Ovejas	14,6 ^c	40,8	4,2 ^b	25,5 ^c	1,0 ^b	9,9	1,6 ^b
		et	1,703	2,089	1,058	1,546	0,593	1,023	0,278
		p<	0,001	NS	0,001	0,001	0,05	NS	0,001
	Septiembre	Vacas	20,6 ^a	34,5	12,0 ^a	18,6 ^a	3,2 ^a	7,1	1,2 ^a
		Caballos	31,4 ^b	35,8	15,8 ^b	2,3 ^b	3,1 ^a	7,9	0,6 ^b
		Ovejas	15,7 ^c	30,8	6,8 ^c	29,5 ^c	0,3 ^b	9,3	0,7 ^b
		et	1,705	1,881	1,080	1,853	0,673	0,968	0,189
		p<	0,001	0,1	0,001	0,001	0,01	NS	0,05
	Noviembre	Vacas	18,8 ^a	40,6 ^a	6,3 ^a	21,0 ^a	3,1 ^a	6,9	1,6
		Caballos	28,7 ^b	46,3 ^a	9,6 ^b	2,7 ^b	3,6 ^a	6,6	1,2
		Ovejas	16,3 ^a	31,6 ^b	3,0 ^c	33,3 ^c	0,8 ^b	7,6	1,2
		et	1,789	1,991	0,703	1,890	0,679	0,902	0,260
		p<	0,001	0,001	0,001	0,001	0,01	NS	NS
	Abril	Vacas	16,3 ^a	34,1 ^a	8,6 ^a	28,2 ^a	4,3 ^a	6,9	1,2
		Caballos	25,9 ^b	44,5 ^b	13,9 ^b	1,6 ^b	3,2 ^a	8,9	1,2
		Ovejas	12,8 ^a	33,8 ^a	5,3 ^c	36,2 ^c	0,6 ^b	9,0	0,8
	et	1465	1,731	0,836	1,946	0,709	0,792	0,205	
	p<	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,1	NS	

et: error típico. En cada columna cifras con distintas letras son significativamente diferentes.

El efecto más claro fue en el tojo. Su presencia resultó mínima cuando se pastó con caballos (2,44% de superficie cubierta por tojo) y máxima cuando el pastoreo se realizó con ovejas (22,23% de suelo cubierto por tojo). Con vacas la superficie cubierta por tojo (14,93 %) resultó intermedia.

Osoro *et al.* (2000) observaron que el pastoreo con ovejas incrementaba la presencia del tojo, mientras que el caprino favorecía a las herbáceas y reducía la cobertura de tojos, lo que en líneas generales coincide con nuestros resultados si sustituímos las cabras por los caballos. Sineiro (1996) establece que las cabras y los caballos, aunque las evidencias sobre los caballos proceden sólo de observaciones de campo, son capaces de controlar el rebrote del tojo por ingerirlo incluso con las espinas duras. El control por las ovejas se limita al periodo en el que no se ha completado el endurecimiento de las espinas (Howe *et al.*, 1988; Lambert *et al.*, 1989), mientras que la ingestión de tojo por las vacas es ocasional (Sineiro y Gomez, 1978). Las ovejas favorecen la presencia de “otras especies”, que disminuyen con las vacas y se mantienen intermedias con caballos. La proporción de suelo desnudo no se ve afectada por el efecto por pastar con vacas, ovejas o caballos

En la Tabla 3 se puede observar como el tipo de animal afecta de distinta forma, en cada una de las rotaciones a la evolución de la vegetación (porcentaje de suelo cubierto por holco, agrostis, trébol-loto, tojo, zarzas y “otras especies”) y a la proporción de suelo desnudo. El pastoreo con caballos favorece la presencia del holco, ya que el suelo cubierto por esta especie es mayor cuando se pasta con caballos que cuando se hace con vacas u ovejas, que resulta prácticamente igual. En cualquier caso, la superficie de holco disminuye independientemente del animal que paste. Así, cuando se pasta con vacas la superficie de holco pasa del 24,92%, en Abril del primer año, al 16,32%, en Abril del tercer año. Cuando se hace con ovejas del 23,36% al 12,84%, y con caballos del 30,57% al 25,86% (Tabla 3). La superficie cubierta por agrostis no se modifica apreciablemente, aunque la presencia de agrostis en las parcelas pastadas con caballos, al final de la fase experimental, es mayor que en las pastadas con vacas u ovejas. La superficie cubierta por trébol y loto aumenta más cuando se pasta con caballos que cuando se hace con vacas y con éstas más que con ovejas (Tabla 3). Al comienzo del pastoreo, en Abril del primer año, el porcentaje de suelo cubierto por trébol-loto era en las parcelas pastadas por ovejas, vacas o caballos de 1,98%, 1,88% y 2,34%, respectivamente, pasando a los dos años al 5,92%, 8,62% y 13,94%, en el mismo orden que antes. El efecto del pastoreo con caballos en la presencia de trébol es similar al que según Osoro *et al.* (2000) hacen las cabras que aumentan la presencia del trébol, con lo que mejora el pasto disponible para el ovino y el vacuno.

Los animales que mejor controlaron el tojo fueron los caballos, que evitaron que las parcelas volvieran a invadirse, a diferencia de lo que ocurrió con las ovejas o las vacas. Superficies cubiertas por tojo al comienzo del experimento del 7,25%, 6,09% y 3,66% se convirtieron, dos años después, en 36,18% cuando se pastó con ovejas, 28,22% cuando se hizo con vacas y en 1,63% cuando los que pastaron fueron los caballos (Tabla 3). Los animales que mejor controlaron las zarzas fueron las ovejas. Cuando pastaban las ovejas el porcentaje de la superficie cubierta por zarzas, después de dos años, fue del 0,62%, cuando se pastó con caballos o vacas esta superficie fue del 3,21% y del 4,34%, no significativamente diferentes.

En líneas generales estos resultados confirman las observaciones de Rigueiro *et al.* (1998) de que los caballos controlan bien el tojo (incluso con las espinas algo endurecidas que las cabras rechazan) y regulan las zarzas, mientras que las ovejas, aunque comen los brotes tiernos y jóvenes de tojo, no son animales adecuados para el control de especies leñosas. Sin embargo controla, al igual que la cabra, las zarzas llegando a matarlas al comer repetidamente sus hojas y brotes. Las vacas no controlan el tojo ni las zarzas.

La proporción de suelo cubierto de lo que agrupamos como “otras especies” (básicamente raigras, poa, festuca, cerastium, genistas, juncos, cardos, ericas, musgos y alguna otra en muy

pequeña cantidad) no parece verse afectado por el tipo de animal pastante. En efecto en la Tabla 3 puede observarse cómo al comienzo del experimento no había diferencias significativas entre la superficie cubierta por “otras especies” en las parcelas que iban a ser pastadas por las vacas, ovejas o caballos, situación que se mantuvo al cabo de dos años.

Conclusiones

El pastoreo con caballos facilita la implantación del holco y del agrostis, con relación a lo que se consigue con vacas u ovejas. La superficie cubierta por trébol-loto aumenta más si se pasta con caballos que con vacas y con éstas más que con ovejas. El tojo se controla únicamente pastando con caballos, pero no las zarzas, que lo hacen mejor las ovejas. El caballo se presenta como el mejor animal para mejorar el pasto-matorral.

Referencias Bibliográficas

- HOWE, J. C.; BARRY, T. N.; POPAY, A. I., 1988. Voluntary intake and digestion of gorse (*Ulex europaeus*) by goats and sheep. *Journal Agricultural Science, Camb.*, **111**, 107-114.
- LAMBERT, M. G.; JUNG, G. A.; FLETCHER, R. H.; BUDDING, P. J.; COSTALL, D. A., 1989. Forage shrubs in North Island hill country. 2. Sheep and goat preferences. *NZ Journal Agricultural Research*, **32**, 485-490.
- OSORO, K.; CELAYA, R.; MARTÍNEZ, A.; ZORITA, E., 2000. Pastoreo de las comunidades vegetales de montaña por rumiantes: Producción animal y dinámica vegetal. *Pastos*, **XXX (1)**, 3-50.
- RIGUEIRO, A.; SILVA, J.; RODRÍGUEZ, R.; CASTILLÓN, P. A.; ÁLVAREZ, P.; MOSQUERA, R.; ROMERO, R.; GONZÁLEZ, M^a P., 1998. *Manual de sistemas silvopastorales*. pp, 54. Ed. Escola Politécnica de Lugo. Lugo.
- SINEIRO, F., 1996. Desarrollo de sistemas de producción con vacas y ovejas de carne en terrenos a monte en Galicia. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid. Sin publicar.
- SINEIRO, F; GOMEZ, M., 1978. Sistema de producción de carne integrando terrenos a monte transformados por laboreo y mínimo laboreo. *Actas XVIII Reunión Científica de la SEEP*, 58-71.

STUDY OF THE CONTROL AND EVOLUTION OF THE SPONTANEOUS VEGETATION THROUGHOUT GRAZING. I. TYPE OF ANIMAL EFFECT.

Summary

The experiment was designed as a 3 x 3 factorial: grazing with sheep, cows or horses, and three previous treatment of vegetation (clearing and burning, clearing with burning and fertilisation, and clearing with burning plus fertilisation and seeding with Yorkshire fog, white clover and lotus. Only the effect of the grazing specie in the evolution of the vegetation is studied.

Animals began grazing in April (the control period was from April to April during two years) and they made it by rotation. Animals stayed at each paddock until the offer of pasture was the limit factor. The stoking rate in live weight was the same.

Grazing with horses is the only way of controlling the gorse, but not the blackberry, which is better controlled when grazing with sheep. The area covered with white clover and lotus is bigger when grazing with cows, and grazing with these ones is better than when grazing with sheep. The presence of Yorkshire fog improves when grazing with horses. The area covered with bent increases when grazing with horses. The grazing with different animals species does not seem to affect, significantly, the proportion of covered soil with “other species”.

Key words: plant dynamics, cows, sheep, horses.

ESTUDIO DEL CONTROL Y EVOLUCIÓN DE LA VEGETACIÓN ESPONTÁNEA MEDIANTE EL PASTOREO. II.- EFECTO DE LA LABOR PREVIA.

N. DÍAZ, J. ZEA Y M^a. D. DÍAZ

Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo (CIAM). Apartado 10, 15080. A Coruña.

Resumen

El experimento consiste en pastoreo con ovejas, vacas o caballos y tres tratamientos previos de la vegetación espontánea (desbroce y quema, desbroce con quema más abonado y desbroce con quema más abonado más siembra a voleo con holco, trébol blanco y loto). Se estudia únicamente el efecto de la labor previa al pastoreo, independientemente del tipo de animal. Los animales comenzaron el pastoreo en Abril y lo hicieron rotacionalmente durante dos años, permaneciendo el ganado en cada subparcela hasta que la oferta de pasto fue el factor limitante. Se procuró que la carga en peso vivo por hectárea fuese la misma.

La siembra no parece afectar a la cantidad presente de holco, aunque el abonado, por el contrario, sí lo hace, probablemente porque existía suficiente semilla en el suelo, siendo muy claro el efecto positivo de la siembra en la presencia de trébol y loto. El abonado y la siembra hicieron disminuir la presencia de zarzas y el porcentaje de suelo desnudo. La proporción de superficie cubierta por agrostis disminuye con el abonado y la siembra.

Otras especies (raigras, poa, festuca, cerastium, genistas, juncos, cardos, ericas, musgos) disminuyen con el abonado y con éste más la siembra.

Palabras clave: Dinámica vegetal, pasto de montaña.

Introducción

El principal factor limitante de la vegetación espontánea de monte para la alimentación del ganado parece estar en la baja cantidad de nutrientes disponibles en la vegetación, con un efecto negativo superior al provocado por la altitud o el clima. La mejora de la vegetación espontánea puede promoverse incrementando su valor nutritivo, su producción o con la introducción de especies sembradas. La primera vía de mejora se realiza por medio del control del pastoreo mediante cercado, que posibilita una mayor utilización. La segunda por la fertilización, al aportar nutrientes al suelo, cuya ausencia limita la producción y dominancia de las especies de mayor valor nutritivo. La tercera alternativa consiste en la introducción por siembra superficial de gramíneas y leguminosas junto con la fertilización.

El objetivo básico que se persigue es mejorar la vegetación espontánea del pasto–matorral para el aprovechamiento del ganado. En este trabajo se estudia la influencia de la labor previa al pastoreo del desbroce, abonado o siembra en la evolución de la vegetación, independientemente del tipo de animal que pade.

Material y Métodos

Se ha diseñado como un factorial 3 x 3 con dos repeticiones: pastoreo con tres especies (vacas, ovejas y caballos) y tres tratamientos de la vegetación espontánea (desbroce y quema, desbroce con quema más abonado y desbroce con quema más abonado más siembra a voleo con holco, trébol blanco y loto), como se indica en la Tabla 1. En este trabajo se determina únicamente el efecto de la labor previa al pastoreo sobre el crecimiento y la evolución de la vegetación. Los análisis estadísticos de los datos obtenidos se realizaron con el PROC GLM del paquete estadístico SAS.

Tabla 1. Diseño experimental

Manejo pasto-matorral	Especie								
	Vacas			Caballos			Ovejas		
	D	D+A	D+A+S	D	D+A	D+A+S	D	D+A	D+A+S
Repeticiones	2	2	2	2	2	2	2	2	2

El mismo rebaño de cada especie (vacas, caballos o ovejas), pastará las zonas: desbrozada (D), desbrozada + abonada (D+A) y desbrozada + abonada + sembrada (D+A+S), de cada repetición.

Para la realización del experimento se utilizaron dos parcelas de tres hectáreas subdivididas en tres parcelas, cada una de las cuales se pastó con vacas, ovejas o caballos (con el mismo peso vivo/ha). Cada subparcela se subdividió, a su vez, en tres partes iguales para recibir los tratamientos de: (A) desbroce y quema, (B) desbroce con quema más abonado y (C) desbroce con quema más abonado y más siembra. La distribución de los tratamientos en parcelas de tres hectáreas se indican en la Figura 1.

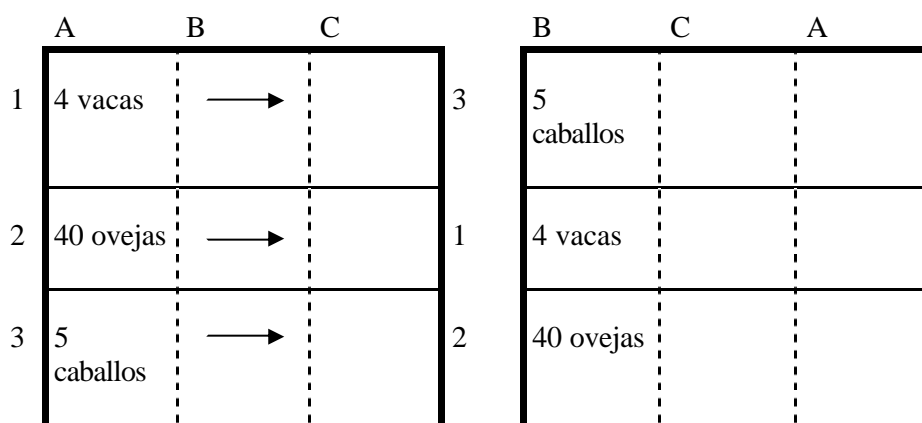


Figura 1.- Distribución de los tratamientos en las parcelas.

Se controló el pasto antes y después del pastoreo (pre y post) a partir de dos muestras por parcela, compuestas por cinco rectángulos de 2 x 0,1 m² cortados con cortacésped manual. Se llevaron a cabo cuatro controles en cada parcelas y se realizó el análisis botánico en cada una de estas muestras para determinar el porcentaje de cada una de las especies: holco, agrostis, trébol, loto tojo, zarzas y otras.

En el primer otoño, antes del primer pastoreo, se desbrozó toda la superficie afectada con una desbrozadora de cadenas, quemándose el matorral una o dos semanas después, para luego abonar y sembrar según los tratamientos. El abonado anual, a la salida del invierno, fue de 250 kg de 8-15-15 (20 kg de nitrógeno, 45 de P₂O₅ y 45 kg de K₂O) además de 1.5 t/ha de calizas molidas. La siembra, en el tratamiento correspondiente, tuvo lugar en otoño a una dosis de 20 kg/ha de holco, 3 kg/ha de trébol blanco y 3 kg/ha de loto. Se hizo a voleo y luego se pasó un rulo acanalado para asegurar el contacto de la semilla con el suelo.

Los animales iniciaron el pastoreo en abril hasta finales de diciembre. Se pastó, rotacionalmente, permaneciendo el ganado en cada subparcela hasta que la oferta de pasto fue el factor limitante. Se utilizaron dos lotes de 4 vacas cada uno, dos de 5 caballos y dos de 40 ovejas. Cada lote pastó la repetición correspondiente. Se supone que una vaca es equivalente a 1,2 caballos o 10 ovejas. Dado que cada subparcela era de 3333 m² la carga instantánea de pastoreo fue de 12 vacas por hectárea o su equivalente en caballos u ovejas que pastaron con sus crías.

Resultados y Discusión

En la Tabla 2 se indica el porcentaje de suelo cubierto por cada una de las especies que existía cada año (media de lo que había de Abril a Abril) y la media de los dos años, independientemente del tipo de animal que pastó.

La siembra no parece afectar a la cantidad presente de holco en el suelo ya que no aumentó la superficie cubierta por holco, que fue la misma que se consiguió únicamente con el abonado (Tabla 2), lo que indicaría que existía suficiente semilla en el suelo pero faltaba fertilidad. No sería este el caso del trébol-loto ya que el efecto de la siembra fue positivo para su presencia. La fertilidad es señalada como el principal factor limitante en la mejora de pastos de monte (Munro, 1981, Sineiro, 1996). Si se considera el efecto del abonado en cada uno de los años del experimento por separado, se puede observar en la Tabla 2 cómo el abonado mejora la proporción de la superficie cubierta por trébol y loto, con relación a lo que se obtiene simplemente con el desbroce sin abonar, únicamente a partir del segundo año. No hay que olvidar que el establecimiento del pasto en terrenos de matorral por métodos de laboreo superficial o no laboreo es bueno en las gramíneas y por el contrario es lento y limitado en el trébol (Lambert et al., 1986; Sineiro, 1996).

Tabla 2.- Medias de vegetación (% suelo cubierto), en los dos años, según tipo de labor. (D=Desbroce; D+A=Desbroce+abonado; D+A+S=Desbroce+abonado+ siembra).

Año	Labor	Trébol						Suelo desnudo
		Holco	Agrostis	loto	Tojo	Zarzas	Otras	
1	D	14,9 ^a	48,9 ^a	3,1 ^a	8,3 ^a	2,9 ^a	10,7 ^a	6,8 ^a
	D+A	28,4 ^b	42,4 ^b	2,3 ^a	11,4 ^b	0,6 ^b	7,0 ^b	4,7 ^b
	D+A+S	27,7 ^b	43,1 ^b	8,0 ^b	5,6 ^c	0,6 ^b	8,6 ^c	3,9 ^b
	et	0,966	1,022	0,293	0,535	0,188	0,444	0,266
	p<	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
2	D	13,1 ^a	43,3 ^a	4,1 ^a	16,2 ^a	4,7 ^a	12,6 ^a	2,2 ^a
	D+A	23,6 ^b	35,7 ^b	10,3 ^b	23,7 ^b	1,0 ^b	5,4 ^b	0,7 ^b
	D+A+S	26,2 ^b	34,4 ^b	15,7 ^c	13,8 ^a	1,1 ^b	6,4 ^b	0,9 ^b
	et	0,973	1,047	0,306	0,612	0,177	0,411	0,314
	p<	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Medias	D	14,0 ^a	46,1 ^a	3,6 ^a	12,2 ^a	3,8 ^a	11,66 ^a	4,5 ^a
	D+A	26,0 ^b	39,1 ^b	6,3 ^b	17,6 ^b	0,8 ^b	6,12 ^b	2,7 ^b
	D+A+S	26,9 ^b	38,7 ^b	11,9 ^c	9,7 ^c	0,8 ^b	7,52 ^c	2,4 ^b
	et	0,629	0,992	0,781	0,433	0,099	0,225	0,172
	p<	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001

et: error típico. En la misma columna cifras con distintas letras son significativamente diferentes

El abonado y la siembra después del desbroce hizo disminuir la superficie cubierta por agrostis, zarzas y la de suelo desnudo (Tabla 2). La superficie de suelo cubierta por tojo, disminuye al sembrar con holco, trébol blanco y loto, pero aumenta cuando se abona después del desbroce, lo que ocurrió en los dos años que duró el experimento. Parece entonces que el tojo responde fuertemente al abonado en ausencia de la competencia que produciría la siembra con holco, loto y trébol. Bell (1961) establece que el espacio abierto en el pasto puede ser ocupado por nuevas plantas de tojo u otras malas hierbas, si las especies pratenses más productivas no están presentes o no se cubren adecuadamente sus necesidades; y Rigueiro et al. (1999) observaron que el porcentaje de especies sembradas deseadas (dactilo, raigrass y trébol blanco) en terrenos de matorral de Galicia era significativamente mayor en las parcelas abonadas que en las no fertilizadas, lo que indica que las especies sembradas necesitan fertilización para establecerse y persistir. Rigueiro et al. (1998) establecen que la fertilización mejora la calidad del pasto al favorecer en mayor medida las especies sembradas.

En la Tabla 3 se indica el efecto, rotación a rotación, del tipo de labor a lo largo de los dos años del experimento, independientemente de la especie animal que paste.

Tabla 3.- Porcentaje de suelo cubierto por especies según labor. (D=Desbroce; A=Abonado; S=Siembra).

Año	Mes	Labor	Trébol						Suelo desnudo	
			Holco	Agrostis	loto	Tojo	Zarzas	Otras		
1	Abril	D	16,8 ^a	47,6	2,4 ^{ab}	5,5 ^a	1,9 ^a	10,6 ^a	14,9 ^a	
		D+A	30,1 ^b	41,9	1,4 ^a	7,8 ^b	0,5 ^b	7,5 ^b	10,4 ^b	
		D+A+S	32,0 ^b	41,8	2,5 ^b	3,8 ^a	0,3 ^b	8,8 ^{ab}	9,9 ^b	
			et	2,057	2,352	0,352	0,789	0,271	0,933	0,972
			p<	0,001	0,1	0,05	0,001	0,001	0,05	0,001
	Junio	D	15,4 ^a	49,0 ^a	3,1 ^a	7,6 ^a	1,9 ^a	13,4 ^a	6,6 ^a	
		D+A	30,7 ^b	41,4 ^b	2,7 ^a	8,6 ^a	0,6 ^b	9,3 ^b	4,9 ^b	
		D+A+S	26,7 ^b	48,0 ^a	5,5 ^b	4,9 ^b	0,4 ^b	9,0 ^b	4,3 ^b	
			et	2,252	2,603	0,628	0,993	0,342	1,223	0,612
			p<	0,001	0,05	0,001	0,01	0,01	0,01	0,01
	Septiembre	D	13,4 ^a	48,4 ^a	4,0 ^a	7,7 ^a	4,7 ^a	13,1 ^a	4,7 ^a	
		D+A	26,2 ^b	43,9 ^{ab}	2,6 ^a	11,5 ^b	0,6 ^b	8,7 ^b	2,5 ^b	
		D+A+S	26,7 ^b	40,0 ^b	14,4 ^b	5,1 ^a	0,6 ^b	8,6 ^b	2,2 ^b	
			et	1,869	2,298	0,881	1,223	0,524	1,090	0,432
			p<	0,001	0,01	0,001	0,001	0,001	0,01	0,001
	Noviembre	D	15,4 ^a	52,5 ^a	2,6 ^a	8,9 ^a	3,1 ^a	10,3 ^a	5,1 ^a	
		D+A	30,1 ^b	43,6 ^b	2,8 ^a	13,5 ^b	0,5 ^b	5,7 ^b	2,0 ^b	
		D+A+S	29,1 ^b	45,6 ^b	9,2 ^b	4,6 ^c	0,8 ^b	8,3 ^a	1,1 ^b	
			et	1,925	2,197	0,585	1,218	0,450	0,885	0,443
			p<	0,001	0,01	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
	Abril	D	13,3 ^a	47,1 ^a	3,2 ^a	11,9 ^{ab}	3,0 ^a	10,0	3,4	
		D+A	25,0 ^b	41,0 ^b	2,2 ^a	15,5 ^a	0,6 ^b	10,1	2,4	
		D+A+S	23,9 ^b	39,8 ^b	8,5 ^b	9,5 ^b	0,7 ^b	12,1	3,2	
			et	1,640	2,057	0,701	1,517	0,450	0,768	0,432
		p<	0,001	0,001	0,001	0,01	0,001	0,1	0,1	
2	Junio	D	13,9 ^a	44,2 ^a	4,0 ^a	14,5 ^a	4,3 ^a	14,1 ^a	2,5 ^a	
		D+A	25,4 ^b	38,4 ^b	7,6 ^b	18,0 ^a	0,7 ^b	7,1 ^b	1,7 ^b	
		D+A+S	25,3 ^b	38,5 ^b	15,7 ^c	9,8 ^b	0,9 ^b	6,8 ^b	1,3 ^b	
			et	1,703	2,089	1,058	1,546	0,593	1,023	0,277
			p<	0,001	0,05	0,001	0,01	0,001	0,001	0,01
	Septiembre	D	13,0 ^a	41,0 ^a	4,4 ^a	13,7 ^a	5,1 ^a	14,8 ^a	1,6 ^a	
		D+A	24,9 ^b	31,8 ^b	9,5 ^b	24,0 ^b	0,6 ^b	4,3 ^b	0,4 ^b	
		D+A+S	29,9 ^c	28,4 ^b	20,6 ^c	12,7 ^a	0,8 ^b	5,1 ^b	0,4 ^b	
			et	1,700	1,869	1,073	1,847	0,669	0,962	0,188
			p<	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
	Noviembre	D	12,2 ^a	45,6 ^a	3,6 ^a	16,6 ^a	5,1 ^a	9,8 ^a	3,0 ^a	
		D+A	23,7 ^b	37,0 ^b	4,1 ^a	25,4 ^b	1,5 ^b	4,7 ^b	0,3 ^b	
		D+A+S	27,9 ^b	36,0 ^b	11,1 ^b	14,9 ^a	0,9 ^b	6,6 ^b	0,6 ^b	
			et	1,789	1,990	0,703	1,890	0,679	0,905	0,260
			p<	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
	Abril	D	13,2 ^a	42,2 ^a	4,2 ^a	19,9 ^a	5,5 ^a	11,8 ^a	1,6 ^a	
		D+A	20,2 ^b	35,6 ^b	8,1 ^b	28,5 ^b	1,1 ^b	5,7 ^b	0,2 ^b	
		D+A+S	21,6 ^b	34,5 ^b	15,5 ^c	17,7 ^a	1,6 ^b	7,2 ^b	1,4 ^a	
			et	1,470	1,737	0,838	1,953	0,711	0,795	0,205
			p<	0,001	0,01	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001

et: error típico. En cada columna cifras con distinto superíndice (letras) son significativamente diferentes.

El abonado y la siembra después de la quema favoreció la presencia del holco, sin que el hecho de sembrar mejore significativamente lo logrado únicamente con el abonado (Tabla 3), probablemente debido a que la presencia de semilla de holco en el suelo sería suficiente y que germinaría y se desarrollaría al aumentar la fertilidad con el abonado. En cualquier caso, la presencia va disminuyendo paulatinamente con el paso del tiempo; lo que también ocurriría con el agrostis, aunque en este caso la situación es justo la contraria ya que el agrostis disminuye con el abonado y con éste y la siembra (Tabla 3).

De la Tabla 3 es fácil deducir que para conseguir una presencia significativa de leguminosas (trébol-loto) es necesario, después del desbroce y la quema del matorral, abonar y sembrar; pues si bien la proporción de superficie de suelo cubierta por trébol-loto aumenta simplemente con el abonado (del 1,40 % al 8,10 % al cabo de dos años de pastoreo), ésta no llega a los niveles que se alcanzan con el abonado y siembra (pasa del 2,46 % en Abril del primer año al 15,53 % en Abril del tercer año).

El desbroce y la quema no favorece, en absoluto, la presencia de trébol y loto, ya que a lo largo de los dos años del experimento se mantuvo prácticamente en los mismos niveles (la proporción de superficie de suelo cubierta por el trébol y el loto pasó del 2,35 % al 4,23 %, después de los dos años de pastoreo, en las zonas que simplemente habían sido desbrozadas y después quemadas).

Si bien la proporción de la superficie de suelo cubierta por el tojo aumenta en todos los casos con el paso del tiempo, cuando más lo hace es cuando además de desbrozar se quema y abona, lo que puede parecer sorprendente y de difícil explicación y únicamente se podría achacar a la competencia que ejerce el trébol-loto, ya que es lo único que aumenta considerablemente con la siembra. En los dos años que duraron los controles, con la quema y el desbroce, la proporción de la superficie de suelo cubierta por tojo aumentó en un 14,39 %; y con la quema, desbroce, abonado y siembra lo hizo en un 13,88 %, mientras que con la quema, desbroce y abonado el incremento de la superficie cubierta por tojo fue, en este periodo, de un 20,74 %.

El abonado y la siembra afectaron claramente y de forma significativa al control de las zarzas. Aunque en todos los casos éstas aumentaron ligeramente con el paso del tiempo, no lo hicieron tanto como cuando la labor se redujo al desbroce y quema (pasaron de ocupar el 1,91 % del suelo a ocupar el 5,47 % al final de los controles, dos años después; esto es, se produjo un aumento del 3,56 %). Con el desbroce, quema y abonado el aumento de la superficie de suelo ocupada por zarzas fue del 0,62 % y con el abonado y la siembra con holco, trébol blanco y loto, del 1,32 %, como puede deducirse de la Tabla 3.

No parece que el tipo de labor realizada después del desbroce y antes de que el ganado entrase a pastar haya afectado a la proporción de suelo ocupado por las que denominamos “otras especies” (Tabla 3), que básicamente son raigras, poa, festuca, cerastium, genistas, juncos, cardos, ericas, musgos y otras en muy pequeña proporción. Al comienzo del experimento en Abril, antes de entrar el ganado a pastar, la proporción de suelo ocupado por “otras especies” representaba un 9,22 % en el caso de solo desbroce, un 9,76 % en el de desbroce y abonado y un 7,87 % en el de abonado y luego siembra con trébol-loto y holco, que pasó, a los dos años, a representar, respectivamente, un 6,87 %; un 9,00 % y un 8,87 %.

Conclusiones

La superficie pastoreada, cubierta por trébol-loto, aumenta algo con el abonado, pero no con el desbroce y quema únicamente. Para conseguir una cantidad apreciable de trébol-loto es imprescindible la resiembra. El tojo aumenta con el abonado y las zarzas con el desbroce y quema.

Referencias Bibliográficas

BELL, J. E., 1961. *Control of gorse*. Proc. NZ Weed control Conference, 14, 127-132.

LAMBERT, M. G.; CLARK, D. A.; GRANT, D. A.; COSTALL, D. A., 1986. Influence of fertiliser and grazing management on North Island moist hill country. 3. Performance of introduced and resident legumes. *NZ Journal Agricultural Research*, 29, 11-21.

MUNRO, J. M. M., 1981. Introduction of improved plant resources. En The effective use of forage and animal resources in the hills and uplands. British Grasslands Society occasional Symposium, 12, 17-33.

RIGUEIRO, A.; SILVA, J.; RODRÍGUEZ, R.; CASTILLÓN, P. A.; ÁLVAREZ, P.; MOSQUERA, R.; ROMERO, R.; GONZÁLEZ, M^a P., 1998. *Manual de sistemas silvopastorales*. pp, 54. Ed. Escola Politecnica de Lugo. Lugo.

RIGUEIRO, A.; MOSQUERA, R.; LOPEZ, M., 1999. Production and sown-species evolution of different pasture mixtures growing under birch (*Betula alba*). En: *Grassland and Woody plants in Europe*. Vol 4. Eds. V. P. PAPANASTASIS, J. FRAME, A. S. NASTIS. Proceedings of the International Occasional Symposium of the European Grassland Federation. Thessaloniki. Grecia.

SINEIRO, F., 1996. Desarrollo de sistemas de producción con vacas y ovejas de carne en terrenos a monte en Galicia. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid. Sin publicar.

STUDY OF THE CONTROL AND EVOLUTION OF THE SPONTANEOUS VEGETATION THROUGHOUT GRAZING. II. PREVIOUS WORK EFFECT.

Summary

The experiment consists in grazing with sheep, cows or horses and three previous treatment of spontaneous vegetation: clearing and burning, clearing plus burning and fertilisation, and clearing with burning plus fertilisation and seeding with Yorkshire fog, white clover and lotus. Only the previous work effect, independently of the kind the animal, is studied.

Animals began grazing in April, and they done it by rotation during two years. Animals stayed at each paddock until the offer of pasture was the limit factor. We tried that stoking rate (live weight) was the same.

The sawing does not seem to affect the quantity of Yorkshire fog, although, on the contrary, the fertilisation, if it does, it is probably because there were enough seed in the soil; being clear the positive effect of the seeding on the presence of white clover and lotus. The fertilisation and sowing made decrease the presence of bent, blackberry and naked soil.

Other species (perennial raigrass, annual meadow grass, fescue, cerastium, broom, rush, thistle, heath, moss) decreased with fertilisation, and this one and the sowing with Yorkshire fog, white clover and lotus.

Key words : vegetal dynamic, hill pasture, clearing.

IDENTIFICACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE LOMBRICES DE TIERRA EN PRADOS PIRENAICOS: DISCRIMINACIÓN A TRAVÉS DE PARÁMETROS DEL SUELO

J. AGUIRRE, F. FILLAT & A. ANTOÑANZAS

IPE-CSIC. Dpto. Conservación de Ecosistemas Naturales
Apdo. 64 E-22700 Jaca (Huesca)
Telf: +34 974 361 688 Fax: +34 974 363 222
ffillat@ipe.csic.es

Resumen

Teniendo en cuenta la beneficiosa labor de las lombrices de tierra en lo relativo a la mejora de la productividad de los prados de montaña, los objetivos de este trabajo son: (a) determinar los géneros de lombrices presentes; (b) estimar su densidad, y (c) testar la hipótesis de que el mayor o menor número de lombrices en estos prados viene determinado por las características del suelo. Se han identificado dos géneros de lombrices: *Lumbricus* y *Allolobophora*; y dentro de este último dos especies: *A. chlorotica* y *A. caliginosa*. El número de lombrices encontrado oscila desde los 105 hasta los 160 individuos por m². Existe una distribución heterogénea tanto del número de individuos como el de especies encontradas. Los parámetros medidos en el suelo: pH, materia orgánica, Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Carbono, Relación Carbono/Nitrógeno, proporción de arena, proporción de limos gruesos, proporción de limos finos, proporción de arcillas y proporción de la suma de limos finos más arcillas no aportan información suficiente para explicar las diferencias ligadas a la heterogeneidad encontrada relativa a la distribución de individuos y especies.

Palabras clave: Anélidos, Oligoquetos, Nitrógeno, Pastos, Montaña.

Introducción

La acción de las lombrices contribuye a ahuecar el suelo y permitir que entre el aire a las raíces de las plantas haciendo así un laboreo que, de otro modo, sería imposible en los prados. Además contribuyen a acelerar la descomposición de la hojarasca, así como la acción de los ácidos carbónico y húmicos en el suelo. Incorporan grandes cantidades de sus excrementos al suelo, fertilizándolo y preparándolo para la germinación y crecimiento de toda clase de plantas incrementando la retención de humedad, para la mejor absorción de todas las sustancias solubles y para el desarrollo del proceso de la nitrificación (Alvarez, 1971).

Los objetivos de la presente contribución son: (a) determinar los géneros de lombrices presentes en prados de montaña; (b) estimar su densidad, y (c) testar la hipótesis de que el mayor o menor número de lombrices en los prados viene determinado por las características del suelo.

Material y Métodos

Área de Estudio

La pradería de la localidad de Fragen (incluida en el municipio de Torla), población situada en el Valle de Broto (Huesca), en los Pirineos Centrales, donde se han muestreado 32 prados, abarcando una superficie total de 22,4 has. La naturaleza de los suelos sobre los que se desarrolla el presente trabajo ha sido descrita en profundidad (Badía & Martí, 1999); para saber más sobre las características del área de estudio véase (Reiné et al., 2004).

Muestras en campo

Durante el mes de octubre del año 2001 se extrajeron 3 cubos de 20 cm de lado en cada prado, lo que rinde un total de 96 cubos en la pradería estudiada. Su distribución corresponde a un diseño sistemático con el objeto de incorporar la variabilidad propia del conjunto de prados, a saber: sombreado, pendiente y heterogeneidad espacial.

Tratamiento de los cubos de tierra

Los cubos de tierra extraídos fueron desmenuzados a mano con delicadeza sobre el terreno, con el objeto de recopilar y etiquetar las lombrices contenidas en ellos con el menor daño posible. De cada uno de éstos se extrajo una parte homogénea de suelo para su posterior análisis. Los análisis fueron llevados a cabo en el Laboratorio de Análisis y Fertilidad de Suelos (LAF) de Sidamon (Lleida) (Tabla 1). La granulometría, expresada en porcentaje de las diferentes fracciones granulométricas, nos permite obtener la clase textural USDA (en nuestro caso solo hay franca y franco-arcillosa).

Tabla 1: Determinación y métodos de los análisis de suelo.

<i>Determinación</i>	<i>Método</i>	<i>Unidades</i>
<i>Granulometría</i>	<i>Gravimétrico (de la pipeta) (Gee y Bauder, 1986)</i>	<i>Porcentaje</i>
<i>Materia orgánica oxidable</i>	<i>Espectrofotométrico (Walkley-Black) (Prince, 1955)</i>	<i>Porcentaje</i>
<i>Carbonato cálcico equivalente</i>	<i>Calcímetro de Bernard (Duchaufour, 1975)</i>	<i>Porcentaje</i>
<i>pH al agua</i>	<i>Potenciométrico en pasta saturada (Gutián-Ojea & Carballas, 1976)</i>	
<i>Nitrógeno</i>	<i>Kjeldhal (Bremner y Mulvaney, 1982)</i>	<i>Porcentaje</i>
<i>Fósforo asim. Extractor NaHCO₃</i>	<i>Espectrofotométrico (Olsen y Sommers, 1982)</i>	<i>mg/kg</i>
<i>K⁺ cambiable. Extractor NH₄AcO, 1N</i>	<i>Absorción atómica (Gutián-Ojea & Carballas, 1976)</i>	<i>mg/kg</i>

Tratamiento de los datos

La identificación del género y la especie de las lombrices fue llevada a cabo en el laboratorio siguiendo la clave de Alvarez (1971). Se procedió a calcular el promedio de las tres pseudoréplicas obtenidas en cada prado, de modo que, el resultado es un valor medio por prado, cuyo uso estadístico evita el sesgo propio de un muestreo de estas características (Hurlbert, 1984). Tras la obtención del número medio de animales presentes en cada prado, se llevó a cabo un análisis de conglomerados (n=2) con la distancia euclídea y vinculación intergrupos (SAS, 2004). Teniendo en cuenta simultáneamente el número de individuos y el de especies dividimos los prados de estudio en cuatro grupos ordinales (véase figura 1 y tabla 6). La diferenciación estadística en lo relativo a las dos variables clasificatorias: (a) número de individuos por prado, y (b) número de especies por prado, fue llevada a cabo con una t de Student (véanse tablas 7 y 8). En el análisis de las variables del suelo se ha aplicado un ANOVA univariante (Modelo Lineal General) tras la verificación de las condiciones de aplicación (SAS, 2004).

Resultados

En el conjunto de lombrices obtenidas durante el muestreo hemos identificado dos géneros: *Lumbricus* y *Allolobophora*; y dentro de este último dos especies: *A. chlorotica* y *A. caliginosa*.

Tabla 2: Identificación de género y especie de las lombrices encontradas en la zona de estudio y su proporción relativa.

<i>Género</i>	<i>Especie</i>	<i>% Individuos</i>
<i>Lumbricus</i>	<i>no identificada</i>	<i>51,75</i>
	<i>chlorotica</i>	<i>25,87</i>
<i>Allolobophora</i>	<i>caliginosa</i>	<i>2,33</i>
	<i>no identificada</i>	<i>20,03</i>



En lo relativo al número de individuos encontrados en el área de estudio los resultados muestran que, de los 514 individuos encontrados en total, la cantidad media es de $5,27 \pm 3,00$ lombrices por $0,04 \text{ m}^2$ de prado (tabla 3).

Tabla 3: Estadísticos descriptivos del número de lombrices encontrado en el muestreo de los prados objeto de estudio.

<i>Estadístico</i>	<i>Valor</i>	
<i>Media (individuos/prado)</i>	5,27	
<i>Intervalo de confianza para la media al 95%</i>	<i>Límite inferior</i>	4,19
	<i>Límite superior</i>	6,36
<i>Media recortada al 5%</i>	5,05	
<i>Mediana</i>	4,66	
<i>Varianza</i>	9,04	
<i>Desviación Típica</i>	3,007	
<i>Mínimo</i>	1,33	
<i>Máximo</i>	14,33	
<i>Rango</i>	13,00	
<i>Amplitud intercuartil</i>	2,92	
<i>Asimetría</i>	1,259	
<i>Curtosis</i>	1,522	

El análisis de conglomerados muestra dos grupos bien diferenciados en cuanto al número y la diversidad de especies de lombrices presentes en cada una de las muestras (Tabla 4 y 5).

Tabla 4: Significación estadística de la comparación, a través del test de la t de Student, del número de lombrices encontradas en las muestras pertenecientes al conglomerado 1 frente al 2.

Conglomerado	n	(m ± de)	t	p
1	7	9,45 ± 2,87	11,425	< 0,001
2	25	4,11 ± 1,76		

Tabla 5: Significación estadística de la comparación, a través del test de la t de Student, del número de especies de lombrices encontradas en las muestras pertenecientes al conglomerado 1 frente al 2.

Conglomerado	n	(m ± de)	t	p
1	7	2,61 ± 0,63	8,132	< 0,001
2	25	1,40 ± 0,83		

Tabla 6: Relación media de individuos, especies e individuos de cada uno de los dos géneros encontrados en los grupos establecidos en función de la cantidad de especies e individuos. Número de prados incluidos en cada una de las agrupaciones.

Grupos	Núm. Prados	Núm. Individuos	Núm. Especies	Lumbricus sp	Allolobophora sp
1	4	32,0	2,9	14,3	17,8
2	10	18,7	2,3	9,0	9,7
3	9	13,4	1,7	7,8	5,7
4	9	7,0	1,2	4,2	2,8

Tabla 7: Significación estadística de la comparación, a través del test de la t de Student, del número de lombrices -individuos/0,04 m²- encontradas en las parcelas pertenecientes a los diferentes grupos.

Comparación	n	(m ± de)	t	p
1 vs. 2	4 vs. 10	10,29 ± 3,18 vs. 6,57 ± 2,23	4,210	0,001
1 vs. 3	4 vs. 9	10,29 ± 3,18 vs. 4,22 ± 1,25	6,635	< 0,001
1 vs. 4	4 vs. 9	10,29 ± 3,18 vs. 2,67 ± 0,73	8,762	< 0,001
2 vs. 3	10 vs. 9	6,57 ± 2,23 vs. 4,22 ± 1,25	3,207	0,005
2 vs. 4	10 vs. 9	6,57 ± 2,23 vs. 2,67 ± 0,73	6,982	< 0,001
3 vs. 4	9 vs. 9	4,22 ± 1,25 vs. 2,67 ± 0,73	4,946	< 0,001

Los grupos muestran diferencias estadísticamente significativas en lo relativo al número de individuos presentes en los mismos (Tabla 7).

Tabla 8: Significación estadística de la comparación, a través del test de la t de Student, del número de especies encontradas en las muestras pertenecientes a los diferentes grupos.

Comparación	n	(m ± de)	t	p
1 vs. 2	4 vs. 10	2,92 ± 0,67 vs. 2,30 ± 0,75	2,479	0,017
1 vs. 3	4 vs. 9	2,92 ± 0,67 vs. 1,78 ± 0,89	3,948	< 0,001
1 vs. 4	4 vs. 9	2,92 ± 0,67 vs. 1,19 ± 0,74	6,966	< 0,001
2 vs. 3	10 vs. 9	2,30 ± 0,75 vs. 1,78 ± 0,89	2,401	0,020
2 vs. 4	10 vs. 9	2,30 ± 0,75 vs. 1,19 ± 0,74	5,655	< 0,001
3 vs. 4	9 vs. 9	1,78 ± 0,89 vs. 1,19 ± 0,74	2,664	0,010

Los grupos muestran diferencias estadísticamente significativas en lo relativo al número de especies presentes en los mismos (Tabla 8).

Tabla 9: Significación estadística del ANOVA univariante (Modelo Lineal General) para cada una de las variables del suelo testando el efecto de la variable grupo; (eem: error estándar de la media).

Variable	(m ± de)				eem	p
	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4		
pH	6.67 ± 0.37	6.92 ± 0.56	6.86 ± 0.57	6.88 ± 0.51	0.090	0.892
Materia Orgánica	6.92 ± 1.32	8.46 ± 2.12	7.35 ± 1.28	7.87 ± 2.22	0.322	0.496
Nitrógeno	0.37 ± 0.05	0.45 ± 0.11	0.41 ± 0.11	0.41 ± 0.09	0.018	0.703
Fósforo	33.00 ± 23.87	23.52 ± 12.89	22.38 ± 16.68	21.40 ± 6.72	2.548	0.609
Potasio	173.07 ± 78.11	196.40 ± 74.54	242.20 ± 136.96	198.47 ± 77.44	17.245	0.637
Carbono	1.00 ± 0.00	2.28 ± 3.64	3.40 ± 5.09	2.66 ± 4.70	0.725	0.820
Relación C/N	2.70 ± 0.41	5.56 ± 9.18	7.25 ± 9.08	5.86 ± 9.20	1.456	0.852
Arena	42.90 ± 3.05	41.36 ± 4.33	44.26 ± 3.77	43.70 ± 4.00	0.711	0.665
Limos gruesos	13.35 ± 1.00	12.15 ± 2.49	12.96 ± 1.70	14.85 ± 5.30	0.605	0.426
Limos finos	23.05 ± 4.35	21.41 ± 2.56	20.07 ± 1.72	18.68 ± 4.77	0.653	0.180
Arcillas	20.70 ± 2.33	24.47 ± 3.65	22.68 ± 3.23	22.73 ± 1.99	0.566	0.239
Limos finos + arcillas	43.75 ± 3.02	45.88 ± 6.08	42.76 ± 4.38	41.42 ± 4.89	0.923	0.344

Ninguna de las variables propias de la naturaleza del suelo discrimina estadísticamente los grupos entre sí, de modo que, como se observa en la tabla 9, no existen diferencias significativas para el pH, la Materia Orgánica, el Nitrógeno, el Fósforo, Potasio, Carbono, Relación Carbono / Nitrógeno, proporción de arena, proporción de limos gruesos, proporción de limos finos, proporción de arcillas y proporción de la suma de limos finos más arcillas.

Discusión

Muestrear suelos en otoño con el objeto de encontrar lombrices parece ser una buena estación en lo relativo al gran número de individuos obtenido, sin embargo, no es así en cuanto a su posible identificación, ya que en esta época son escasos los individuos maduros, más conspicuos en primavera (Curry, 1998), debido principalmente a la temperatura del suelo (Lavelle, 1983; Lavelle et al., 1989).

Los géneros y especies encontrados corresponden, desde una perspectiva biogeográfica, a la región Eurosiberiana, de características similares a Europa Central (Rosa, 1893). No obstante, la presencia de *A. chlorotica* podría inducir a pensar que la zona de estudio forma parte de una transición entre las regiones Mediterránea y Eurosiberiana en cuanto a la división biogeográfica establecida por Díaz-Cosín et al. (1992) de la península Ibérica.

El número de lombrices encontrado: de 105 a 160 individuos por m², es sensiblemente inferior a los datos ofrecidos para campos de cereal en invierno: 340-450 (Curry et al., 1995), y superior a prados y pastizales arenosos y salinizados (Baker et al., 1992). La distribución espacial de los individuos no es homogénea, como hemos observado tras realizar un análisis de conglomerados. Tenemos dos grupos de muestras: (a) aquellas que tienen significativamente más individuos y más especies de lombrices, y (b) las que tienen significativamente menos individuos y menos especies (véanse tablas 4 y 5). Los resultados obtenidos nos permiten establecer una gradación combinando ambas variables: número de individuos y número de especies; agrupaciones que son significativamente distintas entre sí tal y como se puede observar en las tablas 7 y 8.

Los análisis de los suelos incluyen algunas propiedades fundamentales como la textura, la materia orgánica oxidable, el nitrógeno y el pH (Porta, 1986), que proporcionan información para interpretar el comportamiento del suelo frente a los aportes de fertilidad. Analizar el nitrógeno total Kjeldhal determina el N total orgánico presente en las muestras de suelo incluyendo en N-NH₄⁺ absorbido pero no el que forma parte de los nitratos (Alonso, 1994).

El rango de pH existente en el área de estudio: 5,90-7,70 está dentro del preferido por la mayoría de las especies de lombrices (Satchell, 1967; Bouché, 1972).

En la figura 2 se observa que los valores más frecuentes de materia orgánica y pH (línea discontinua a trazos), encuadran en su extremo inferior izquierdo las rectas (líneas gruesas) correspondientes a *Lumbricus terrestris* y *Allolobophora chlorotica*, siendo muy poca la diferencia entre ellas, por lo que en general se dificultará su separación considerando el pH y la materia orgánica.

Los valores mínimos los marcan las líneas discontinuas de puntos y definen de una manera más amplia las buenas condiciones que precisan las dos especies antes mencionadas. Por debajo de los valores mínimos encontramos la recta característica de *Allolobophora caliginosa*, que sería consecuente con la escasa presencia encontrada en nuestros prados. Alvarez (1971) considera esta especie pionera en la colonización de suelos pobres, por lo que las características de los prados estudiados estarían por encima de las exigencias mínimas de esta especie, permitiendo en cambio la presencia abundante de *Lumbricus* sp y *A. chlorotica*.

El tipo de sustrato (prados) y el uso agropecuario (siega, pastoreo y fertilización con estiércol y purín) que se hace de él en nuestro área de estudio favorece a las lombrices (Curry, 1976; Cotton y Curry, 1980a; Cotton y Curry, 1980b; Edwards y Lofty, 1982), y sin embargo los parámetros que hemos medido en los distintos suelos no son capaces de discriminar estadísticamente las diferencias encontradas en el número y la diversidad de géneros y especies. La relativa homogeneidad en la cantidad (sumado a su bajo valor en este tipo de sustrato: 0,7% como valor máximo) de nitrógeno encontrado en los suelos, no explica tampoco las diferencias a pesar de ser uno de los factores clave junto con la temperatura de éste (Satchell, 1967). Sin ser tan importantes, el fósforo y el potasio tampoco son capaces de aportar nada de cara a la elucidación del porqué en lo relativo a las diferencias encontradas.

La cantidad de Carbono orgánico junto a la relación C:N son importantes para la vida de las lombrices (Hendrix et al., 1992) y, aún estando esta última por debajo de la relación 20:1, los valores encontrados por nosotros tampoco son capaces de discriminar las diferencias a las que nos estamos refiriendo.

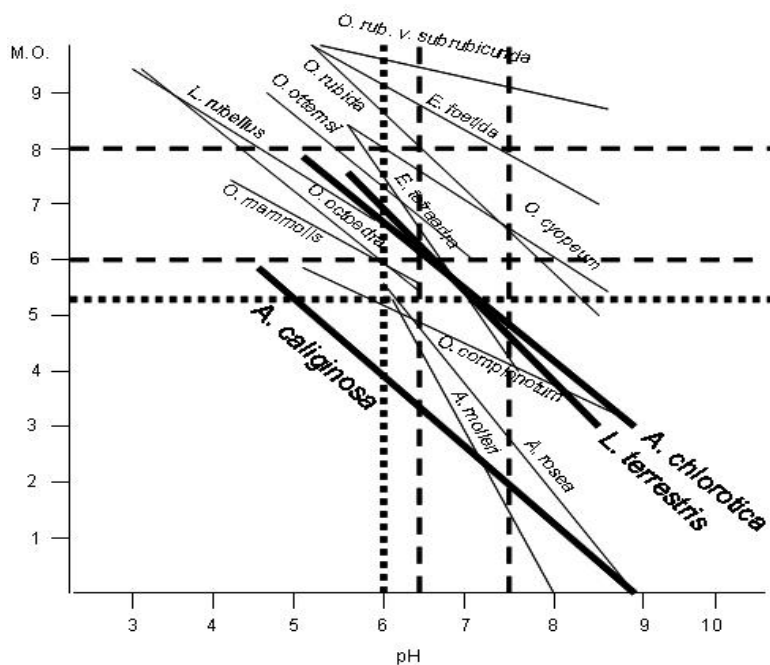


Figura 1: Superposición con líneas discontinuas que representan nuestros datos, a la gráfica de Alvarez (1971), sobre la abundancia de lombrices. Línea discontinua de puntos: valores mínimos de pH y materia orgánica,

Y por último, aún achacándole a la granulometría del suelo un efecto indirecto sobre las lombrices (Curry, 1998), y sin ser capaces, los valores del área de estudio, de discriminar las diferencias encontradas, los valores relativos a la proporción de arena (33-50%) están cercanos a

aquellos (>50%) que hacen que disminuya el número de individuos considerablemente (Alvarez, 1971; Cotton & Curry, 1980b), y en este mismo sentido, los valores relativos a la proporción de arcilla (17-31%) superan los encontrados por Baker et al. (1992) cuyo trabajo correlaciona positivamente valores desde el 5% hasta el 20% con el número de individuos, sugiriendo que, valores mayores podrían generar zonas inundadas y anaerobias en los suelos.

Conclusiones

- En estos prados del Pirineo Central existen dos géneros de lombrices: *Lumbricus* y *Allolobophora*; y dentro de este último dos especies: *A. chlorotica* y *A. caliginosa*.
- El número de lombrices encontrado oscila desde los 105 hasta los 160 individuos por m².
- Tanto la cantidad de lombrices, como el número de especies encontrados, se distribuye de forma heterogénea en los prados estudiados.
- Los parámetros medidos en el suelo: pH, materia orgánica, Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Carbono, Relación Carbono/Nitrógeno, proporción de arena, proporción de limos gruesos, proporción de limos finos, proporción de arcillas y proporción de la suma de limos finos más arcillas no aportan información suficiente para explicar las diferencias ligadas a la heterogeneidad hallada relativa a la distribución de individuos y especies.

Bibliografía

ALONSO, M.I., 1994. *Estudio ecológico y valoración de un sistema pastoral de la montaña de León*. Universidad de León. Facultad de Biología, León, Castilla y León (Spain).

ALVAREZ, J., 1971. *Los Oligoquetos terrícolas de la Península Ibérica*. Serie A, 149. Doctoral Thesis. Publicaciones de la Facultad de Ciencias. 196 pp. Madrid (Spain).

BADÍA, D.; MARTÍ, C., 1999. *Suelos del Pirineo Central: Fragen*. INIA, UZ, CPNA & IEA, Huesca, Aragón (Spain).

BAKER, G.; BUCKERFIELD, J.; GREY-GARDINER, R.; MERRY, R.; DOUBE, B., 1992. The abundance and diversity of earthworms in pasture soils in the Fleurieu peninsula, South Australia. *Soil Biology and Biochemistry*, **24**, 1389-1395.

BOUCHÉ, M.B., 1972. *Lombriciens de France: Écologie et Systématique*. Institut National de la Recherche Agronomique, Paris (France).

BREMNER, J.M.; MULVANEY, C.S., 1982. Nitrogen total. In: *Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties*, 621-622. Eds. A.L. PAGE; R.H. MILLER; D.R. KENNEY. American Society of Agronomy & Soil Science Society of America. Madison, Wisconsin (USA).

COTTON, D.C.F.; CURRY, J.P., 1980a. The effects of cattle and pig slurry fertilizers on earthworms (Oligochaeta, Lumbricidae) in grassland managed for silage production. *Pedobiologia*, **20**, 181-188.

COTTON, D.C.F.; CURRY, J.P., 1980b. The response of earthworm populations (Oligochaeta, Lumbricidae) to high applications of pig slurry. *Pedobiologia*, **20**, 189-196.

CURRY, J.P., 1976. Some effects of animal manures on earthworms in grassland. *Pedobiologia*, **16**, 425-438.

CURRY, J.P., 1998. Factors Affecting Earthworm Abundance in Soils. In: *Earthworm Ecology*, 37-64. Ed. C.A. EDWARDS. St. Lucie Press. New York (USA).

CURRY, J.P.; BYRNE, D.; BOYLE, K.E., 1995. The earthworm population of a winter cereal field and its effects on soil and nitrogen turnover. *Biology and Fertility of Soils*, **19**, 166-172.

DÍAZ-COSÍN, D.J.; TRIGO, D.; MASCATO, R., 1992. Earthworms of the iberian peninsula. Species list and some biogeographical considerations. *Soil Biology and Biochemistry*, **24(12)**, 1351-1356.

DUCHAUFOR, P., 1975. *Manual de Edafología*. Editorial Toray-Masson, 476 pp. Barcelona (Spain).

EDWARDS, C.A.; LOFTY, J.R., 1982. Nitrogenous fertilizers and earthworm populations in agricultural soils. *Soil Biology and Biochemistry*, **14**, 515-521.

GEE, G.W.; BAUDER, J.W., 1986. Particle-size analysis. In: *Methods of Soil Analysis. Part 1. Physical and Mineralogical Methods*, 383-411. Ed. A. KLUTE. American Society of Agronomy & Soil Science Society of America. Madison, Wisconsin (USA).

GUTIÁN-OJEA, F.; CARBALLAS, T., 1976. *Técnicas de análisis de suelos*. Editorial Pico Sacro, 288 pp. Santiago de Compostela (Spain).

HENDRIX, P.F.; MUELLER, B.R.; BRUCE, R.R.; LANGDALE, G.W.; PARMELEE, R.W., 1992. Abundance and distribution of earthworms in relation to landscape factors on the Georgia Piedmont, USA. *Soil Biology and Biochemistry*, **24**, 1357-1361.

HURLBERT, S.H., 1984. Pseudoreplication and the Design of Ecological Field Experiments. *Ecological Monographs*, **54(2)**, 187-211.

LAVELLE, P., 1983. The structure of earthworm communities. In: *Earthworm Ecology from Darwin to Vermiculture*, 449-466. Ed. J.E. SATCHELL. Chapman & Hall. London (UK).

LAVELLE, P.; BAROIS, I.; MARTIN, A.; ZAIDI, Z.; SCHAEFER, R., 1989. Management of earthworm populations in agroecosystems: A possible way to maintain soil quality? In: *Ecology of Arable Land. Perspectives and Challenges*, 109-122. Eds. M. CLARHOLM; L. BERGSTRÖM. Kluwer. Dordrecht, South Holland (The Netherlands).

OLSEN, S.R.; SOMMERS, L.E., 1982. Phosphorus. In: *Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties*, 403-430. Eds. A.L. PAGE; R.H. MILLER; D.R. KENNEY. American Society of Agronomy & Soil Science Society of America. Madison, Wisconsin (USA).

PORTA, J., 1986. *Técnicas y experimentos en edafología*. Col·legi Oficial d'Enginyers Agrònoms de Catalunya, Lleida, Catalunya (Spain).

PRINCE, A.L., 1955. Methods of Soil Analysis. In: *Chemistry of the Soil*, 330-331. Ed. F.E. BEAR. Reinhold Publishing Corporation. New York (USA).

REINÉ, R.; CHOCARRO, C.; FILLAT, F., 2004. Soil seed bank and management regimes of semi-natural mountain meadow communities. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, **104(3)**, 567-575.

ROSA, D., 1893. Catalogo e distribuzione geografica dei Lumbricidi. *Bolletino Dei Musei Di Zoologia Ed Anatomia Comparata Della Universita Di Torino*, **8**, 1-5.

SAS, 2004. *SAS/STAT 9.1 User's Guide, Volumes 1-7*. SAS Institute Inc., Cary, North Carolina (USA).

SATCHELL, J.E., 1967. Lumbricidae. In: *Soil Biology*, 259-322. Eds. A. BURGESS; F. RAW. Academic Press. London (UK).

IDENTIFICATION AND DISTRIBUTION OF EARTHWORMS IN PYRENEAN MEADOWS: DISCRIMINATION THROUGH SOIL PARAMETERS

Summary

Taking into account benefits caused by earthworm's activity on the productivity of mountain meadows, the aims of the present work are: (a) to determine the number of earthworm's genera present; (b) to estimate their density and (c) to test the hypothesis that the earthworm's number is related with soil characteristics. Two earthworm's genera were identified: *Lumbricus* and *Allolobophora* and two species inside the last one: *A. chlorotica* and *A. caliginosa*. The number of earthworms found varies between 105 and 160 individuals per m². A heterogeneous distribution exists in the individual number and also in the species found. Measured soil parameters were: pH, organic matter, Nitrogen, Phosphorous, Potassium, Carbon, Carbon/Nitrogen relationship, sand ratio, thick loam ratio, fine loam ratio, clay ratio, and ratio of fine loam plus clay. All of these measurements do not supply enough information to explain the differences related with heterogeneous distribution of species and individuals.

Key words: Annelids, Oligochaetes, Nitrogen, Grasslands, Mountain.

VALORACIÓN DE LOS PASTOS NATURALES DE LA COMUNIDAD DE MADRID

IGNACIO BARBEITO¹, SONIA ROIG¹, ISABEL CAÑELLAS¹, ALFONSO SAN MIGUEL²

1. CIFOR-INIA. Ctra. A Coruña km 7.5 28040 Madrid.

2. Dpto. de Silvopascicultura, Universidad Politécnica de Madrid, 28040 Madrid.

barbeito@inia.es

Resumen

La presente comunicación se enmarca en el ámbito del proyecto “Tipificación, Cartografía y Evaluación de los Pastos Españoles” (INIA-CCAA OTOO-037-C17). A partir de la tipificación de los pastos llevada a cabo previamente dentro de este mismo estudio, donde se establecían los principales tipos de pastos naturales presentes en la Comunidad de Madrid al nivel fitosociológico de asociación, se recogieron inventarios de estas asociaciones realizados previamente por distintos autores en las últimas décadas y recogidos de forma dispersa en diversas publicaciones científicas. Partiendo de estos inventarios, se establecieron inventarios-tipo de las principales asociaciones de pastos naturales presentes en la Comunidad de Madrid, con las especies más abundantes y sus índices de abundancia-dominancia. A partir de la frecuencia específica de cada especie dada por los índices de abundancia-dominancia se obtuvo la contribución específica porcentual de cada especie llevada al 100%. Posteriormente, se calculó el Valor Pastoral para cada una de las asociaciones siguiendo la metodología descrita por Daget y Poissonet (1972). Se comparan los valores pastorales con los obtenidos previamente por otros autores y se estima a partir de los mismos la producción de pastos en Unidades Forrajeras, teniendo en cuenta las estaciones productivas de los pastos de cada asociación.

Palabras clave: asociación, inventarios-tipo, valor pastoral, unidades forrajeras.

Introducción

A pesar de que los estudios en los que se recogen inventarios fitosociológicos de los pastos naturales de la Comunidad de Madrid son muy numerosos, esta información se halla dispersa en múltiples publicaciones y no existe ningún trabajo que suponga una síntesis de todos los principales tipos de pastos presentes en esta Comunidad desde un punto de vista de su calidad. Por este motivo la valoración de los pastos naturales, a partir de la tipificación previa de los mismos, es uno de los objetivos que se persiguen dentro del proyecto “Tipificación, Cartografía y Evaluación de los Pastos Españoles” (INIA-CCAA OTOO-037-C17) para la Comunidad de Madrid. Para la valoración de los pastos se escogió el método del Valor Pastoral, por ser la metodología más empleada actualmente. El valor pastoral oscila teóricamente entre 0 y 100, y es una medida empírica de la calidad de los recursos pascícolas basada en la productividad, digestibilidad y atracción que ejerce cada especie de pasto resumida en un único índice de calidad (Daget & Poissonet, 1971). El valor pastoral nos permite obtener un valor relativo para comparar distintas asociaciones de pastos. Este valor puede ser de gran utilidad para llevar a cabo una gestión sostenible de los mismos.

Materiales y Métodos

Se recopilaron cerca de 100 inventarios de las principales asociaciones de pastos naturales que habían sido previamente descritas en una fase anterior de tipificación. Estos inventarios estaban contenidos de forma dispersa en bibliografía de carácter fitosociológico de las últimas décadas. A partir de estos datos se establecieron inventarios-tipo para cada una de dichas unidades fitosociológicas (Tabla 1). Se intentó escoger en todos los casos inventarios en los que no apareciesen especies diferenciales de subasociación y que estuviesen realizados en la Comunidad de Madrid. En algún caso, y para alguna asociación para la que no se encontró un inventario dentro de esta Comunidad, fue necesario extrapolar los datos de inventarios tomados en provincias limítrofes a la de Madrid (Fuente, 1985; Sánchez-Mata, 1986) y situados en condiciones ecológicas muy similares. Para cada uno de estos inventarios-tipo se calculó su Valor Pastoral (VP) según la metodología descrita por Daget y Poissonet (1972) y ya comprobada (Amella y Ferrer, 1979). Las frecuencias específicas (IF) de los inventarios vienen representadas por los grados de abundancia-dominancia de Braun-Blanquet (1928): + = 0.5%, 1=5%, 2=17,5%, 3=37,5%, 4= 62,5%, 5=87,5%. Dado que esta suma de porcentajes no suele resultar el 100%, la contribución específica de cada especie se divide por ($\frac{IF}{100}$). El índice específico asignado a cada especie es establecido por consenso entre especialistas, según valor nutritivo, digestibilidad, apetecibilidad y productividad. A partir de este VP puede obtenerse fácilmente una estimación de la oferta energética de los pastos en Unidades Forrajeras (UF ha⁻¹) utilizando la ecuación $UF\ ha^{-1} = \text{Periodo vegetativo (meses)} / 12 * 60 * VP$ (Ascaso & Sancho, 1999).

Resultados y Discusión

En la Tabla 1 se presentan como ejemplo de la metodología seguida y de los resultados obtenidos, el inventario-tipo de la asociación *Hieracio myriadeni-Festucetum curvifoliae* perteneciente a la clase *Festucetea-Indigestae* y el cálculo del valor pastoral de esta asociación.

Tabla 1. Inventario-tipo y cálculo del valor pastoral de la Asociación *Hieracio myriadeni-Festucetum curvifoliae* (Rivas-Martínez, 1964), perteneciente a la clase *Festucetea Indigestae*. Localidad: Cabezas de Hierro, altitud: 2050m, exposición: N, cobertura: 80%. IF= índice de abundancia-dominancia, Cs=contribución específica en % recubrimiento, Is=índice específico.

<i>Hieracio myriadeni-Festucetum curvifoliae</i>	IF	Cs	Is	Cs x Is
Especies Características				
<i>Agrostis castellana</i>	1	3.32	1	3.32
<i>Agrostis trunculata</i>	+	0.328	1	0.328
<i>Arenaria querioides</i>	1	3.32	0	0
<i>Armeria caespitosa</i>	+	0.328	0	0
<i>Corynephorus canescens</i>	+	0.328	1	0.328
<i>Festuca costei</i>	1	3.32	2	6.64
<i>Festuca curvifolia</i>	3	24.896	1	24.896
<i>Halimium viscosum</i>	+	0.328	0	0
<i>Hieracium castellanum</i>	1	3.32	1	3.32
<i>Jasione sessiliflora</i>	+	0.328	0	0
<i>Jurinea humilis</i>	2	11.616	0	0
<i>Koeleria crassipes</i>	1	3.32	1	3.32
<i>Leontodon bourgaeanus</i>	+	0.328	0	0
<i>Leucantheropsis pallida</i>	+	0.328	0	0
<i>Lotus carpetanus</i>	+	0.328	3	0.984
<i>Plantago lanceolata</i>	+	0.328	1	0.328
<i>Plantago radicata</i>	2	11.616	1	11.616
<i>Thymus bracteatus</i>	2	11.616	0	0
Especies Compañeras				
<i>Helianthemum apenninum</i>	+	0.328	0	0
<i>Linaria elegans</i>	+	0.328	0	0
? (CsxIs)				55.08
VP=0,2? (CsxIs)		11.016		

Los valores pastorales obtenidos para los pastos naturales en este trabajo son similares a los hallados en otros estudios previamente realizados en la Comunidad de Madrid (Rodríguez-Rojo,2003; Roig,1999) debiéndose las diferencias principalmente a la elección de unos índices específicos distintos, que llevan a la obtención de valores algo diferentes. Dentro de los resultados obtenidos, algunos de los cuales se presentan en la Fig.1 a nivel de clase, se observan grandes diferencias en los valores pastorales a lo largo de la Comunidad de Madrid, que oscilan entre máximos por encima de 70 y mínimos por debajo de 10 a nivel de asociación.

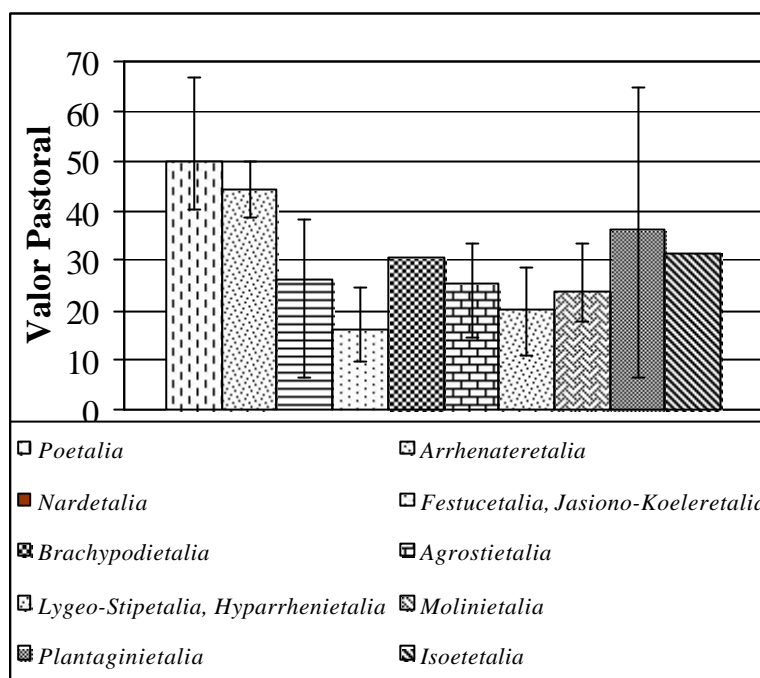


Figura 1. Valor Pastoral (VP) de algunos de los órdenes de mayor interés pascícola presentes en la Comunidad de Madrid. El VP medio viene representado por las columnas y las líneas verticales representan la desviación por exceso y por defecto dentro de cada orden en los casos en los que existe más de una asociación.

De los valores obtenidos (Fig.1) se puede concluir que las comunidades con un valor pastoral mayor son aquellas sometidas a un intenso aprovechamiento, bien a diente o por siega: los majadales de *Poetalia* y los prados de *Arrhenatheretalia*. Este valor se debe a una cobertura total del suelo y a la alta calidad bromatológica de las especies que los componen, que por tanto tienen índices específicos muy elevados. Los juncuales y prados húmedos de *Molinietaia* presentan un valor pastoral medio, e inferior a los prados de *Arrhenatheretalia*. Esto es debido a que aunque también suelen tener una cobertura completa del suelo y también se encuentran verdes en verano, en ellos existe un mayor dominio de gramíneas y una abundancia menor de leguminosas. Como consecuencia del sobrepastoreo de las comunidades de *Arrhenatheretalia* y *Molinietaia*, aparecen los prados nitrófilos de *Plantaginietaia*. Estos pastos tienen un valor pastoral medio bastante alto ya que poseen gramíneas de alta calidad como *Lolium perennis*, *Agrostis stolonifera* o *Festuca rothmaleri* y también son características de los mismos leguminosas con alto valor bromatológico como *Trifolium fragiferum* o *Trifolium pratense*. Dentro de este tipo de prados destacan por tener un interés pastoral elevadísimo los gramales, que son pastos densos, generalmente verdes en verano, cuyo valor pastoral es uno de los más altos obtenidos para el conjunto de todas las asociaciones estudiadas. Los pastos de puerto de *Festucetalia* y los cervunales de *Nardetalia*, tienen un valor pastoral relativamente alto. La calidad bromatológica y la palatabilidad de las especies que los constituyen es baja, pero sin embargo representan estiveros con alimento verde dentro del entorno mediterráneo en el que

se encuentran. Los pastos de *Brachypodietalia* presentan un valor pastoral relativamente alto debido a la aceptable representación de leguminosas en los mismos y a la alta densidad de su tapiz herbáceo. Sin embargo, la mayoría de las especies que componen estos pastos son duras y con un elevado contenido en fibra, por lo que su calidad bromatológica es baja. Los pastos de *Lygeo-Stipetea* y de *Stipo-Agrostietea* están dominados también por gramíneas xerófilas duras y bastas como *Stipa gigantea* o *Stipa tenacissima*, con índices específicos muy bajos, y además presentan escasez de leguminosas, por lo que su valor pastoral es algo inferior al de los pastos de *Brachypodietalia*. En las clase *Helianthemetea guttati* al igual que en *Molinio-Arrhenatheretea* hay una gran disparidad entre los valores pastorales, dentro de la clase e incluso dentro de un mismo orden. Esto se debe a la gran diversidad de condiciones ecológicas y a las enormes diferencias florísticas entre las comunidades que los constituyen. En el caso de los pastizales terofíticos de *Helianthemetea*, se presentan grandes oscilaciones del valor pastoral según el tipo de suelo y la composición florística, siendo muy bajo en las comunidades sobre arenales y en las presididas por crasuláceas y nanoterófitos de poca cobertura. Los bonales de *Isoetalia*, se establecen sobre suelos más desarrollados que los anteriores, y su interés pastoral reside en su fenología primaveral tardía en un momento en el que el resto de los pastos están agostados. La alianza presente en la Comunidad de Madrid está dominada por la gramínea *Agrostis salmantica*, con un índice específico notable, lo que confiere a estos pastizales un valor pastoral bastante elevado. Por último también hay que destacar que al tener las comunidades pascícolas un carácter dinámico, en algunos casos aparecen en las asociaciones de las que se realizan los inventarios especies de transición a otra comunidad herbácea más evolucionada como pueden ser los majadales, lo cual conlleva un mayor índice específico de algunas especie y por consiguiente un valor pastoral algo más alto de lo que cabría esperar.

Tabla 2. Referencias bibliográficas de los inventarios- tipo seleccionados para cada una de las

Asociacion	Referencia bibliografica del inventario
<i>Sedo lagascae-Eriophoretum latifolii</i> <i>Deschampsio hispanicae-Juncetum effuse</i> <i>Lolio perennis-Plantaginetum majoris</i> <i>Sanguisorbo lateriflorae-Deschampsietum hispanicae</i> <i>Trifolio resupinati-Holoschoenetum</i> <i>Mentho suaveolentis-Juncetum inflexi</i> <i>Trifolio fragiferi-Cynodontetum dactyli</i>	FERNANDEZ-GONZALEZ, F. 1988. Estudio florístico y fitosociológico del Valle del Paular (Madrid). Memoria doctoral. Fac. Biología. Universidad Complutense 759 p. Madrid.
<i>Poetea bulbosae-Trifolietum subterranei</i>	GALAN DE MERA, A., MORALES ALONSO, R., VICENTE ORELLANA, J.A. 2000. Pasture communities linked to ovine stock. A sinthesis of the Poetea bulbosae class in the western Mediterranean Region. Phytocoenologia 246-249.
<i>Sedetum caespitoso-arenarii</i>	DE LA FUENTE, V. 1985. Vegetación orófila del occidente de la provincia de Guadalajara. <i>Lazaroa</i> , 8: 123-129.
<i>Chaenorhino reyesii-Campanuletum fastigiatae</i>	IZCO, J. 1974. Pastizales terofíticos de la provincia de Madrid: Thero-Brachypodion y Sedo Ctenopsion. <i>Anales Inst. Bot. Cavanilles</i> 31(1): 209-224
<i>Bupleuro baldensis-Arenarietum ciliaris</i> <i>Ctenopsis gypsophillae-Linarietum amethysteae</i>	IZCO, J., MOLINA, A., FERNANDEZ-GONZALEZ, F. 1986. Pastizales nanerofíticos mediterráneos: Thero-Brachypodion y Sedo Ctenopsion II. <i>Ecología Mediterranea</i> Tome XII (Fascicule 3-4).
<i>Arrhenathero erianthi-Stipetum tenacissimae</i> <i>Phlomidio lychnitidis-Brachypodietum ramosi</i> <i>Dactylo hispanicae-Lygeetum sparti</i> <i>Dauco crinitii-Hyparrhenietum sinaicae</i> <i>Elytrigio campestris-Brachypodietum phoenicoidis</i> <i>Trifolio cherleri-Plantaginetum bellardii</i> <i>Saxifrago tridactylitae-Hornungietum petraeae</i> <i>Brachypapio dichotomy-Callipeltetum cucullari</i> <i>Poo bulbosae- Astragaletum sesamei</i> <i>Melico magnolii-Stipetum giganteae</i> <i>Holoschoenetum vulgare</i> <i>Holoschoeno-Juncetum acuti</i> <i>Chamaelo fuscati-Sedetum andegavensis</i>	LAORGA SANCHEZ, S. Estudio de la Flora y Vegetación de las comarcas toledanas del tramo central de la cuenca del Tajo. Memoria doctoral. Fac. Farmacia Universidad Complutense. 449 p. Madrid
<i>Carici pallescens-Luzuletum multiflorae</i> <i>Bromo commutati-Polygonetum bistortae</i>	MAYOR, M., DIAZ, T.E., NAVARRO, F., MARTINEZ, G., ANDRES, J. 1975. Los pastizales del Sistema Central. Nota 1: Somosierra, Ayllón y Pelá. <i>Rev. Fac. Ci. Oviedo</i> 15(2)/16:283-322.
<i>Pulicario uliginosae-Agrostietum salmanticae</i>	RIVAS-GODAY & al. 1955. <i>Anales Inst. Bot. Cavanilles</i> 13, 335-442.
<i>Paronychio cymosae-Pterocephaletum diandri</i> <i>Briseto ovati-Agrostietum truncatulae</i> <i>Sedo caespitose-Tillaeetum muscosae</i> <i>Hieracio myriadeni-Festucetum curvifoliae</i> <i>Caricetum echinato nigrae</i>	RIVAS-GODAY. S. 1958. Nuevos órdenes v alianzas de <i>Helianthemetea annua</i> Br.BI. <i>Anales Inst. Bot. Cavanilles</i> 15: 539-651. RIVAS-MARTINEZ, S. 1964: Estudio de la vegetación y flora de las Sierras de Guadarrama y Gredos. <i>Anales Inst. Bot. Cavanilles</i> 21(1): 1-352

asociaciones para las que se ha calculado el valor pastoral.

Asociacion	Referencia bibliografica del inventario
<i>Bromo tectori-Stipetum capensis</i> <i>Medicagini rigidulae-Aegilopetum geniculatae</i> <i>Trifolio cherleri-Taeniatheretum capitis-medusae</i> <i>Papaveri argemones-Sisymbrietm contorti</i> <i>Rhynchosinapio hispidae-Brassicetum barrelieri</i>	RIVAS-MARTINEZ, S & IZCO, J. 1977. Sobre la vegetación terofítica subnitrófila mediterránea (Brometalia Rubenti-Tectori). Anales Inst. Bot. Cavanilles 34 (1): 355-381
<i>Gaudinio fragilis-Agrostietum castellanae</i>	RIVAS-MARTINEZ, S & BELMONTE, D. 1985. Sobre el orden <i>Agrostietalia castellanae</i> Lazaroa 8: 417-419.
<i>Evaco carpetanae-Sedetum andegavensis</i> <i>Polytricho piliferi-Sedetum pedicellati</i> <i>Loeflingio hispanicae-Malcomietum patulae</i> <i>Arrhenathero baetici-Stipetum giganteae</i> <i>Festuco amplae-Poetum bulbosae</i>	RIVAS-MARTINEZ, S.; FERNANDEZ-GONZALEZ, F. & SANCHEZ-MATA, D. 1986. Datos sobre la vegetación del Sistema Central y Sierra Nevada. Opusc. Bot. Pharm Complutensis 2: 3-136.
<i>Hieracio castellani-Festucetum curvifoliae</i>	RIVAS-MARTINEZ, S & CANTO, P. 1987. Datos sobre la vegetación de las Sierras de Guadarrama y Malagón. Itinera Geobotanica 14: 5-341 (2001).
<i>Allietum latiorifolii</i> <i>Festuco rothmaleri-Juncetum squarrosi</i> <i>Hispidello hispanicae-Tuberarietum guttatae</i>	RIVAS-MARTINEZ, S., FERNANDEZ-GONZALEZ, F., SANCHEZ-MATA, D., PIZARRO, J. 1990. Vegetación de la Sierra de Guadarrama. Itinera Geobotanica 4: 3-132.
<i>Agrostio-Stipion giganteae</i> <i>Centaureo ornatae-Stipetum lagascae</i>	RIVAS-MARTINEZ, S & F.FERNANDEZ-GONZALEZ. 1991. Validating the alliance <i>Agrostio-Stipion giganteae</i> . Lazaroa 12: 383-386.
<i>Holcetum gayani</i> <i>Ctenopsietum delicatulae</i> <i>Campanulo herminii-Festucetum rivularis</i>	RIVAS-MARTINEZ et al. 2002. Itinera Geobotánica. 15(1): 5-432
<i>Festuco amplae-Agrostietum castellanae</i> <i>Armerio segoviensis-Arrhenatheretum bulbosi</i> <i>Festuco amplae-Cynosuretum cristati</i> <i>Hyperico undulati-Junetum acutiflori</i> <i>Trifolio resupinati-Caricetum chaetophyllae</i>	RODRIGUEZ-ROJO, M.P. 2003. Modelización y patrones de diversidad de las fitocenosis orófilas de interés pascícola en el Sistema Central ibérico. Memoria doctoral Fac. de Farmacia. Universidad Complutense. 228 p+anexo. Madrid
<i>Anthoxantho aristati-Micropyretum patentis</i>	SANCHEZ MATA, D. Flora y Vegetación del Macizo Oriental de La Sierra de Gredos (Avila)1986. Institución Gran Duque de Alba.

Incluso en la Comunidad de Madrid, donde el sector ganadero no tiene el peso que llega a tener en otros territorios, existe la necesidad de una gestión de los recursos pascícolas, tanto de sus producciones como de sus servicios, adecuada a cada tipo de pasto, que permita fijar la carga animal óptima en cada área. El valor pastoral puede constituir una herramienta más a la hora de tomar decisiones como potenciar la producción de las zonas más rentables o bien compatibilizar el uso ganadero con otros aspectos como puede ser la conservación de la biodiversidad (Tonioli et al, 2004) o la protección de las masas forestales, favoreciendo la regeneración de las masas naturales y evitando daños a las repoblaciones forestales.

Bibliografía

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, 10pp. Zaragoza (España).

ASCASO, J; SANCHO, J.V; 1999. Valoración forrajera y explotación ganadera de los pastos de puerto del Alto Esera. Ed. Institución Fernando el Católico (CSIC), 133 pp. Zaragoza.

BRAUN-BLANQUET, J. 1928. Pflanzensoziologie, grundzüge der vegetationskunde. Springer, Berlín.

DÂGET, PH. & POISSONET, J. Une méthode d'analyse phytologique des prairies, critères d'application. Annales Agronomiques, 22 (1) : 5-41.

DÂGET, PH. & POISSONET, J. 1972. Un procédé d'estimation de la valeur pastorale des pâturages. *Fourrages* 49: 31-40.

FUENTE, V. DE LA. 1985. Vegetación orófila del occidente de la provincia de Guadalajara. *Lazaroa* 8: 123-129.

RIVAS-MARTÍNEZ, S. 1964. Esquema de la vegetación potencial y su correspondencia con los suelos en la España Peninsular. *Anales Inst. Bot. Cavanilles* 22: 343-404.

RODRÍGUEZ-ROJO, M.P. 2003. Modelización y patrones de diversidad de las fitocenosis orófilas de interés pascícola en el Sistema Central ibérico. Memoria doctoral. Fac. Farmacia. Universidad Complutense. 228 p+anexo. Madrid.

ROIG, S. 1999. Caracterización edáfica de los principales pastizales naturales del Valle del Paular. Memoria doctoral. E.T.S. Ingenieros de Montes. Madrid.

SAN MIGUEL, A. *Pastos Naturales Españoles*. 2001. Fundación Conde del Valle de Salazar. Madrid.

SÁNCHEZ MATA, D. 1986. *Flora y Vegetación del Macizo Oriental de La Sierra de Gredos (Ávila)*. Publ. Inst. Gran Duque de Alba n. 25. 444 p. Ávila.

TONIOLI, M; CINTI, F; GRANDI, S; PICCAGLIA, R; UBALDI, D; SPERANZA, M. 2004. Grazing value of grassland communities in Apennine protected areas (Italy). Proceedings of the 20th General Meeting of the European Grassland Federation, Luzern, Switzerland, 21-24 June 2004, 2004, 204-206

Agradecimientos

A Maria Pilar Rodríguez Rojo y a Daniel Sánchez-Mata de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, sin cuya colaboración este trabajo no habría sido posible.

Abstract

This work was settled in the context of the project "Characterization, cartography and evaluation of Spanish pastures" (INIA-CCAA OTOO-037-C17). In the first step of characterization, the main natural pasture communities existing in Comunidad de Madrid were set up and described. Pasture inventories previously done by several authors and written in different scientific publications in these last decades were collected. Based on these inventories, type-inventories of the main natural pastures associations were established. Starting with the specific frequency of each species given by the abundance-dominance indexes, the percentual specific contribution of each species was calculated. Afterwards, Pastoral Value was calculated for each of these associations following Daget and Poissonet methodology (1972). Pastoral values obtained in this work were compared with those obtained previously by other authors, and pastures production in Forage Units was estimated, taking into account each association's productive seasons.

Key words : phytosociological association, type-inventories, pastoral value, forage units.

CONTENIDOS DE Zn Y Cu EN ESPECIES DE GRAMÍNEAS DE PASTIZALES Y HERBAZALES DESARROLLADOS SOBRE SUELOS EROSIONADOS Y CONTAMINADOS DE MADRID

JESÚS PASTOR¹ & ANA JESÚS HERNÁNDEZ²

¹ Centro de Ciencias Medioambientales, CSIC Madrid. E-mail: jpastor@ccma.csic.es

² Dpto. de Ecología, Universidad de Alcalá (Madrid). E-mail: anaj.hernandez@uah.es

Resumen

La provincia de Madrid ha venido sufriendo un progresivo y creciente impacto sobre sus ecosistemas naturales y agroecosistemas. Todo ello ha llevado a la existencia de suelos con problemas de erosión, compactación, salinización y contaminación por compuestos orgánicos y metales pesados. En relación con estos últimos un informe de la CAM señaló que los principales metales encontrados en los suelos contaminados de Madrid eran Zn y Cu. Por ello, con miras a obtener pautas para la revegetación y remediación de los suelos que presenten estos problemas, hemos recogido unas 600 muestras de especies de gramíneas pertenecientes a más de 23 géneros, así como de los suelos en las que crecen, tanto en ecosistemas degradados de diferente índole, como en los pastizales seminaturales que nos van a servir de referencia para el estudio. En este trabajo se exponen los resultados obtenidos para 35 gramíneas en relación a los niveles que tienen de Zn y Cu en las partes aéreas.

Introducción

En la actualidad, cantidades importantes de suelos se encuentran contaminados por metales pesados en España, Europa y resto del mundo, como consecuencia de la existencia de antiguos vertederos de residuos, adición de lodos, diferentes actividades industriales y explotaciones mineras actuales y abandonadas, e incluso por causas naturales, como es el afloramiento en superficie de rocas que contienen metales pesados que posteriormente pasan al suelo como consecuencia de la erosión. Dichos suelos necesitan ser recuperados y revegetados por diferentes medios (Jordan 1987, Hester and Harrison 1997, McCutcheon 2003). Este tema suscita un interés creciente (López-Arias y Grau, 2005), y va a exigir un esfuerzo por las autoridades españolas en los próximos años, como consecuencia de las nuevas directivas sobre protección de suelos, emanadas de la UE (Directiva 2004/35/EC).

En línea de continuidad con trabajos anteriores, pretendemos conocer la posibilidad de utilizar especies de gramíneas en la revegetación y/o descontaminación de suelos afectados por antiguas actividades mineras o vertidos de residuos urbanos e industriales (caso de los vertederos sellados); así como por la erosión natural de materiales originarios ricos en metales. La decisión se fundamenta en que diferentes especies silvestres de esta familia botánica, reputada por ser una de las que presenta mayor número de especies tolerantes o acumuladoras de metales pesados, se encuentran entre las más frecuentes y abundantes entre las halladas en los diferentes escenarios concernidos (Pastor y Hernández, 2002), aunque éstos presenten altas concentraciones de metales pesados (Cu, Zn, Cd, Pb y Cr) y, en la mayoría de los casos, con más de uno de estos metales.

Para ser realistas en la gestión de la descontaminación de suelos en los escenarios aludidos anteriormente, pensamos en la posibilidad que pueden tener especies de gramíneas silvestres (anuales y perennes) para ser utilizadas, tanto en técnicas de fitoacumulación o fitoestabilización de metales, como de revegetación. Lógicamente, la primera aproximación a esta investigación radica en el conocimiento de los niveles de dos metales (Zn y Cu), de los que se considera, por este orden, que son los metales pesados más frecuentes en los suelos

contaminados industriales y urbanos del centro de España (M.O.P.T.M.A. 1994), principalmente en la Comunidad de Madrid (CAM, 1998) y en antiguas zonas mineras (González de Tanago, 2002); cómo son acumulados por las partes aéreas de las gramíneas que crecen en estos suelos y, por tanto, conocer su potencialidad para que estas especies puedan ser utilizadas en labores de revegetación y descontaminación de los mismos.

Las hipótesis principales de partida que deseamos comprobar en una investigación, más amplia a la expuesta en este trabajo, son:

- 1) Si nuestro conocimiento de las gramíneas como grupo de la ecología funcional en los sistemas de pastos mediterráneos, puede ponerse al servicio de la descontaminación de suelos afectados por metales pesados (sistemas radiculares, autoecología, ecofisiología de la nutrición mineral, estrategias adaptativas en las etapas sucesionales), y
- 2) Probar si existe una relación entre el comportamiento de los metales pesados de la capa superficial del suelo y la respuesta de especies de gramíneas de las etapas pioneras y maduras de la sucesión ecológica, que pueda permitirnos el reducir el tiempo necesario para la limpieza de suelos con técnicas de fitorremediación.

Materiales y Métodos

a) *Escenarios de estudio.* Los escenarios de estudio seleccionados se sitúan en la Zona Centro Peninsular, especialmente en el Sistema Central, ya que es el área que presenta suelos con un mayor nivel de contaminación por metales pesados, debido a la presencia de antiguas explotaciones mineras, con existencia de diferentes metales en los suelos; pero también corresponden a suelos de antiguos vertederos sellados de carácter mixto (de residuos urbanos e industriales) y algunos suelos agrícolas contaminados, ubicados principalmente, en las zonas centro y sur de la CAM.

Los emplazamientos correspondientes a antiguas minas se sitúan en zonas de Navalagamella, Bustarviejo y Garganta de los Montes, en la provincia de Madrid; Hiendelaencina, en la de Guadalajara y en la cuenca del río Guajaraz, en la provincia de Toledo. Para el estudio de las plantas que crecen en ellos, las hemos agrupado en dos bloques: 1) antiguas minas, fundamentalmente de plata, donde predominan Zn y Pb en los suelos y el contenido de Cu no es muy elevado, y 2) antiguas minas de Cu, en donde este metal alcanza valores elevados, mientras que el Zn se mantiene en niveles discretos.

Tabla 1. Valores medios o rangos de Zn y Cu en el área de estudio y en los escenarios estudiados.

Metales	Granitos y gneis		Sustratos arcóscicos		Calizas y margas		Yesos	
X								
Zn	49,6±16,6		27,7±12,8		31,2±9,8		31,1±19,4	
Cu	8,7±14,8		6,3±3,8		10,1±2,4		9,0±4,7	
	Vertederos	Pastizales	Vertederos	Pastizales	Vertederos	Pastizales	Vertederos	Pastizales
Zn	125,5±69,8	74,0±30,5	83,5±146,0	31,9±9,6	57,5±10,5	31,0±9,0	33,3±5,7	41,0±15,0
Cu	8,7±19,4	0±0	150,9±730,2	18,5±29,8	13,0±11,0	0±0	5,0±5,2	0±0
Metales	rango							
	Minas Zn	Minas Cu						
Zn	170 a 4950	70 a 390						
Cu	0 a 190	80 a 3800						

Los vertederos de residuos urbanos e industriales, sellados en las dos últimas décadas, que se ubican en el territorio corresponden a los antiguos vertederos de Colmenar Viejo, San Lorenzo, El Escorial, Navalcarnero, Móstoles, Villaviciosa de Odón, Alcalá de Henares, Torrejón de Ardoz, Mejorada del Campo, Arganda, La Poveda y Pinto (todos en la Comunidad de Madrid).

b) *Análisis de plantas.* Se han recogido las especies con mayor abundancia en los escenarios aludidos, y fueron analizadas en el laboratorio, según los métodos expuestos en Hernández y Pastor, 1989.

Resultados y Discusión

En la Tabla 1, se expone una panorámica de los contenidos de Cu y Zn de los suelos del área de estudio, obtenidos de nuestros muestreos, apoyada y completada con fuentes bibliográficas (Kabata Pendias, 1993; De Miguel, 2002; Lopez-Arias y Grau, 2005).

Tabla 2. Contenidos medios y máximos de Zn y Cu de las principales especies de gramíneas que crecen en vertederos y suelos antropizados, y contenidos medios de estos metales en los ecosistemas de referencia del entorno.

Especies	Zn		Cu			
	Vertederos y suelos antropizados		Pastizales de referencia	Vertederos y suelos antropizados		Pastizales de referencia
	X ± d.t	V. max	X ± d.t	X ± d.t	V. max	X ± d.t
<i>Aegilops ovata</i>	68,1±29,3	121,0	29,8±8,	0±0	18,0	5,8±6,3
<i>Aegilops triuncialis</i>	55,0±22,2	92,0	31,0±7,9	0±0	7,0	6,7±1,5
<i>Agrostis castellana</i>	29,3	29,3	24,0±6,8	0	0	5,3±1,5
<i>Bromus diandrus</i>	81,0±47,3	179,0	26,1±7,2	2,4±4,4	10,0	9,1±4,2
<i>Bromus hordaceus</i>	72,5±40,2	260,0	17,0±0,6	5,0±14,5	50,0	5,5±0,7
<i>Bromus madritensis</i>	98,0	98,0	32,2±7,3	10,0	10,0	2,0±1,3
<i>Bromus rubens</i>	96,9±50,4	238,0	25,5±5,5	0,6±2,5	10,0	1,0±2,0
<i>Bromus squarrosus</i>	78,5±10,6	86,0	14,0±3,8	1,7±2,9	5,0	-
<i>Cynodon dactylon</i>	96,9±34,1	162,0	45,4±23,6	1,3±4,7	20,0	3,4±1,4
<i>Dactylis glomerata</i>	64,6±21,9	115,0	30,8±5,2	0,0±0,0	0,0	0,0±0,0
<i>Elymus hispanicus</i>	71,7±2,1	69,0	-	3,3±5,8	10,0	0,0±0,0
<i>Elymus repens</i>	51,2±24,7	87,0	18,5±2,1	0,0±0,0	0,0	0,0±0,0
<i>Hordeum murinum</i>	84,1±32,9	199,0	39,0±4,8	0,6±3,2	4,0	1,1±3,3
<i>Lolium rigidum</i>	77,4±43,7	240,0	72,0±36,7	0,5±2,3	11,0	5,4±2,0
<i>Vulpia myuros</i>	10,1±2,1	12,0	26,2±1,7	2,0±1,5	3,0	1,5±0,7

En la Tabla 2, mostramos los contenidos medios y los valores máximos de Zn y Cu, alcanzados en los suelos antropizados y de vertederos, por 14 especies de gramíneas. Los valores medios más elevados de Zn, en dichos suelos, oscilaron de 10,1 en *Vulpia myuros* a 96,9 ppm, que alcanzaron *Bromus rubens* y *Cynodon dactylon*. Los valores máximos fueron 260 ppm en *Bromus hordaceus*, 240 en *Lolium rigidum* y 238 ppm en *Bromus rubens*. En la mayoría de las especies, los contenidos medios de Zn, alcanzados por las especies, en los suelos antropizados, en relación con los obtenidos en los pastizales del entorno (ecosistemas de referencia), duplican generalmente y a veces triplican o cuadruplican y más, los contenidos de las plantas cuando crecen en los pastizales.

En cuanto a los contenidos medios de Cu, oscilaron desde “no detectables” (0) a 10,0 ppm en *B. madritensis*. El valor máximo fue de 50,0 ppm en *B. hordaceus*, y los contenidos de las plantas en los suelos de vertederos, fueron generalmente del mismo orden que en los pastizales.

En la Tabla 3, vemos los valores de los contenidos de Zn en los dos escenarios de antiguas minas.

En aquellas, donde los contenidos de Zn son elevados en muchos puntos, los contenidos medios en las plantas, van desde 87,1 ppm en *Dactylis glomerata*, hasta los 618,0 ppm que alcanza

Vulpia bromoides; si bien existen valores menores y mayores que los mencionados en especies poco muestreadas.

Tabla 3. Contenidos de Zn de las especies de gramíneas, que crecen en las antiguas minas de plata, en las que predomina el Zn y en las antiguas minas de Cu, donde no lo hace.

Especies	Minas con predominio de Zn		Minas con predominio de Cu		Pastizales de referencia
	X ± d.t	V. max	X ± d.t	V. max	X ± d.t
<i>Aegilops triuncialis</i>	-	-	90,8	90,8	27,6±
<i>Agrostis castellana</i>	334,3±263,8	940,0	77,8±62,2	330,0	11,5±1,2
<i>Aira caryophylla</i>	-	-	39,0	39,0	-
<i>Anthoxantum aristatum</i>	-	-	50,0	50,0	23,1±4,3
<i>Arrhenatarum bulbosum</i>	58,0	58,0	38,4±12,7	130,2	28,0
<i>Arrhenaterum elatius</i>	-	-	35,0±21,2	50,0	-
<i>Avena barbata</i>	103,0	103,0	-	-	-
<i>Avena sterilis</i>	-	-	14,2	14,2	-
<i>Bromus diandrus</i>	61,8±	61,8	62,5±33,9	127,0	35,3±8,4
<i>Bromus hordaceus</i>	221,5±	300,0	81,7±64,6	210,0	18,5±6,1
<i>Bromus madritensis</i>	720,0	720,0	-	-	26,0±8,3
<i>Bromus tectorum</i>	229,1±220,5	385,0	54,1±13,8	70,0	46,5±1,6
<i>Corynephorus canescens</i>	-	-	70,8±17,2	94,0	54,1±4,2
<i>Cynodon dactylon</i>	-	-	30,0	30,0	22,8±5,3
<i>Cynosurus cristatus</i>	-	-	37,0	37,0	-
<i>Cynosurus echinatus</i>	-	-	54,4±6,3	56,0	-
<i>Dactylis glomerata</i>	87,1±41,1	115,0	54,6±21,9	86,4	14,1±4,8
<i>Festuca rubra</i>	220,0±89,1	283,0	22,0	22,0	14,6±7,0
<i>Holcus lanatus</i>	-	-	161,9±204,1	540,0	20,4±4,4
<i>Holcus setiglumis</i>	443,2±249,5	954,0	-	-	201,5±6,4
<i>Hordeum murinum</i>	-	-	94,9	94,9	15,9±4,7
<i>Koeleria caudata</i>	-	-	45,0±21,6	71,0	29,0±1,4
<i>Lolium multiflorum</i>	-	-	255,0	-	38,3±5,9
<i>Melica ciliata</i>	200,7±8,0	206,0	24,3	24,3	-
<i>Molineriella laevis</i>	-	-	84,6±37,3	180,0	44,1±4,3
<i>Phleum pratense</i>	-	-	52,2±22,3	68,0	36,2±6,1
<i>Poa bulbosa</i>	260,7	260,7	48,0±6,1	54,2	17,8±3,5
<i>Stipa lagascae</i>	241,8±134,6	377,6	35,9±10,8	47,2	25,6±5,4
<i>Taenatherium caput-medusae</i>	-	-	80,8±62,8	152,0	34,0±3,2
<i>Vulpia bromoides</i>	618,2±387,5	892,0	-	-	15,8±10,1
<i>Vulpia membranacea</i>	-	-	94,3	94,3	-
<i>Vulpia myuros</i>	220,3±175,2	542,0	42,4±17,3	79,1	29,9±5,2

Otra especie con un contenido medio elevado es *Holcus setiglumis* (443,2 ppm), pero son bastantes las especies que superan los 200 ppm. Los valores máximos alcanzados corresponden a 954 ppm de *H. setiglumis*, 940 ppm de *Agrostis castellana* y 896 ppm de *V. bromoides*. En este caso los valores medios de Zn, alcanzados por las gramíneas en las minas de plata, con respecto al alcanzado en los pastizales, si bien a veces duplican los contenidos, en varias ocasiones los multiplican por 10, 20 o más. De Kae et al. (1994), ya señalaron el buen comportamiento de una de estas especies, *Agrostis castellana*, junto con *A. delicatula*, con respecto a los metales pesados en suelos portugueses.

En los suelos de las minas de Cu, se nota, en cambio, la menor presencia de Zn, ya que los contenidos medios oscilan de 35,0 ppm en *Arrhenaterum elatius*, hasta 161,9 ppm en *Holcus lanatus*. Los valores máximos los alcanza también esta especie, 540,0 ppm; seguida de *A. castellana* con 330,0.

H. lanatus es una de las especies de comportamiento interesante con respecto a los metales pesados, por su tolerancia y capacidad acumuladora (Baker et al. 1986; Meharg y MacNair 1991). Finalmente, las diferencias de los contenidos medios en los suelos de minas no de Cu, con relación a los que las plantas muestran en los pastizales, no son muy acusadas; en bastantes casos apenas los duplican.

Tabla 4. Contenidos de Cu de las especies de gramíneas, que crecen en las antiguas minas de Cu, en las que predomina este metal y en las antiguas minas de plata donde no lo hace.

Especies	Minas con predominio de Cu		Minas con predominio de Zn		Pastizales de referencia
	X ± d.t	V. max	X ± d.t	V. max	X ± d.t
<i>Aegilops triuncialis</i>	6,7	6,7	-	-	2,0±2,8
<i>Agrostis castellana</i>	33,3±61,3	278,5	6,1±3,0	12,3	4,9±0,5
<i>Aira caryophyllea</i>	0,8	0,8	-	-	-
<i>Anthoxantum aristatum</i>	0,7	0,7	-	-	0±0
<i>Arrhenatarum bulbosum</i>	35,5±63,2	130,2	0,7	0,7	0±0
<i>Arrhenaterum elatius</i>	1,8±2,6	3,7	-	-	0±0
<i>Avena barbata</i>	-	-	0	-	0
<i>Avena sterilis</i>	7,3	7,3	0±0	0	0±0
<i>Bromus diandrus</i>	8,0±4,3	14,3	17,8	17,8	4,6±3,1
<i>Bromus hordaceus</i>	11,6±19,1	64,4	14,5±3,5	17,0	8,9±1,8
<i>Bromus madritensis</i>	-	-	17,4	17,4	1,3±2,2
<i>Bromus tectorum</i>	9,5±2,0	10,9	9,7±4,7	13,3	6,8±0,6
<i>Corynephorus canescens</i>	388,6±427,2	845,8	-	-	2,2±2,9
<i>Cynodon dactylon</i>	19,2	19,2	-	-	2,3±2,5
<i>Cynosurus cristatus</i>	3,5	3,5	-	-	-
<i>Cynosurus echinatus</i>	7,4±4,4	12,4	-	-	3,1±1,8
<i>Dactylis glomerata</i>	6,5±6,7	13,4	5,9±6,1	16,3	4,9±0,8
<i>Festuca rubra</i>	0,2	0,2	4,5±0,7	5,1	6,0±3,2
<i>Holcus lanatus</i>	13,3±9,0	27	-	-	4,6±1,3
<i>Holcus setiglumis</i>	-	-	8,1±8,4	32,5	2,4
<i>Hordeum murinum</i>	12,6	12,6	-	-	6,7±1,2
<i>Koeleria caudata</i>	4,3±6,9	16,6	-	-	0,6±0,5
<i>Lolium multiflorum</i>	26,9	26,9	-	-	5,5±0,3
<i>Melica ciliata</i>	7,0	7,0	6,0±5,7	10,2	1,9±2,3
<i>Molineriella laevis</i>	36,9±22,5	74,0	-	-	6,1±1,3
<i>Phleum pratense</i>	3,1±2,2	4,6	-	-	1,5±0,8
<i>Poa bulbosa</i>	5,5±3,1	7,7	6,0	6,0	7,8±5,3
<i>Stipa lagascae</i>	12,7±2,8	15,8	11,5±7,7	19,1	-
<i>Taenatherium caput-medusae</i>	4,3±3,2	12,1	-	-	1,5±1,4
<i>Vulpia bromoides</i>	-	-	4,5±2,1	6,0	5,4±1,3
<i>Vulpia myuros</i>	3,3±2,8	10,3	10,7±4,1	15,0	2,6±1,2

En la Tabla 4, vemos los contenidos medios y los valores máximos de Cu en los suelos afectados por la explotación minera. En las minas de Cu los contenidos medios van desde 1,8 ppm en *Arenatherum elatius* hasta 338,6 ppm en *Corynephorus canescens*. El valor máximo,

más elevado, 845,8 ppm se presenta igualmente en esta especie. Otros valores destacados son 278,5 ppm en *A. castellana* y 130,2 ppm en *Arenatherum bulbosum*. Al comparar los contenidos medios de las especies en los suelos mineros y en los de los pastizales, vemos que generalmente, aunque no siempre, son más elevados aunque de forma variable, en los suelos de las minas de Cu, donde este metal predomina. Cuando la incidencia de dicho metal en los suelos es menor, caso de los suelos de las minas de plata, vemos que los contenidos medios van desde 4,5 ppm en *Vulpia bromoides* y *Festuca rubra* hasta 14,5 en *Bromus hordaceus*. Estos valores son del mismo orden u algo más elevados en los suelos de mina que los pastizales de referencia. El valor medio máximo es de 32,5 ppm en *Holcus setiglumis*.

Los resultados nos permiten observar que la mayoría de las especies toleran y no acumulan Cu en la parte aérea. Este metal ha generado suficiente interés (Kluckerberg et al. 1972; Merri et al., 1986; Poschenrieder et al. 2001) y está siendo estudiado, ya que es uno de los metales que resulta más tóxico para las plantas, que suelen retenerlo, por ello, muchas de ellas en las raíces.

Conclusiones

Destacamos en primer lugar, el esperado mejor comportamiento respecto al Zn que respecto al Cu de las especies de gramíneas. Especies como *Agrostis castellana*, *Vulpia bromoides*, *V. myuros*, *Holcus setiglumis* y *H. lanatus*, presentan potencial como plantas tolerantes y posibles acumuladoras de este metal en los suelos de minas. Otras especies, pioneras de la sucesión ecológica, como son las del género *Bromus*, pueden ser interesantes en los suelos antropizados y de vertederos.

Con respecto al Cu, es muy destacable el comportamiento de *Corynephorus canescens*, por su acumulación en la parte aérea, siempre con valores destacables en las muestras recogidas, seguida a considerable distancia por *A. castellana*, *Arenatherum bulbosum* y *Molineriella laevis*. Finalmente, queremos resaltar, el comportamiento de *Dactylis glomerata*, frecuente en estos lugares, por su gran capacidad encespedadora muy positiva para evitar la erosión del suelo, y porque no acumula cantidades importantes de estos metales, que podían ser nocivos para los animales, ya que es una planta muy apetecida por los mismos.

Agradecimientos: Al Proyecto CTM2005-02165/TECNO del MEC y al Programa EIADES de la CAM.

Bibliografía

BAKER, A.J.M.; GRANT C.J.; MARTIN, M.H.; SHAW, S.C.; WHITERBROOK, J., 1986. Induction and loss of cadmium tolerance in *Holcus lanatus* L. and other grasses. *New Phytologist*, **102**: 575-587.

C.A.M.1998. *Inventario y caracterización de suelos contaminados*. Informe técnico, nº ref. 69/98. Técnicas de Protección Ambiental S.A., Madrid.

DE KAE, T., et al. 1994. *Agrostis castellana* and *Agrostis delicatula* on heavy metal and arsenic enriched sites in NE Portugal. *Science of the total environment*, **145 (1-2)**: 103-109.

DE MIGUEL, E. et al. 2002. *Determinación de niveles de fondo y niveles de referencia de metales pesados y otros elementos traza en suelos de la Comunidad de Madrid*. Instituto Geológico y Minero de España. Madrid

GONZÁLEZ DEL TANAGO-CHANRAI, J.; GONZÁLEZ DEL TANAGO-DEL RIO, J. 2002. *Minerales y Minas de Madrid*. Mundi-Prensa.

HERNÁNDEZ A.J., PASTOR J. 1989. Técnicas analíticas para el estudio de las interacciones suelo- planta. *Henares, Rev. Geol.* **3**: 67–102.

HESTER R.E.; HARRISON, R.M. 1997. *Contaminated Land and its Reclamation*. Thomas Telford Publish. London.

JORDAN, W.R., 1987. *Restoration Ecology: a Synthetic Approach to Ecological Research*. Cambridge University Press.

KABATA-PENDIAS, A. 1993. Behavioural properties of trace metals in soils. *Applied Geochemistry. Suppl. Issue.* **2**: 3-9.

KRUCKEBERG, A.L., et al. 1992. Copper tolerance and copper accumulation of herbaceous plants colonizing inactive California copper mines. *Ecotoxicol. Environ. Saf.*, **23**(3): 307-320.

LOPEZ-ARIAS, M.; GRAU, J.M. 2005. *Metales pesados, materia orgánica y otros parámetros de la capa superficial de suelos agrícolas y de pastos en la España peninsular*, INIA

MCCUTCHEON, S. et al. (Eds). 2003. *Phytoremediation: Transformation and Control of Contaminants*. J. Wiley, Hoboken, NJ.

MEHARG, A.A.; MACNAIR, M.R., 1991. Uptake, accumulation, and translocation of arsenate in arsenate-tolerant and non-tolerant *Holcus lanatus* L. *New Phytologist*, **117**: 225-231.

MERRI, R.H., et al. 1986. The effects of contamination of soil with copper, lead and arsenic on the growth and composition of plants. I. Effects of season, genotype, soil temperature and fertilizers. *Plant and Soil*, **91**: 115-129.

M.O.P.T.M.A. 1994. *Inventario Nacional de espacios contaminados*. Fase II. UTE-INITEC-ADARO-COVITECMA .

PASTOR, J.; HERNANDEZ, A.J., 2002. Estudio de suelos de vertederos sellados y de sus especies vegetales espontáneas para la fitorrecuperación de suelos degradados y contaminados del centro de España. *Anales de Biología* **24**: 145-153.

POSCHENRIEDER, C., BECH, J., LLUGANY, M., PACE, A., FENÉS, E., BARCELÓ, J. 2001. Copper in plant species in a copper gradient in Catalonia (North East Spain) and their potential for phytoremediation. *Plant and soil*. **230**: 247-256.

UE 2004. Proposal for a directive of the European Parliament and of the Council establishing a framework for the protection of soil and amending Directive 2004/35/EC. Commission of the European Communities, Brussels.

ZINC AND COPPER CONTENTS DETERMINED IN GRASS SPECIES FROM PASTURES AND GRASSLANDS DEVELOPED ON ERODED AND POLLUTED SOILS IN MADRID

Summary

The Madrid province has suffered constant and ever increasing impacts on its natural and agricultural ecosystems. This has led to soils with problems of erosion, compacting, salinization and pollution by organic compounds and heavy metals. A report by the Madrid Autonomous Community identifies Zn and Cu as the main metal pollutants affecting the soils of Madrid. Thus, to obtain information for future revegetation and remediation plans for these regions, we collected some 600 specimens of grass species representing over 20 genera. Samples were also obtained of the soils in which these species grow both from different degraded ecosystems and from seminatural pastures. These last samples will be used as references for our study. In this paper, we report the results obtained for 50 Gramineae in relation to the Cu and Zn levels detected in the above-ground parts of these plants

Key words: urban waste landfills, silver mines, copper mines, *Agrostis castellana*, *Corynephorus canescens*.

EVALUACIÓN DE LA PRESIÓN GANADERA SOBRE LA VEGETACIÓN DE LA SERRA MAJOR DEL PARQUE NATURAL DE LA SIERRA DEL MONTSANT (CATALUNYA) Y PROPUESTA DE ALTERNATIVAS

NURIA SIMON¹, MARC TAULL¹, PERE CASALS^{1,2}

¹ ÀREA D'ECOLOGIA VEGETAL, CENTRE TECNOLÒGIC FORESTAL DE CATALUNYA. Pujada del Seminari s/n, 25280 - Solsona (Lleida). Telf.: +34 973 481752 Fax: +34 973 481392

² FUNDACIÓN CENTRO DE ESTUDIOS AMBIENTALES DEL MEDITERRÁNEO (CEAM). Parque Tecnológico c/Charles R. Darwin, 14. 46980 Paterna (València).

Resumen

Desde hace unos diez años el parque natural de la Serra del Montsant está pastoreado por un rebaño de 1000-1200 cabras. La necesidad de hacer compatible esta actividad con la conservación del medio y el uso recreativo de la zona han llevado a evaluar el efecto de la presión ganadera sobre la estructura y composición de la vegetación.

Para ello se han muestreado 32 estaciones distribuidas por la sierra y a partir de una serie de indicadores se han categorizado en cinco grados de presión. Un 53% de las estaciones tienen un grado de sobrepastoreo entre alto y muy alto, pero en superficie tan solo representan un 5% del área total gestionada por el Parque Natural. Se constató la existencia de un gradiente altitudinal de la presión ejercida por el ganado, siendo más elevado en las cumbres de la sierra y de menor grado a medida que se descendía hacia las partes bajas de la sierra.

Las medidas recomendadas para reorientar la gestión ganadera fueron reducir la carga ganadera en los puntos más críticos, bien retardando la subida del rebaño a la sierra o bien reduciendo el número de animales que pastan en ella. Así mismo, se han propuesto zonas alternativas de pastoreo a partir de la reconducción de las cabras hacia las zonas más bajas de la sierra mediante la ubicación estratégica de puntos de agua y de sal así como el pastoreo de franjas cortafuegos recientemente abiertos en la periferia del Parque Natural.

Palabras clave

Gestión ganadera, sobrepastoreo, especies indicadoras, palatabilidad, gradiente altitudinal.

Introducción

La diversidad de ecosistemas mediterráneos, resultado de la diversidad de microclimas, se ha enriquecido como consecuencia del aprovechamiento secular de leñas y pastos. En la cuenca mediterránea, los ecosistemas forestales han coevolucionado con perturbaciones de baja intensidad, como el fuego y el pastoreo. De hecho, la reducción de los usos tradicionales del bosque mediterráneo (pastoreo, extracción de leñas, carboneo...) pueden afectar negativamente los bienes y servicios que los sistemas mediterráneos producen. El silvopastoralismo es un instrumento esencial para la gestión sostenible de los bosques mediterráneos desde una perspectiva biológica, social y económica y su futuro pasa previsiblemente por el reconocimiento de su multifuncionalidad (Casals *et al.*, en revisión). No obstante, el pastoreo también puede comportar efectos no deseados sobre distintos componentes de los ecosistemas, como erosión de suelos, impacto sobre el desarrollo de la vegetación, etc.

La alimentación del ganado doméstico en base al pastoreo de árboles y arbustos es fundamental en macizos montañosos del área mediterránea semiárida (Papanastasis *et al.*, 2006), como puede

ser la sierra del Montsant. Desde hace más de un siglo, la sierra del Montsant, actualmente gestionada por el Parque Natural (P.N.), ha sido pastoreada de forma más o menos continuada por diferentes rebaños de ovejas y cabras. En los últimos diez años los recursos silvopastorales de la sierra han sido aprovechados por un único rebaño de unas 1000 cabras, sobretodo durante los meses de verano. La necesidad de hacer compatible esta actividad con la conservación del medio y el uso recreativo de la zona han llevado a la dirección del P.N. a conocer el efecto de esta actividad ganadera sobre la estructura y composición de la vegetación. Así, el presente estudio tiene como objetivos determinar el efecto del pastoreo sobre el estado de la vegetación y proponer medidas de ordenación y gestión de la actividad ganadera en la Serra Major.

Material y métodos

Zona de estudio

La sierra del Montsant forma parte del sistema Litoral Catalán y limita por el sur con los últimos relieves del Sistema Ibérico (Pascual, 2002). Mayoritariamente el macizo está constituido por capas sedimentarias de conglomerados y arcillas. La sierra Major es la alineación principal del Macizo, en forma de altiplano alargado ENE-OSO de unos 9 km de largo por 2 de ancho, a una altitud comprendida entre los 1000 y los 1163 m sobre el nivel del mar. El margen este del altiplano está claramente delimitado por un acantilado, mientras que por el margen contrario desciende en fuerte pendiente hacia el río Montsant. No se dispone de datos climáticos de la parte superior de la sierra; en la base, población de Ulldemolins, a 631 m sobre el nivel del mar, la pluviometría media total anual es de 472 mm (serie: 1997-2002) y la temperatura media anual es de 7,5°C (Pascual, 2002).

Evaluación del grado de presión del pastoreo

El grado de presión del pastoreo se ha evaluado a partir del muestreo de una serie de especies vegetales indicadoras (*Tabla 1*) en 32 estaciones distribuidas a lo largo de la sierra. Estas especies se han escogido por considerarse de buena palatabilidad para las cabras y presentes en toda la Serra del Montsant. En ellas se han valorado características de conformación, dimensiones y estado de desarrollo en referencia a individuos de la misma especie situados en una zona de la sierra sin presencia de las cabras. Algunas de estas características observadas son la altura de la planta, el desarrollo de la copa, la presencia de ramas muertas, abundancia de rebrote, la existencia de una línea de ramoneo en *Quercus ilex*, la conformación pulviniforme, observación de hojas y brotes mordidos, etc. (una revisión extensiva de indicadores posibles se puede consultar en Reimoser *et al.*, 1999). Además de la observación directa sobre las especies indicadoras se han valorado cualitativamente otros parámetros como el número de excrementos, la presencia de círculos excavados en el suelo y realizados por las cabras para su reposo, el número de caminos producidos por el paso continuado del rebaño y la presencia de una especie nitrófila, *Asphodelus* sp.

Tabla 1. Clasificación de las especies vegetales de la Serra del Montsant afectadas por el consumo de las cabras

Muy palatables	Ligeramente palatables*	Poco palatables**
<i>Quercus ilex</i>	<i>Juniperus oxycedrus</i>	<i>Stipa</i> sp.
<i>Quercus coccifera</i>	<i>Juniperus phoenicea</i>	<i>Carex</i> sp.
<i>Rhamnus alaternus</i>	<i>Rosmarinus officinalis</i>	<i>Brachypodium retusum</i>
<i>Rhamnus saxatilis</i>	<i>Salvia officinalis</i> ssp.	
<i>Prunus spinosa</i>	<i>lavandulifolia</i>	
<i>Genista scorpius</i>	<i>Aphyllanthes monspeliensis</i>	
<i>Amelanchier ovalis</i>		

* Se ven afectadas cuando las muy palatables ya están en un grado de afectación significativo

** Se ven afectadas cuando las ligeramente palatables ya están en un grado de afectación significativo

A partir del estado de afectación de las especies indicadoras, se han categorizado las estaciones de muestreo en cinco grados de presión de pastoreo (*Tabla 2*) que comprenden desde una presión *nula* por ausencia del rebaño, hasta una afectación *muy fuerte* que puede condicionar el desarrollo y llevar a la regresión a alguna de las especies vegetales de la sierra Major.

Tabla 2. Descripción de los diferentes grados de presión de las estaciones (basada en Reimoser *et al.* 1999 y los autores citados en ella)

MUY FUERTE: arbustos ausentes o moribundos; línea de ramoneo clara en árboles adultos; vegetación herbácea < 3 cm de altura y evidente pisoteo de la flora del suelo; franjas extensas de suelo desnudo; especies herbáceas supervivientes predominantemente no palatables o poco palatables; supresión del crecimiento de los rebrotes por pastoreo en estadios germinativos demasiado prematuros; excrementos de animales muy abundantes; corteza y ramas bajas dañadas; proliferación de la especie nitrófila *Asphodelus* sp.; especies de arbustos y hierbas altamente palatables, de existir, se encuentran localizadas en áreas inaccesibles o notablemente concentradas en estas zonas.

FUERTE: presencia reducida del estrato arbustivo; línea clara de ramoneo en árboles adultos; altura de la vegetación < 20 cm, con predominio de herbáceas; algunas franjas de suelo desnudo; especies herbáceas supervivientes a menudo dominadas por especies no palatables o poco palatables; excrementos abundantes; cortezas ocasionalmente dañadas; especies de arbustos y herbáceas palatables localizadas en áreas inaccesibles, o bien significativamente más abundantes en estas zonas.

MODERADA: presencia de algunos arbustos con una evidente poda de ramas; vegetación variable en altura, > 30 cm, compuesta por una mezcla de pratenses, hierbas o arbustos enanos, incluidas algunas de las especies herbáceas más sensibles al pastoreo; franjas pequeñas y poco frecuentes de suelo desnudo; poca presencia de excrementos; ausencia de marcas en las cortezas.

LIGERA: estrato arbustivo bien desarrollado sin una línea evidente de ramoneo; vegetación exuberante en sitios donde la cubierta del estrato arbustivo no es superior al 30-50% de la superficie, dominada por especies sensibles a ser pastoreadas; excrementos y huellas de animales difíciles de encontrar; cortezas no dañadas y sin marcas; brotes pastoreados escasos y localizados, o totalmente ausentes.

NULA: estrato arbustivo bien desarrollado y sin línea de ramoneo en el estrato arbustivo; ausencia de excrementos y huellas de animales; brotes no pastoreados; ausencia de suelo desnudo; extensivas zonas monoespecíficas de vigorosos estratos herbáceos.

La determinación del grado de presión de las estaciones georeferenciadas y la información recogida a lo largo de los itinerarios recorridos ha permitido dibujar un mapa (resultado no mostrado) de presión ganadera localizando las zonas de la Sierra Major del Montsant más afectadas por el pastoreo.

Resultados y discusión

Evaluación del grado de pastoreo

Las especies vegetales indicadoras de la sierra que han recibido mayor presión son, ordenadas de mayor a menor, *Rhamnus alaternus* y *R. saxatilis* (difíciles de distinguir en campo por el elevado grado de ramoneo), *Quercus ilex*, *Prunus spinosa*, *Quercus coccifera*, *Rosmarinus officinalis*, *Amelanchier ovalis*, *Juniperus oxycedrus*, *Genista scorpius*, *Salvia officinalis* y *Juniperus phoenicea*.

Un 53% de las estaciones mostraron un grado de sobrepastoreo elevado, pero representando en superficie menos de un 5% de las 9.200 hectáreas totales gestionadas por el P. N. Se constató la existencia de un gradiente altitudinal de la presión ejercida por el ganado (*Figura 1*), siendo más elevado en las cumbres de la sierra y de menor grado a medida que se descendía hacia los fondos de barranco y las partes bajas. La mayor presión de las cabras en las cotas más altas se

puede relacionar con el hecho de que durante la estación calurosa y en las horas de más insolación del día, las cabras buscan los sitios más aireados de la sierra y es allí donde pasan la mayor parte del día. Por otro lado, estas áreas son también las que utiliza el rebaño para desplazarse de una punta a la otra de la sierra en busca de mejores pastos y también cuando tienen que dirigirse hacia los abrevaderos o hacia el corral.

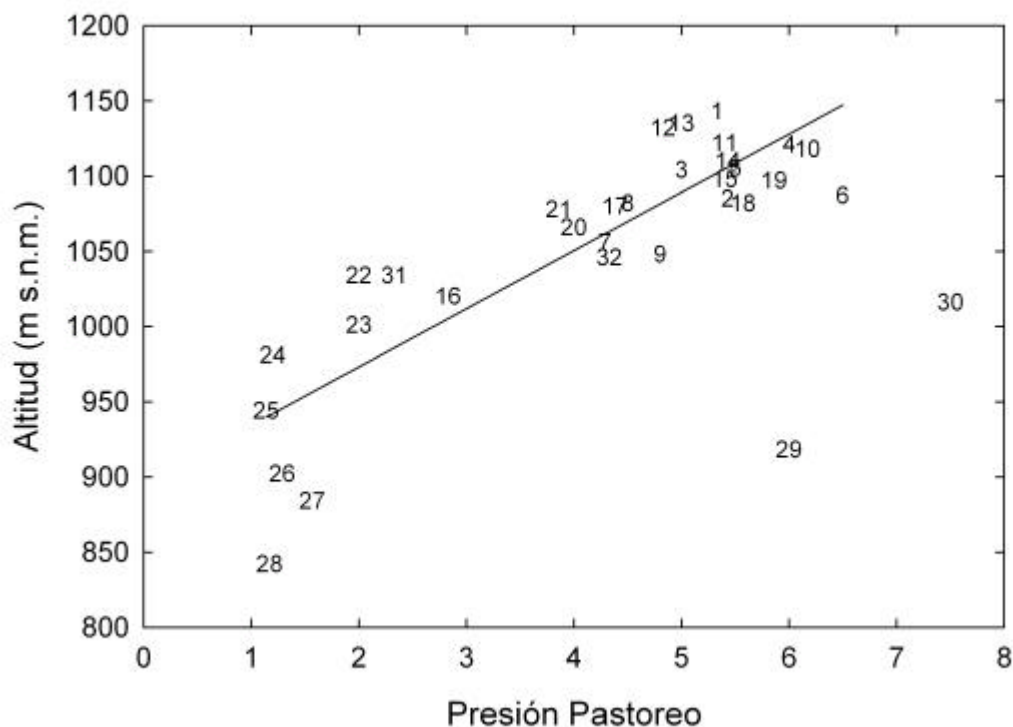


Figura 1. Relación entre altitud (m) y grado de presión ganadera de las estaciones estudiadas (sin considerar los puntos 29 y 30 correspondientes al corral y abrevaderos de la Sierra Major).

Las cumbres catalogadas con un grado de presión fuerte o muy fuerte tienen una estructura vegetal muy afectada por el pastoreo, condicionando la conservación y desarrollo de las especies indicadoras existentes a la estación y disminuyendo la calidad visual del paisaje percibida por los excursionistas que frecuentan las partes altas de la sierra. Bajo estas condiciones de presión ganadera, unidas a las dificultades del desarrollo vegetal propias de cumbres en zonas semiáridas (suelos esqueléticos, exposición a adversidades climáticas, etc.), la renovación de estas especies se produce, básicamente por reproducción asexual, a partir de rebrotes; así, la renovación por reproducción sexual, mediante flores y frutos, se encuentra muy comprometida. Las zonas donde la presión del rebaño es moderada, caracterizadas en la mayoría de casos por una vegetación similar a la de las zonas con presión fuerte o muy fuerte, requieren de una gestión de la actividad ganadera cautelosa para evitar que se conviertan en zonas de presión fuerte.

Directrices para la gestión ganadera

Las medidas recomendadas para reorientar la gestión ganadera se han encaminado a reducir la carga ganadera en los puntos más críticos, bien retardando la subida del rebaño a la sierra o bien reduciendo el número de animales que pastan en ella. Sin embargo, en una zona como la Sierra Major, donde la falta de suelo y la rigidez del clima condicionan el desarrollo de la vegetación, se hace difícil establecer cuál podría ser la carga de pastoreo adecuada. Para ello, se ha aconsejado el seguimiento de la gestión en los próximos años y la comparación con parcelas de exclusión al pastoreo. Al mismo tiempo, se han propuesto zonas alternativas de pastoreo como

la reconducción de las cabras hacia las zonas más bajas de la sierra, con la ubicación estratégica de puntos de agua y de sal. El pastoreo de franjas cortafuegos recientemente abiertas en la periferia del Parque Natural, es otra alternativa que debería ser estudiada con detenimiento.

Conclusiones

La evaluación del grado de pastoreo mediante distintos indicadores sobre especies vegetales ha permitido constatar que la presión ganadera es muy fuerte en zonas concretas de la sierra, situadas en cotas altas y en la proximidad de abrevaderos y del corral.

Para disminuir la afección sobre la vegetación se ha propuesto la disminución del periodo de pastoreo en la sierra y la reconducción de parte del ganado hacia zonas más bajas o franjas de defensa contra incendios.

Bibliografía

CASALS, P.; BAIGES, T.; BOTA, G.; CHOCARRO, C.; DE BELLO, F.; FANLO, R.; SEBASTIÀ, M.T.; TAULL, M. (en revisión). Silvopastoral systems in the NE of the Iberian Peninsula. A *Multifunctional Perspective*. *Agroforestry book*.

REIMOSER, F.; ARMSTRONG, H.; SUCHANT, R., 1999. Measuring forest damage of ungulates: what should be considered. *Forest Ecology and Management*, 120: 47-58.

PAPANASTASIS, V.P.; YIAKOULAKI, M.D.; DECANDIA, M.; DINI-PAPANASTASI, O., 2006. Potencial of of fodder trees and shrubs as animals feeds in the Mediterranean areas of Europe. In Lloveras *et al.* *Sustainable Grassland Productivity*. Grassland Science in Europe, vol. 11, 428-435. Badajoz (Spain).

PASCUAL, R., 2002. *Montsant. Patrimoni natural i paisatge*. Ed. Migdia Serveis Culturals. Cornudella de Montsant. 214 pp.

Agradecimientos

Al Parc Natural de la Serra del Montsant por la financiación aportada para la realización del presente trabajo así como por la ayuda logística prestada en todo momento.

Summary

Beginning ten years ago, the *Parc Natural de la Serra de Montsant* has been regularly grazed by a herd of 1000-1200 goats. It is necessary to make this activity compatible with environmental conservation goals and the recreational use of this area, which has driven this evaluation of the effect of stocking pressure on the vegetation structure and composition.

In this study, 32 samples were taken along the rangeland and sorted into five levels of observed pressure as determined by different indicators. In this sampling, 53% of the samples were found to have high or very high level of herd pressure, but these areas represent less than 5% of the total area managed by the Natural Park. Analysis has revealed a relationship between altitudinal gradient and livestock pressure, with pressure being higher in the uplands than in the lowlands. Previous recommended actions to ameliorate conservation goals and the practice of livestock grazing had been the reduction of the stocking rate in the critical areas by delaying the grazing period in the mountain range and also reducing the number of goats in this grazed zone. To accomplish this, it was proposed that managers establish alternative grazing zones in lowland areas by leading the herds with the strategic localization of water and salt points, and to promote grazing of the fuel break recently cut near the Natural Park perimeter.

Key words

Livestock management, overgrazing, indicator species, grazing preferences, altitudinal gradient.

DISTRIBUCIÓN Y EVOLUCIÓN DE LA BIOMASA DE RAÍCES FINAS EN DISTINTAS ZONAS DE RIBERA

TEODORA MARTÍNEZ Y JUAN ANTONIO DELGADO

Instituto Madrileño de Investigación Agraria (IMIA). Comunidad de Madrid. El Encín, Apdo. 127. Alcalá de Henares

Resumen

En este trabajo, se ha tratado de evaluar el patrón espacial y temporal de la biomasa subterránea herbácea y otras posibles raíces menores de 2 mm en áreas de ribera. Se ha evaluado la biomasa radicular en cuatro zonas riparias diferentes, en distintos periodos de tiempo y en cuatro estratos o niveles del suelo. Las áreas de estudio fueron un bosque de ribera natural, dos áreas reforestadas y un área riparia deforestada. Los resultados de biomasa radicular fueron bastante heterogéneos entre e intra periodos de tiempo estudiados, así como entre niveles de profundidad. La cantidad de biomasa estimada hasta 40 cm de profundidad (3 estratos) en las diferentes áreas de estudio en los distintos periodos de muestreo, no mostró diferencia significativa entre las zonas, excepto en primavera del 2002 y otoño del 2003. La distribución vertical de la biomasa de raíces siguió un patrón claro a lo largo del estudio con valores significativamente más altos en la capa superficial. El único resultado común en la variación estacional de la distribución de la biomasa de raíces con la profundidad es que cuando existen diferencias, éstas se deben a la mayor o menor biomasa de raíces del estrato superficial, manteniéndose la biomasa de raíces en el 2º y el 3º estrato más o menos constante entre estaciones y años. La biomasa de raíces en el 4º estrato, a profundidad entre 40 y 70 cm (el 42,8 % del volumen total de la muestra), fue heterogénea en función de las zonas de estudio y de los periodos de muestreo, fluctuando del 7,2 % al 47,3 % de la biomasa total de la muestra (100 %).

Palabras clave: sistema radicular, distribución vertical y temporal, sistemas arbolados y deforestados.

Introducción

Los sistemas de vegetación (naturales, forestales inducidos y agrícolas) tienen capacidad de capturar y secuestrar carbono. Pero generalmente el carbono que se captura y almacena en la parte subterránea de los ecosistemas terrestres, a diferencia del capturado en la parte aérea, no suele ser considerado como un mecanismo de secuestro por los diseñadores de la política sobre cambio climático. Recientes estudios sugieren que los pastos tropicales y las sabanas pueden contribuir más a los sumideros desaparecidos que lo que previsiblemente se aprecia (0,5 Gt de carbono por año). Fisher *et al.* (1994) cuantificaron elevadas cantidades de carbono almacenado en las sabanas de América del Sur (pastizales con abundantes gramíneas, muchas de ellas enraizadas profundamente), sugiriendo que dichos pastizales podrán ser uno de los sumideros mundiales no identificados de carbono. Por otra parte, la biomasa subterránea constituye un componente estructural esencial en la dinámica de los pastizales. El papel que desempeñan las raíces en la toma del agua y nutrientes es fundamental en la producción de biomasa aérea y está relacionada con su estructura y disposición espacial. Según Jackson *et al.* (1997) en Acosta *et al.* (2002), la producción primaria acumulada en la biomasa subterránea en muchos casos es mayor que la aérea, siendo la entrada de nutrientes al suelo desde las raíces igual o superior al procedente de las hojas. La mayoría de las raíces herbáceas suele concentrarse en los primeros estratos del suelo para aprovechar los nutrientes y el agua proporcionada por las lluvias. Sin embargo, en los medios riparios, caracterizados por mayor nivel freático existen especies que profundizan buscando la humedad, lo que puede ayudar a incrementar la biomasa radicular. En este trabajo, el objetivo ha sido estudiar el patrón espacial y temporal de la biomasa radicular del pasto y posiblemente otras raíces finas, en áreas de ribera. Es decir, evaluar la biomasa subterránea en cuatro zonas riparias y periodos de tiempo diferentes así como en cuatro estratos o niveles del suelo.

Material y métodos

El área de estudio se ubica en las riberas del río Henares en el término municipal de Alcalá de Henares (Centro de España). Se definieron cuatro zonas o sistemas de ribera diferentes: Bosque de ribera natural, área riparia restaurada (reforestada) a finales de 1994, área de ribera restaurada en 1999 y área riparia deforestada. El área de estudio está ampliamente descrita en Martínez (2001). En las áreas restauradas el marco de plantación fue grande: 7 x 7 m y 5 x 5 m respectivamente en la plantación más antigua y en la más joven. Las especies plantadas fueron *Populus alba*, *Fraxinus angustifolia*, *Crataegus monogyna*, *Tamarix gallica* y *Prunus spinosa*.

La biomasa del sistema radicular se estimó siguiendo el protocolo que se expone a continuación. En las mismas unidades de muestreo donde se cortó la vegetación herbácea para evaluar su biomasa, se obtuvieron las muestras de suelo para la extracción del sistema radicular del pasto y otras posibles raíces menores de 2 mm. Fueron 9 muestras en cada una de las zonas de estudio.

Las muestras de suelo se obtuvieron mediante la penetración de una barrena de acero de 3 cm de diámetro y 140 cm de longitud, ya que se quiso profundizar hasta 1 m. Las muestras reales fueron unidades de muestreo de 2,4 cm de diámetro (luz de la barrena) y un nivel de longitud o profundidad de las muestras recogidas que fluctuó entre 65 y 75 cm (70 cm de media), debido a choque con grava, piedras, o la imposibilidad de perforar ciertas capas con la barrena. La barrena-cilindro marcada permitió recoger muestras a distintas profundidades (5, 20, 40 y 70 cm), definiendo y extrayendo muestras a determinadas intervalos a lo largo del perfil (A_{0-5} , A_{5-20} , A_{20-40} y A_{40-70}). Las muestras de suelo se tomaron a finales de los periodos de primavera y otoño. En el laboratorio las muestras de suelo se pesaron en fresco y en seco, se secaron al aire, se tamizaron y posteriormente se separaron manualmente las raíces mediante pinzas muy finas. Finalmente se obtuvo el peso seco de las raíces en balanza de precisión de $\pm 0,0001$ g. Los datos fueron transformados logarítmicamente y tratados estadísticamente mediante análisis de varianza (ANOVAS). Este análisis se aplicó únicamente a los datos de masa radicular obtenidos hasta 40 cm de profundidad, debido a que no se obtuvieron medidas homogéneas de profundidad en las distintas zonas de estudio a lo largo del muestreo (fluctuaron entre 65 y 75 cm).

Resultados y discusión

Biomasa radicular general

La biomasa radicular cuantificada ($\text{g}/1000 \text{ cm}^3$ de volumen de suelo) en los periodos de primavera y otoño (otoño 2001- primavera 2004) se observa en la Tabla 1.

Tabla 1. Biomasa ($\text{g}/1000 \text{ cm}^3$ de volumen de suelo) estimada hasta 40 cm de profundidad en las diferentes áreas de estudio y periodos de muestreo.

	Otoño 01	Otoño 02	Otoño 03	Primavera 02	Primavera 03	Primavera 04
AREAS	NS	NS	*	***	NS	NS
A	1,029	2,586	0,718 ^a	3,160 ^b	0,551	0,995 ^a
B	1,931	0,836	1,214 ^b	1,680 ^a	0,762	1,236
C	0,932	1,602	1,732 ^c	4,311 ^b	0,651	1,365
D	0,847	1,058	2,668 ^c	1,510 ^a	0,892	3,297 ^b

En cada columna, los valores con la misma letra no difieren significativamente aplicando el test LSD ($P < 0.05$).

Se exponen los resultados procedentes de las muestras recogidas hasta 40 cm de profundidad. Como se observa, los datos fueron bastante heterogéneos entre e intra periodos de tiempo

estudiados. Referente a la cantidad de biomasa estimada en las diferentes áreas de estudio y periodos de muestreo, no existió diferencia significativa entre las distintas zonas, excepto en primavera del 2002 y otoño del 2003 (Tabla 1). En la primavera del 2002, se observaron diferencias significativas de la biomasa radicular de las cuatro zonas ($F=3,56$; $P<0,02$) y la comparación de las medias mostró que la biomasa radicular del área deforestada difirió significativamente de la obtenida en el bosque natural y en la plantación más joven, no observándose diferencias con la obtenida en la plantación más antigua. En otoño del 2003, se observaron diferencias significativas de la biomasa radicular de las cuatro zonas ($F=7,62$; $P<0,0005$) y la comparación de las medias mostró que la biomasa radicular difirió significativamente entre las distintas áreas con la única excepción de la plantación más joven y el área deforestada. Por otra parte, aunque, la biomasa radicular en la primavera del 2004 no presentó diferencias significativas entre las 4 áreas estudiadas, la significación de las medias mediante el test LSD mostró diferencias significativas entre el bosque natural y el área deforestada. Este hecho también se produjo en los otros dos periodos mencionados anteriormente en que sí hubo diferencia significativa entre las distintas áreas. Lo cual puede resultar interesante porque se observaría el contraste entre áreas riparias con bosque natural maduro (árboles viejos abundantes, sombra, rebrote en algunos enclaves) y áreas ocupadas únicamente por vegetación herbácea, pudiendo sugerir posible competencia entre los sistemas radiculares herbáceos y leñosos.

Distribución espacial de las raíces

Otro punto interesante de poner de manifiesto es la distribución espacial de las raíces en sentido vertical (profundidad que alcanzan). En relación a esto, la biomasa radicular siguió un patrón claro a lo largo del estudio con valores significativamente más altos en la capa superficial (Figura 1). Sólo existieron diferencias significativas entre las dos siguientes clases de profundidad (5-20 cm y 20-40 cm) en el otoño de 2002 y la primavera de 2003. Este patrón de distribución se puede hacer extensible a las diferentes zonas estudiadas, interacción zona*profundidad no significativa (Tabla 2). El patrón de distribución de la biomasa de raíces con la profundidad encontrado en este estudio no difiere significativamente de los realizados en otros ecosistemas. Así la capa de humus y los primeros 10 cm del suelo presentaron la mayor biomasa de raíces en pinares de Finlandia (Makkonen y Helmisaari 1998) y en pastos mediterráneos (Acosta *et al.* 2002).

Tabla 2. ANOVA de medidas repetidas para determinar la variación estacional de la biomasa de raíces con la profundidad para las cuatro diferentes zonas riparias estudiadas en cada uno de los tres años de muestreo.

		Otoño Primavera 02	01- P	Otoño Primavera 03	02- P	Otoño Primavera 04	03- P
Fuente de varianza	DF	F	P	F	P	F	P
Zona	3	2.929	<0.001	1.347	0.264	9.228	<0.001
Profundidad	2	39.499	0.038	9.445	<0.001	10.823	<0.001
Zona*Profundidad	6	1.975	<0.001	0.196	0.9771	0.802	0.571
Estación	1	36.651	0.077	14.677	<0.001	0.006	0.939
Estación*Zona	3	3.999	0.009	2.2613	0.086	1.109	0.349
Estación*Profundidad	2	39.519	<0.001	4.322	0.016	0.079	0.924
Estación*Zona*Profundidad	6	3.376	0.005	0.544	0.773	0.287	0.942

Note: Los grados de libertad del error fueron 94 para el primer análisis y 96 para los restantes.

En lo que respecta a la variación temporal no existió un patrón claro. El reparto de la biomasa de raíces en profundidad fue diferente entre otoño del 2001 y primavera del 2002 así como entre otoño del 2002 y primavera del 2003; sin embargo no fue así al comparar el otoño del 2003 con la primavera del 2004 (Figura 1). En el otoño del 2001, la biomasa de raíces no variaba entre las distintas clases de profundidad mientras que en la primavera del 2002 se obtuvo un gradiente vertical de biomasa de raíces con valores elevados en el horizonte más superficial. Sin embargo,

el patrón estacional se invirtió en los siguientes dos muestreos; en otoño del 2002 se observó un claro gradiente de disminución de la biomasa radicular con la profundidad y en la primavera del 2003 se manifestó una distribución prácticamente homogénea entre clases de profundidad. Los dos siguientes muestreos no arrojaron diferencias estacionales, mostrando un claro patrón de disminución de la biomasa radicular con la profundidad en otoño del 2003 y primavera del 2004.

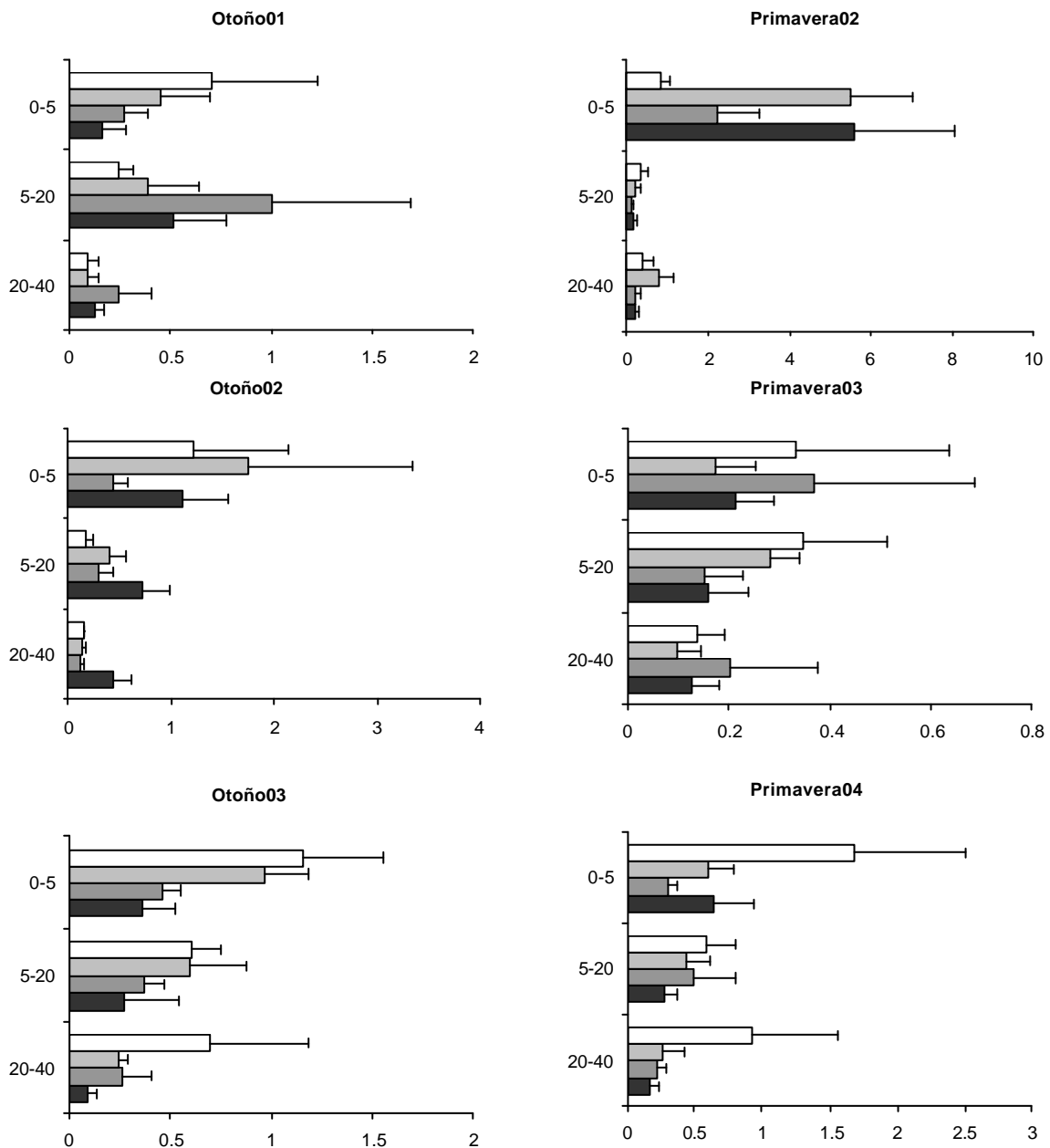


Figura 1. Reparto de la biomasa radicular ($\text{g}/1000 \text{ cm}^3$ volumen de suelo) en las tres categorías de profundidad analizadas para las cuatro zonas de ribera (A: negro, B: gris oscuro, C: gris, D: blanco) a lo largo de los tres años de estudio.

La biomasa del sistema radicular a profundidad entre 40 y 70 cm (el 42,8 % del volumen total de la muestra), fue bastante heterogénea en función de las zonas de estudio y de los periodos de

muestreo, fluctuando del 7,2 % al 47,3 % de la biomasa total de la muestra (100 %) (Figura 2). De acuerdo con los resultados, la biomasa de raíces fue abundante en general. En los periodos de primavera, excepto en la del 2003, la biomasa radicular prácticamente superó el 30 % del total de la muestra en las 4 áreas estudiadas. En los periodos de otoño los porcentajes de biomasa fueron inferiores, pero superaron el 20 % de la biomasa, excepto en la zona forestada más antigua y en el otoño del 2002 en todas las áreas (Figura 2). Hay que destacar la tendencia seguida en todos los sistemas riparios estudiados, el descenso de biomasa radicular en el estrato 40-70 cm en los periodos de otoño del 2002 y primavera del 2003. Ello podría estar relacionado con la cantidad de biomasa aérea herbácea cuantificada en esos periodos, que fue de las más elevadas en relación al resto de periodos estudiados (Martínez *et al.* 2003, 2005); sugiriendo que en años en que la biomasa aérea herbácea fue mayor, las raíces profundizarían menos.

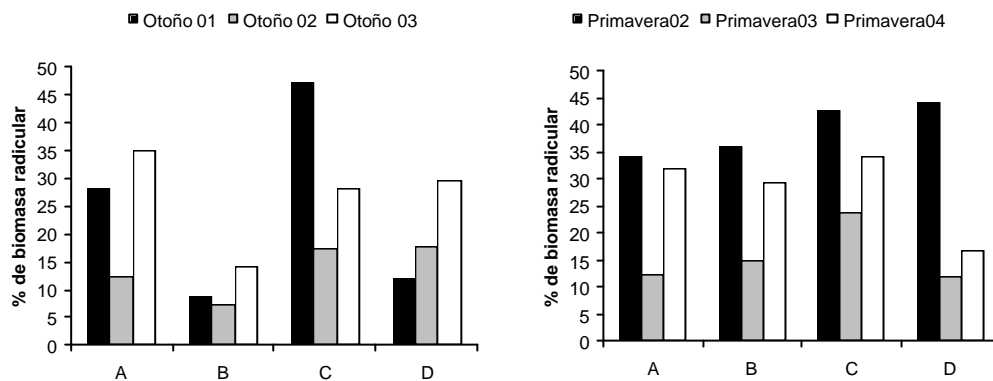


Figura 2. Biomasa radicular (%) obtenida en el 4º estrato o nivel considerado en profundidad (40-70 cm) con respecto a la muestra total (70 cm) de profundidad.

La biomasa radicular en estratos comprendidos a mayor profundidad, también estaría en relación con la composición florística del pasto; en concreto, especies de plantas que se distribuyen por las zonas de estudio como *Cardaria drava*, poseen un sistema radicular muy profundo. De hecho, en la primavera del 2002, en que la biomasa radicular en el estrato de mayor profundidad fluctuó entre el 34 % y el 44 %, dependiendo del área de estudio (más arbolado-zona desforestada), el porcentaje de biomasa que supuso *Cardaria drava* en la biomasa herbácea aérea total fue muy elevado (rango desde el 34,9 % en el bosque natural, hasta el 61,1% en la plantación joven) (Martínez *et al.* 2005). Por otra parte, la biomasa aérea obtenida en la primavera del 2002 fue bastante menor que la obtenida en el periodo 2001 y 2004 lo que también avalaría la idea de que menor biomasa aérea puede estar relacionado con el aumento de biomasa radicular a mayor profundidad, como ha ocurrido en este caso. Mainiero y Kazda (2006) midiendo temperatura y humedad encontraron que los sustratos más superficiales eran los peores para la supervivencia de las raíces. Por otra parte, Rytter y Hansson (1996) encontraron que durante una sequía el número de raíces de las capas superiores disminuyó y aumentó el de las capas más profundas. Una respuesta similar durante el verano en herbáceas la encontraron Makkonen y Helmisaari (1998).

La variación en la biomasa de raíces parece estar controlada por factores externos tales como la humedad y la temperatura del suelo, su grado de compactación o la disponibilidad de nutrientes (Persson 1978). No obstante, no siempre fue posible encontrar un efecto de estos factores sobre el crecimiento de las raíces o, si se encontró, resultó ser muy débil (Mainiero y Kazda 2006) para contenido en agua del suelo y temperatura. En nuestro estudio parece no existir un patrón claro de variación temporal de la biomasa de raíces, con diferencias claras entre la misma estación en años distintos. La bibliografía muestra resultados tanto con patrones estacionales (Sundarapandian y Swamy, 1996) como sin ellos (Persson, 1978; Makkonen y Hemisaari, 1998)

atribuyendo la variabilidad de los resultados a la baja influencia de los factores externos sobre el crecimiento de las raíces finas y a la variabilidad entre años de la temperatura y, en especial, de las precipitaciones.

La falta de un patrón claro de variación estacional de la biomasa de raíces con la profundidad, que encontramos en nuestro estudio puede deberse o estaría en relación, además de con la humedad del suelo, con la biomasa aérea herbácea y con la composición florística del pasto; que a la vez son elementos que dependen de las precipitaciones y temperaturas interanuales, así como de la cantidad de nutrientes del suelo.

Conclusiones

- La cantidad de biomasa estimada hasta 40 cm de profundidad (3 estratos) en las diferentes áreas de estudio en los distintos periodos de muestreo, no mostró diferencia significativa entre las diferentes zonas, excepto en primavera del 2002 y otoño del 2003.

- La distribución vertical de la biomasa de raíces siguió un patrón claro a lo largo del estudio, con valores significativamente más altos en la capa superficial. Por otra parte, falta de un patrón claro de variación estacional de la biomasa de raíces con la profundidad.

- La importancia de la biomasa radicular en estratos comprendidos a mayor profundidad (más de 40 cm), estaría en relación, además de con la humedad del suelo, con la biomasa aérea herbácea y con la composición florística del pasto; que a la vez son elementos que dependen de las precipitaciones y temperaturas, así como de la cantidad de nutrientes del suelo.

Bibliografía

ACOSTA, B.; ASCANIO, R.; PÉREZ-CORONA, M.E.; RESCIA, A.J.; PINEDA, F., 2002. Evolución temporal de la distribución de la biomasa subterránea en pastos herbáceos mediterráneos. In Chocarro, C. *et al.* Producción de pastos, forrajes, y céspedes: 195-200. Univ. de Lleida. ISBN: 84-8409-1457.

FISHER, M.J.; RAO, I.M.; AYARZA, M.A.; LASCANO, C.E., SANZ, J.I.; THOMAS, R.J.; VERA, R.R., 1994. Carbon Storage by introduced deep-rooted grasses in the South American savannas. *Nature*, **371**: 236-238.

JACKSON, R.V.; MONEY, H.A.; SCHULZE, E.D., 1997. A global budget for fine root biomass, surface area and nutrient contents. *Ecology*, **94**: 7362-7366.

MAINIERO, R.; KAZDA, M. 2006. Depth-related fine root dynamics of *Fagus sylvatica* during exceptional drought. *Forest Ecology and Management*, **237**: 135-142.

MAKKONEN, K.; HELMISAARI, H.-S. 1998. Seasonal and yearly variations in fine-root biomass and necromass in a Scots pine *Pinus sylvestris* L.) stand. *Forest Ecology and Management*, **102**: 283-290.

MARTINEZ, T., 2001. *La vegetación de ribera del Río Henares en la Comunidad de Madrid*. Consejería de Medio Ambiente, Comunidad de Madrid, Madrid. 167 pp.

MARTÍNEZ, T.; DÍAZ, Y.; MARTÍNEZ, M. F., 2003. Los pastizales en las áreas riparias: su potencialidad como productores de biomasa y carbono. CD: España ante los compromisos del protocolo de Kyoto: Sistemas Naturales y Cambio Climático, 1061-1073. 234-247. ISBN-84-688-2620-0

MARTINEZ, T.; MARTÍNEZ, M.; DÍAZ, Y., 2005. Biomasa y composición florística de la vegetación herbácea de zonas de ribera, su efecto en la captura de carbono. *Actas de la XLV Reunión Científica de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos*, **35**: 875-881.

DUNDARAPANDIAN, S.M.; SWAMY, P.S. 1996. Fine root biomass distribution and productivity patterns under open and closed canopies of tropical forest ecosystems at Kodayar in Western Ghats, South India, *Forest Ecology and Management* **86**: 181-192.

PERSSON, H., 1978 Root dynamics of a young Scots pine stand in Central Sweden. *Oikos*, **30**: 508-519.

RYTTER, R.M.; HANSSON, A.C., 1996. Seasonal amount, growth and depth distribution of fine roots in an irrigated and fertilized *Salix viminalis* L. plantation. *Biomass and Bioenergy*, **11**: 129-137.

SUNDARAPANDIAN, S.M.; SWAMY, P.S., 1996. Fine root biomass distribution and productivity patterns under open and closed canopies of tropical forest ecosystems at Kodayar in Western Ghats, South India. *Forest Ecology and Management*, **86**: 181-192.

Agradecimientos

Este trabajo se realizó con fondos de los Proyectos de investigación INIA N° RTA 01-009, e IMIA PFP03-04. Especialmente agradecer a José Luis Serrano por su abnegada labor en la separación de las raíces.

EVOLUTION AND DISTRIBUTION OF FINE ROOTS BIOMASS IN DIFFERENT RIPARIAN AREAS

Summary

In this work, spatial and temporal patterns of belowground biomass (roots < 2mm) in riparian areas were assessed. Fine roots biomass has been assessed in four different riparian areas in different sampling times and in four soil depth classes. Study areas were a natural riparian forest, two afforested areas and a deforested riparian area. Results on root biomass were quite heterogeneous both within and between sampling times and soil depth classes. The amount of biomass until 40 cm depth (3 soil depth classes) did not show significant differences between study areas for any of the sampling times, except in spring 2002 and autumn 2003. The vertical distribution of fine roots biomass followed a clear pattern along the study with significantly higher values in the top soil class depth. The only common pattern related to seasonal variation in root biomass with depth was that differences between seasons just exists due to the top soil depth class, root biomass in the other soil depth classes remaining almost constant between seasons along the studied years. Root biomass in the 40-70 cm soil depth class (42.8% of total sampling volume), was heterogeneous between study areas and sampling times, varying from 7.2% to 47.3% of biomass of the total sampling (100%)

Palabras clave: root system, vertical and temporal distribution, forested and deforested systems.

CREACIÓN DE UN SITIO WEB PARA LA DOCENCIA DE LAS PRINCIPALES ESPECIES PRATENSES Y FORRAJERAS CULTIVADAS EN ESPAÑA

ROSA MARIA CANALS¹, JAVIER PERALTA², EDUARDO ZUBIRI¹

¹Dpto. Producción Agraria y ²Herbario. Universidad Pública de Navarra. Campus Arrosadia s/n. 31006 Pamplona (Navarra)

rmcanals@unavarra.es, javier.peralta@unavarra.es, zuvyry@hotmail.com

Resumen

La utilización de la plataforma digital para la docencia y la transmisión de conocimientos es una práctica cada vez más habitual en nuestros centros universitarios. El nuevo Marco Europeo de Enseñanza Superior aboga por una disminución de las tradicionales clases magistrales, presenciales, y por una enseñanza cada vez más personalizada y a *la carta*, en la que el estudiante es el protagonista de su propio aprendizaje y el profesor cumple la función de guía y tutor. De acuerdo con estos nuevos planes, desde la Unidad de Pastos y Forrajes y el Herbario de la Universidad Pública de Navarra se ha creado un sitio web sobre especies pratenses y forrajeras, para uso de los estudiantes y de cualquier persona (agricultor, ganadero, técnico), que pueda estar interesada en su consulta. El sitio web incluye en estos momentos un total de 46 plantas vasculares cultivadas en nuestro país. De cada especie se proporciona una ficha con información sintetizada sobre su morfología, biotipo, época de floración, requerimientos ambientales, distribución y zonas de cultivo, facilidad de implantación, persistencia, interés forrajero y formas de aprovechamiento. Las fichas incluyen también imágenes fotográficas donde se aprecian las principales características morfológicas distintivas de las especies, así como imágenes sobre su hábitat y sus formas de aprovechamiento más usuales. También se han elaborado páginas adicionales que recogen un glosario de términos botánicos y pascícolas, bibliografía y enlaces con otros sitios web, entre otros aspectos.

Palabras clave: Internet, especies pratenses y forrajeras, docencia.

Introducción

Actualmente Internet es la mayor fuente de información mundial. Cualquier página que está colgada en la red puede ser visualizada y consultada desde cualquier punto del mundo, simplemente con una conexión a Internet, un ordenador y un programa que traduzca el código escrito, como puede ser Internet Explorer u otros.

Como consecuencia de este actual cambio en los modos de acceder a la información y a las nuevas tendencias en la Enseñanza Superior, que aboga por un aprendizaje más personal y menos presencial, se planteó la creación de este sitio web dedicado a las especies pratenses y forrajeras sembradas en la Península Ibérica. Según nuestras consultas, este sitio web es el primero de estas características en el mundo hispano y deseamos pueda resultar de utilidad a estudiantes y también a agricultores, ganaderos y técnicos que precisen conocer y obtener información de los principales recursos pratenses y forrajeros sembrados en nuestro país.

Material y métodos

Se trata éste, en buena parte, de un trabajo documental, y por ello se han utilizado fuentes de información muy variadas (libros de botánica y de pascicultura, artículos de revistas, actas de congresos de la SEEP, publicaciones docentes, sitios web de centros reconocidos,.....). Todas las fuentes de información utilizadas se citan en el apartado de referencias del sitio web. El objetivo buscado es el de ofrecer al usuario una información lo más completa posible, aunque al mismo tiempo sintética y clara.

El contenido de las fichas de especies se ha codificado en una base de datos MS-ACCESS, lo que facilita su actualización y la incorporación de nuevas especies. En la base de datos se incorpora el código HTML al contenido mediante una consulta, lo que permite crear cada página web; el resultado de esta consulta se corrige mediante un editor de HTML (HTML-Kit). El formato del conjunto de páginas que componen el sitio se controla mediante hojas de estilo en cascada (CSS).

Las imágenes fotográficas han sido obtenidas en su mayor parte por alguno de los tres autores de este trabajo. Se ha buscado la inclusión de varias fotografías de cada especie (detalles morfológicos, aspecto general, usos frecuentes,...) a fin de que el usuario del sitio web pueda tener una visión lo más extensa posible de las especies. Muchas fotografías de detalle han sido realizadas en el *Herboretum* de especies pratenses y forrajeras localizado en la Finca de Prácticas de la ETSIA de la Universidad Pública de Navarra.

Resultados

El acceso a la web de pratenses y forrajeras se realiza desde el enlace existente en el sitio web del Herbario (<http://www.unavarra.es/servicio/herbario/pratenses/htm/inicio.htm>) o bien desde la página curricular de la profesora responsable de la Unidad de Pastos y Forrajes (<http://cms.unavarra.es/pagr/El+departamento/Profesores>) de la Universidad Pública de Navarra.

El sitio web también incorpora páginas de las cinco familias a las que pertenecen las especies consideradas, donde se explican sus características morfológicas, distribución, diversidad, usos y principales especies pratenses o forrajeras. En dos glosarios se explican los términos botánicos o pascícolas empleados y en las páginas de morfología se ilustran los términos utilizados en la descripción de las especies. En la página de bibliografía se citan los trabajos consultados para la elaboración del sitio web y, finalmente, en la página de enlaces se enumeran distintos sitios web con información de especies pratenses o forrajeras.

Tabla 1. Campos incluidos en las fichas descriptivas de las especies y detalle de la información incluida en cada uno de ellos.

Identificación Breve descripción de la morfología de la planta.
Especies próximas Especies semejantes.
Biotipo o forma biológica de Raunkiaer. Floración en la Península Ibérica.
Requerimientos ambientales Requerimientos edáficos, climáticos, etc. de la especie.
Distribución y zonas de cultivo Área natural de distribución y zonas en las que se ha extendido como cultivo.
Tipo de cultivo Secano/Regadío. Monofito/Polifito. En caso de cultivo polifito, mezclas más habituales.
Implantación y persistencia Características del establecimiento en campo, vida productiva y condiciones de persistencia.
Dosis de siembra: Dosis de siembra habituales recogidas de fuentes bibliográficas.
Interés forrajero Datos de producción, de palatabilidad y de calidad nutritiva. Dinámica temporal.
Formas de aprovechamiento Aptitud para las diferentes formas de aprovechamiento (pastoreo, siega) y de conservación del forraje (henificación ,ensilado).
Varietades Algunos cultivares y citotipos comercializados.
Comentarios Otros aspectos de interés pascícola que no han sido nombrados en apartados anteriores.
Bibliografía Referencias consultadas para la elaboración de la ficha.

Conclusiones

Esta herramienta informática se va a utilizar por primera vez durante el presente curso académico por lo que no se conoce aún la opinión del alumnado al respecto (facilidad de manejo y consulta, lagunas de información,...). En todo caso, deseamos que se trate de un sitio web dinámico, y pretendemos implementarlo en un futuro próximo con las propuestas y opiniones que se reciban. Una idea planteada es la inclusión de páginas de autoevaluación, dónde, por medio de tests y juegos el estudiante pueda conocer su nivel de aprendizaje de la materia. También se está considerando la adición de claves de elección de especies según los requerimientos ambientales y las necesidades y premisas de las explotaciones ganaderas. En todo caso la finalidad es la obtención de una herramienta de trabajo lo más útil y atractiva posible para el aprendizaje y la consulta de las especies pratenses y forrajeras.

HERBARIO UPNA - UNIDAD de PASTOS y FORRAJES   Universidad Pública de Navarra *Nafarroako Unibertsitate Publikoa*

Flora Pratense y Forrajera de la Península Ibérica

familia Gramineae, **Bromus catharticus** Vahl: bromo catártico

inicio

especies
nombre científico
nombre vulgar
por familia
imágenes

glosario
morfología

bibliografía

enlaces

créditos



Sinónimos: *Bromus wildenowii* Kunth.
Nombres vulgares: bromo catártico, cebadilla, triguillo; prairie grass, rescue grass; larre-oloa.
Identificación: planta perenne de 30-150 cm. Hojas de 3-12 mm de anchura, glabras o glabrescentes, con lígula larga, de hasta 6 mm. Espiguillas de 1,5-4 cm, fuertemente comprimidas, la gluma inferior con 5 nervios y la superior con 9. Flores con el lema carinado, sin arista o con una arista menor de 3 mm. Inflorescencia en panícula laxa, con las ramas patentes o péndulas.
Especies próximas: *Bromus inermis* tiene 1 nervio en la gluma inferior y las espiguillas son redondeadas, no comprimidas.
Biotipo: hemcriptófito. **Floración:** I-XII.
Requerimientos ambientales: apropiado para lugares de clima suave y templado. No soporta las heladas fuertes y prolongadas. Resiste la sequía. No soporta el exceso de agua. Prefiere los suelos arenosos y ligeros.
Distribución y zonas de cultivo: originaria de Sudamérica. Actualmente su cultivo se ha extendido a Europa.
Tipo de cultivo: empleado para la implantación de praderas de alta producción. Suele sembrarse sólo o asociado al trébol blanco o al violeta. Se cultiva en secano (C y S de la Península Ibérica) o en regadío (N de la Península).
Implantación y persistencia: especie de fácil establecimiento y agresiva en su implantación, aunque no ahija bien. Presenta una gran capacidad de autorresiembrado favorecida por un fácil espigado y la facultad de espigar después de cada defoliación. **Dosis de siembra:** 40-60 kg/ha en cultivo monófito. Debido al mayor tamaño de la semilla y a su facilidad de establecimiento puede sembrarse a mayor profundidad (6-8 cm) que otras pratenses. Su persistencia en campo es de 3 a 5 años.
Interés forrajero: presenta una alta productividad en suelos fértiles (unas 15 T ms/ha), parecida a la de los raigrases de la zona templada. Su entrada en producción en primavera es muy precoz, su crecimiento en verano es aceptable y su crecimiento otoñal se alarga hasta entrado el invierno. Su calidad forrajera y su apetecibilidad es buena. Su contenido en azúcares es elevado por lo que presenta una buena ensilabilidad.
Formas de aprovechamiento: en siega responde muy bien. En pastoreo se conoce poco su comportamiento aunque parece estar poco adaptada al pisoteo del ganado y tiende al amacollamiento si se realizan aprovechamientos muy espaciados.
Varietades: Baladin, Luprime, Samson, Anabel, Banco, Broma, Cabro, Rosabel, Sao Miguel.
Comentarios: es una especie relativamente nueva en la escena pratense española y necesita más experimentación.
Bibliografía: Aizpuru *et al.* (1993, 1999), Benito *et al.* (2000), Bolós *et al.* (1993, 2001), Canals (2003), GNIS (2006), Mosquera *et al.* (1999), Muslera *et al.* (1991), Piñeiro (1992), Sánchez-Monge (1991), Semillas Zulueta (1981).

Figura 1. Ejemplo de ficha para la especie *Bromus catharticus*.

Agradecimientos

Deseamos agradecer la cesión de algunas fotografías por parte de diversos colaboradores. Los estudiantes becados en la Unidad de Pastos y Forrajes de la UPNA colaboraron en la tarea de entrada de información en la base de datos. Finalmente, diversos profesores y técnicos nos han hecho llegar valiosas sugerencias y opiniones para mejorar este sitio web.

Referencias bibliográficas

ACTAS DE LAS REUNIONES CIENTÍFICAS DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA PARA EL ESTUDIO DE LOS PASTOS, diversos años.

AIZPURU I., ASEGINOLAZA C., URIBE-ECHEBERRÍA P.M., URRUTIA P. y ZORRAKIN I. 1999. *Claves ilustradas de la flora del País Vasco y territorios limítrofes*. Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco. Vitoria.

BENITO B., ROIG S. y SAN MIGUEL A. 2000. *Especies de gramíneas y leguminosas de interés pastoral*. ETSIM. Fundación Conde del Valle de Salazar. Madrid.

BUENDÍA, F. 2000. *Principales especies pascícolas de las zonas templadas*. Fundación Conde del Valle de Salazar- Ed. Mundi-Prensa. Madrid.

CANALS R.M. 2002. *El cultivo de praderas y forrajes: Especies sembradas y sus características*. Universidad Pública de Navarra. Pamplona.

COLECCIÓN FAO: *PRODUCCIÓN Y PROTECCIÓN VEGETAL*, diversos números.

DELGADO I. 2000. *Base forrajera para el establecimiento de ganaderías de ovino en el secano cerealista*. Institución Fernando el Católico. Zaragoza.

DUTHIL J. 1989. *Producción de forrajes*. Mundi-Prensa. Madrid.

FRAME J., CHARLTON J.F.L. y LAIDLAW A.S. 1998. *Temperate forage legumes*. CAB International. United Kingdom.

KLAPP E. 1987. *Manual de las gramíneas*. Ed. Omega. Barcelona.

MOSQUERA M.R., GONZÁLEZ A. y RIGUEIRO A. 1999. *Ecología y manejo de praderas*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Santiago de Compostela.

MUSLERA E. y RATERA C. 1991. *Praderas y forrajes: Producción y aprovechamiento*. 2ª Edición. Ed. Mundi-Prensa. Madrid.

PIÑEIRO J. 1992. Mezclas pratenses para la España húmeda. *Hojas divulgadoras Núm 8/92 HD*. Centro de investigaciones Agrarias de Mabegondo. La Coruña.

REVISTA *CIHEAM_OPTIONS MEDITERRANEENNES*, diversos números.

REVISTA *PASTOS*, diversos números.

REVISTA *SPANISH JOURNAL OF AGRICULTURAL RESEARCH*, diversos números.

SÁNCHEZ-MONGE E. 1991. *Flora agrícola: taxonomía de las magnoliofitas (Angiospermas) de interés agrícola, con excepción de las de aprovechamiento exclusivamente ornamental o forestal*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid.

WIERSEMA J.H y LEON B. 1999. *World economic plants*. CRC Press. Boca Raton, EUA.

CREATION OF A WEB SITE OF THE MAIN GRASSLAND AND FORAGE SPECIES CULTIVATED IN SPAIN

Summary

The use of the digital platform to transmit knowledge and information is a useful tool that is becoming more and more usual among students. The new European Space of Higher Education pleads for a more personal and “on demand” learning, instead of the traditional use (and abuse) of the lecture classes. In conclusion, the student is becoming the main protagonist of its learning procedure and the teacher is acquiring a role of guidance and supervision. According to this new approach, the *Herbarium* and the Grass and Forage Science Unit of the Public University of Navarra have created a web site of cultivated forage and grassland species for the tutorial use of the students (and everyone interested in). The site includes the most frequent species cultivated in Spain, about 46. Each species is included in a card that synthesizes relevant information such as family, morphological traits, biotype, flowering period, environmental requirements, origin and distribution, establishment, persistence, forage value and uses. Besides, each card includes high-quality pictures that allow appreciating morphological traits of the species. Species searching can be done through the common name, the scientific name, or the family at which the species belong. In addition, the web site includes a glossary of botanical and technical terms, the references used, and links to other web sites, among other issues.

Keywords : web site, grassland and forage species, teaching

VALOR ECOLÓGICO Y PASTORAL DE UNA COMUNIDAD NO PASTADA DE *FESTUCA PANICULATA* EN EL PIRINEO OCCIDENTAL

R. GARCÍA-GONZÁLEZ, D. GÓMEZ, A. MARINAS, & M. GARTZIA

Instituto Pirenaico de Ecología CSIC, Apdo. 64, 22700 Jaca

Resumen

Siguiendo con la descripción de comunidades de pastos de puerto poco estudiadas en los Pirineos, describimos en este trabajo el valor ecológico y pastoral de la comunidad de *Festuca paniculata*. Para ello aplicamos el índice eco-pastoral desarrollado por nuestro departamento y aplicado para otras comunidades pascícolas. El índice ecológico combina varias propiedades referentes a abundancia, distribución y diversidad de la comunidad, y de las especies que la componen. El índice pastoral se basa en la combinación de parámetros productivos y de composición química del pasto. Esta última se determinó a partir de muestras mensuales tomadas en una parcela no pastada del Puerto de Aisa en el Pirineo occidental. La comunidad correspondiente a la asociación *Hieracio-Festucetum paniculatae* tiene un valor ecológico de tipo medio-bajo (7,2), siendo destacables su diversidad (media 32 especies por inventario) y su capacidad para el mantenimiento de suelos profundos a elevadas altitudes. Desde el punto de vista pastoral, cabe señalar su alta producción (467 g/m²) y elevada precocidad. Si bien el primer aspecto aumenta su valor pastoral, el segundo lo disminuye en la época habitual de aprovechamiento estival (julio a septiembre), ya que el contenido en N y P y en menor medida su digestibilidad, disminuye bruscamente después de la floración que tiene lugar a principios del mes de junio.

Palabra clave: pastos de puerto, índice eco-pastoral, valoración de pastos

Introducción

Siguiendo con la descripción de comunidades de pastos de puerto poco estudiadas en los Pirineos (Marinas *et al.*, 2005), describimos en este trabajo el valor ecológico y pastoral de la comunidad de *Festuca paniculata* en un puerto del Pirineo occidental. Para ello aplicamos el índice eco-pastoral desarrollado por nuestro departamento y aplicado para otras comunidades pascícolas.

Algunas experiencias sobre esta comunidad (Delpéch, 1984) sugieren un aumento de *F. paniculata* tras el corte precoz y el abonado con N y P₂O₅. En los Alpes está considerada como una especie invasora, que debido a su baja calidad después de la floración, “embastece” los pastos de puerto (Jouglet y Dorée, 1987a). En los Pirineos es una comunidad poco estudiada (Negre *et al.*, 1975). Por nuestra experiencia personal comprobamos que su capacidad invasora parece mucho más limitada que en los Alpes.

En este trabajo revisamos el hábitat, distribución y composición florística de las comunidades de *Festuca paniculata* en el Pirineo occidental, una de las comunidades pascícolas más productivas en los pastos de puerto pirenaicos. También aportamos información sobre su valor pastoral (producción, composición química y utilización por los herbívoros).

Material y métodos

La valoración eco-pastoral de esta comunidad se ha realizado siguiendo el protocolo propuesto por Gómez-García *et al.* (2001 y 2002) y García-González *et al.* (2003). Para estimar el valor ecológico se requiere la elaboración de un inventario “tipo”. En este caso hemos elaborado

inventarios “tipo” para las asociaciones fitosociológicas *Hieracio-Festucetum paniculatae* (Br-BI 1948) e *Irido-Festucetum paniculatae* (Négre, 1969), a partir de 57 y 33 inventarios de vegetación, respectivamente. Dichos inventarios corresponden a todo el Pirineo y proceden de fuentes propias y bibliográficas (son consultables mediante petición a los autores del artículo). El índice ecológico combina diversas variables referidas a la abundancia, distribución y rareza de las especies que componen la comunidad, y a la abundancia, distribución, diversidad y estatuto de protección de la propia comunidad (Gómez-García *et al.*, 2001 y 2002).

El valor pastoral (VP) lo calculamos mediante un algoritmo en el que intervienen diversas variables correspondientes a la producción y calidad de la comunidad ($VP = Prod \cdot IC$). La calidad se ha estimado a partir del índice $IC = DMS(N+P)/100$ que combina los valores de digestibilidad de la materia seca (DMS) y el contenido en N y P en porcentaje de la materia seca (García-González *et al.*, 2003). La producción (Prod) en g/m^2 se ha estimado reelaborando los datos de Remón (2004) y Bas (1993). Para conocer la composición química de la comunidad, en 2004 muestreamos una parcela no pastada situada en el puerto de Aisa (Pirineo occidental), en la que realizamos entre 8 y 16 cortes de hierba, distribuidos al azar, a intervalos mensuales, alrededor del día 15 de cada mes. En el laboratorio se determinó el contenido en nitrógeno, macrominerales, fibra neutro y ácido detergente, lignina y digestibilidad *in vitro* (IVDMS) por el método enzimático. Los métodos analíticos son los mismos a los expuestos en Marinas *et al.* (2005).

Resultados y discusión

Distribución, hábitat y valor ecológico

Festuca paniculata es la gramínea más conspicua de los pastos supraforestales del Pirineo por su talla elevada (puede alcanzar los 1,5 m de altura), con tallo engrosado en la base de aspecto bulboso. Presenta un desarrollo fenológico precoz con floración casi coetánea al rebrote foliar y un agostamiento temprano, destacando entonces su color pardo entre los pastos todavía verdes. Se distribuye por las montañas del SW de Europa (Bulgaria, Rumania, Yugoslavia), Alpes, Macizo Central de Francia y Pirineos donde abunda en el sector oriental y central que constituirían el límite meridional de la subespecie típica. Por otro lado, la subespecie *spadicea*, se distribuye por el NE peninsular y S de Francia, está presente e incluso parece ser más abundante en el Pirineo de Aragón, principalmente en el sector occidental. Morfológicamente, la subespecie *spadicea* se diferencia por tener panículas más largas, que superan los 14 cm y lemas de 8-9 mm, a diferencia de la subespecie típica con panículas más cortas y lemas menores de 8 mm (Ortuñez y De La Fuente, 2005).

F. paniculata se vincula en el Pirineo español a la asociación *Hieracio-Festucetum paniculatae* Br.-Bl. 1948 corr. Rivas Martínez 1974, incluida en la Al. *Festucion eskiae* (Cl. *Caricetea curvulae*, Or. *Caricetalia curvulae*). Estos pastos ocupan suelos profundos y ácidos en pendiente suave o media (8-30°) situados entre 1800 y 2500 m de altitud, preferentemente en orientaciones solanas, con cobertura vegetal media cercana al 90% y una riqueza florística de 32 especies/inventario. Las plantas características y las compañeras más abundantes se detallan en la Tabla 1. En la comunidad está ampliamente representada la flora de los pastos del *Festucion eskiae* y del *Nardion strictae* y el propio sarrón (*F. eskia*) y cervuno (*Nardus stricta*) aparecen abundantes. En general, cabe señalar una gran heterogeneidad florística, con abundancia de especies, y una gran dominancia de las que acabamos de citar junto a la propia *F. paniculata*, que alcanza casi siempre coberturas superiores al 50%. En el Pirineo occidental faltan o escasean muchas de las especies características señaladas en el Pirineo central y oriental, y más que de una comunidad bien delimitada, podríamos hablar de la introgresión e invasión de *F. paniculata* en sarronales y cervunales, debida probablemente a disminución de pastoreo o cambios en su gestión (cese de siega, retraso en el período de pastoreo, desaparición de equinos, etc.).

Tabla 10.- Inventario tipo de la asociación *Hieracio-Festucetum paniculatae* para el cálculo de su Valor Ecológico. Inv. es el % de inventarios en los que aparece la especie; Abu. es la abundancia media de cada especie; Ve, es el valor especie según Gómez-García *et al.* (2001).

Especies características	Inv.	Abu.	Ve	Especies compañeras	Inv.	Abu.	Ve
<i>Festuca paniculata</i>	100,0	3,8	1,3	<i>Lotus corniculatus</i>	56,1	0,4	0,2
<i>Festuca eskia</i>	77,2	1,4	3,1	<i>Leontodon hispidus</i>	54,4	0,7	0,7
<i>Hypochoeris maculata</i>	47,4	0,6	2,1	<i>Anthoxanthum odoratum</i>	52,6	0,6	0,7
<i>Luzula nutans</i>	43,9	0,6	2,2	<i>Carlina acaulis</i>	50,9	0,6	1,7
<i>Campanula scheuchzeri</i>	40,4	0,6	2,2	<i>Helianthemum nummularium</i>	49,1	1,3	0,4
<i>Pilosella (Hieracium) hyperya</i>	38,6	1,2	2,0	<i>Silene rupestris</i>	49,1	0,3	2,0
<i>Pulsatilla alpina ssp. Apiifolia</i>	31,6	0,4	2,3	<i>Festuca gr. rubra</i>	47,4	1,2	0,4
<i>Veronica fruticulosa</i>	29,8	0,6	2,8	<i>Calluna vulgaris</i>	47,4	1,0	0,1
<i>Jasione laevis</i>	29,8	0,4	2,1	<i>Galium pumilum marchandii</i>	45,6	0,4	3,6
<i>Carex sempervirens</i>	29,8	0,8	2,6	<i>Vaccinium myrtillus</i>	40,4	1,0	0,6
<i>Leucanthemum vulgare</i>	24,6	0,2	0,7	<i>Carduus carlinifolius</i>	40,4	0,6	3,0
<i>Armeria arenaria confusa</i>	21,1	0,3	3,3	<i>Achillea millefolium</i>	36,8	0,6	0,1
<i>Iberis sempervirens</i>	21,1	0,4	2,7	<i>Carex caryophyllea</i>	36,8	0,5	0,4
<i>Hieracium hoppeanum</i>	19,3	0,8	1,7	<i>Asphodelus albus</i>	31,6	1,3	1,7
<i>Pedicularis comosa</i>	17,5	0,8	3,2	<i>Thymus pulegioides</i>	31,6	0,7	0,8
<i>Paradisea liliastrum</i>	15,8	0,7	3,2	<i>Campanula rotundifolia</i>	29,8	0,5	1,6
<i>Polygala alpestris</i>	14,0	0,1	2,8	<i>Hippocrepis comosa</i>	29,8	0,4	1,0
<i>Hieracium bourgaei</i>	12,3	0,1	2,9	<i>Galium verum</i>	29,8	0,4	0,4
<i>Anthemis cretica carpatica</i>	10,5	0,7	2,7	<i>Iris latifolia</i>	29,8	0,3	3,2
<i>Campanula precatória</i>	10,5	0,9	4,3	<i>Rhinanthus mediterraneus</i>	28,1	0,6	1,8
<i>Pritzelago alpina</i>	10,5	0,7	1,9				
<i>Hieracium peleterianum</i>	8,8	0,5	1,9				
<i>Carex sempervirens pseudotrístis</i>	7,0	1,1	2,7				
<i>Hieracium juranum</i>	5,3	0,7	2,8				
<i>Crepis conyzifolia</i>	3,5	0,6	2,8				
<i>Veronica bellidioides</i>	1,8	1,0	2,8				
<i>Antennaria carpatica</i>	1,8	0,1	3,0				
<i>Aconitum anthora</i>	1,8	0,1	2,1				

Las comunidades de *F. paniculata* han sido estudiadas en detalle por Negre (1974, 1975, 1977) quien describió en 1969 la asociación *Irido-Festucetum paniculatae* para el Pirineo francés en ambientes y situaciones topográficas similares, si bien en zonas de pendiente poco pronunciada y con mayor riqueza de especies (cerca de 42 por inventario en promedio). Muchas de estas especies corresponden a transgresivas del *Bromion erecti* que responden a la perturbación del suelo o bien se trata de plantas de megaforbios y claros de bosque que indican la proximidad de ambientes forestales en los que a veces esta especie aparece también abundante.

Evolutivamente, las comunidades de *F. paniculata* parecen constituir comunidades permanentes en el piso alpino y zonas más elevadas del subalpino. Por debajo de 2000 m, estos pastos constituyen etapas de transición hacia matorrales, especialmente de enebro salpicados por pino negro, o bien brezales de *Calluna vulgaris*, a veces incluso con presencia de arándano (*Vaccinium myrtillus*). Todas estas matas aparecen en cerca de la mitad de los inventarios, señalando el proceso de abandono y matorralización que caracteriza en la actualidad a vastos territorios del Pirineo por debajo de los 2000 m.

La alta presencia en muchos casos del gamón (*Asphodelus albus*) y del propio lastón (*Brachypodium pinnatum*), parece señalar el uso prolongado del fuego en estos pastos, con el fin de reducir el temprano desarrollo de *F. paniculata* y permitir una mejor utilización por el ganado. Hay que señalar esa práctica como muy inadecuada si consideramos el carácter pirófilo de la especie y de alguna de sus acompañantes habituales e indeseadas desde el punto de vista pastoral (lastón, *F. eskia*) y el detrimento que el incendio supone para plantas de mejor calidad pastoral presentes en la comunidad (Braun-Blanquet, 1948).

En la estructura y dinámica de estas comunidades hay que considerar la alta incidencia actual de hozaduras de jabalí que buscan los suelos profundos sobre los que se sitúan y quizás de algunos de los geófitos que allí proliferan como el propio gamón. A estas perturbaciones cabe atribuir la abundancia de algunas especies más típicas de los pastos del *Bromion erecti* (*Achillea millefolium*, *Agrostis capillaris*, *Galium verum*, *Thymus* gr. *praecox*,...).

El valor ecológico obtenido para esta comunidad es de 7,2 (3,9 de valor florístico y 3,3 de valor de comunidad; Gómez-García *et al.*, 2001). Puede considerarse que este es un valor de tipo medio-bajo: el rango de variación del valor ecológico de las comunidades pascícolas pirenaicas es de 3,5 a 16,7 con una media de 8,4 y una mediana de 7,8 (N=39; datos inéditos). Sin embargo, cabe señalar entre sus valores ecológicos, la notable diversidad ya comentada, la distribución restringida de la comunidad y la presencia de especies de interés corológico, aunque como ya se ha señalado, muchas de ellas quedan circunscritas a los sectores central y oriental del Pirineo. Además, hay que resaltar la retención de suelo que estas comunidades favorecen en niveles altitudinales donde ya predominan los sustratos rocosos.

Valor pastoral

Desde un punto de vista pastoral, dos de las características más reseñables de la comunidad de *F. paniculata* son su productividad y su precocidad. La primera favorecería el incremento de su valor pastoral, mientras que la segunda lo reduciría durante el período de pastoreo estival. *F. paniculata* forma macollas densas y altas cuyas hojas alcanzan valores medios de casi 40 cm (tabla 2). Dichas macollas suponen aproximadamente el 50% de la fitomasa aérea de la comunidad en el mes de julio (datos inéditos). Esta abundancia permitía que, en algunas zonas (partida de Comas en el Puerto Bajo de Góriz), este tipo de pastos se segara antes de la entrada del ganado en puerto. En los Alpes se atribuye su expansión precisamente al cese de dichas siegas (Jougllet y Dorée, 1987a). El único estudio con mediciones precisas de producción de esta comunidad que hemos encontrado para los Pirineos es el de Remón (2004), realizadas en el mismo valle muestreado por nosotros. Reelaborando sus datos hemos estimado una producción media de 467,4 g/m² para esta comunidad (García-González *et al.*, 2002). Bas (1993) proporciona también una estima similar (429,7 g/m²) en el Pirineo Oriental.

En cuanto a la precocidad, tal como se observa en la tabla 2, la comunidad alcanza valores muy altos de calidad en la fase de crecimiento. Por ejemplo, su digestibilidad y contenido en N y P en mayo es del 80,2%, 3,1% y 0,21% respectivamente. Pero dichos niveles caen rápidamente en los meses siguientes, de tal forma que cuando se inicia el periodo de pastoreo en el mes de julio, la calidad y el valor pastoral se han reducido notablemente (tabla 2). Si estimamos el valor pastoral para el periodo de pastoreo estival (julio a septiembre), obtenemos un valor medio de 3,2 lo cual es relativamente bajo (dentro de una escala de 1 a 10 en la que varía nuestro índice pastoral). Sin embargo en junio el valor pastoral se duplica y en mayo se cuadruplica. Teniendo en cuenta que las vacas y ovejas necesitarían un valor pastoral mínimo de 3,5 y 5,2 respectivamente, para cubrir sus necesidades nutritivas en puerto (Marinas y García-González, 2006), la comunidad de *F. paniculata* escasamente cubriría los requerimientos de las vacas y sería insuficiente para satisfacer las necesidades de las ovejas (tabla 2).

Tabla 2.- Valores mensuales de altura de las hojas, composición química (en % de materia seca) y valor pastoral de una parcela no pastada de *Festuca paniculata* en el Puerto de Aisa (Pirineo occidental). Valores medios \pm límites de confianza al 95%.

	Mayo	Junio	Julio	Agos	Sept	Nov
Fenología	<i>Inicio espigado</i>	<i>Final floración</i>	<i>Suelta semillas</i>	<i>Marchitez</i>	<i>Marchitez, (Rebrote)</i>	<i>Marchitez, Rebrote</i>
Altura (cm)	19,8 \pm 0,5	36,6 \pm 0,6	37,1 \pm 1,1	33,8 \pm 1,2	32,1 \pm 1,1	
n	16	12	10	8	10	10
FND (%)	65,8 \pm 0,9	71,7 \pm 2,3	68,9 \pm 1,5	75,8 \pm 1,1	75,4 \pm 0,9	76,8 \pm 1,7
FAD (%)	30,3 \pm 0,7	37,2 \pm 1,4	36,6 \pm 1,1	39,8 \pm 0,9	42,2 \pm 1	42,4 \pm 2,6
LAD (%)	6,6 \pm 0,7	6,8 \pm 0,5	6,5 \pm 0,2	6,8 \pm 0,7	8,4 \pm 0,6	9,1 \pm 1
IVDMS (%)	80,2 \pm 1,3	59,6 \pm 2,8	62,7 \pm 3,5	55 \pm 2,5	50,9 \pm 2,2	53,8 \pm 3,2
N (%)	3,1 \pm 0,1	2,1 \pm 0,1	1,4 \pm 0,1	1,1 \pm 0,1	0,9 \pm 0,1	1,1 \pm 0,2
P (%)	0,21 \pm 0,01	0,12 \pm 0,01	0,06 \pm 0,01	0,05 \pm 0,01	0,04 \pm 0,01	0,05 \pm 0,02
K (%)	2,1 \pm 0,1	1,6 \pm 0,1	1,35 \pm 0,17	0,98 \pm 0,1	0,63 \pm 0,05	0,34 \pm 0,12
Ca (%)	0,27 \pm 0,01	0,33 \pm 0,07	0,54 \pm 0,06	0,54 \pm 0,08	0,54 \pm 0,07	0,47 \pm 0,1
Mg (%)	0,13 \pm 0	0,14 \pm 0,02	0,16 \pm 0,01	0,12 \pm 0,01	0,12 \pm 0,01	0,08 \pm 0
Ind Calidad	2,7	1,3	0,9	0,6	0,5	0,6
VP	12,5	6,2	4,4	3,0	2,2	2,8

El valor pastoral al que nos hemos referido hasta ahora es lo que consideramos como valor pastoral potencial (VPP), es decir sin considerar la preferencia de los herbívoros por esa comunidad (García-González *et al.*, 2003). En relación con esta preferencia podemos decir, que para el puerto estudiado, las ovejas no mostraron una preferencia especial, siendo su uso aproximadamente igual a su disponibilidad (Gartzia *et al.*, 2005). Las macollas de *F. paniculata* son altas y coriáceas en verano y poco apetecibles para las ovejas. En los Alpes, Jouglet y Doree (1987b) encuentran una utilización de esta comunidad de solo un 25% por parte de las ovejas, mientras que los equinos la utilizan en un 80%. Bornard *et al.*, (1987) encuentran esta comunidad pastoralmente interesante para novillas y ovejas, especialmente con cargas altas. Sin embargo, las vacas muestran una preferencia algo mayor que las ovejas por esta comunidad (valor pastoral de 5,1 y 3,4 para vacas y ovejas respectivamente, según Gartzia *et al.*, 2005), pero depende también de su accesibilidad. Así, la parcela muestreada por nosotros fuera de las rutas habituales de las vacas pero asequible a ellas (no estaba vallada), mostró una utilización casi nula, mientras que otra parcela situada en las proximidades de un punto de distribución de sal fue intensamente pastada. Según Jouglet y Dorée (1987b) el pastoreo de equinos con cargas elevadas produce un fuerte impacto en la comunidad y al cabo de tres años reduce significativamente la fitomasa de *F. paniculata* y de otras especies como *Nardus stricta*.

Conclusiones

El valor ecológico de la comunidad de *F. paniculata* en el Pirineo occidental es de tipo medio-bajo, en comparación con el resto de comunidades pascícolas pirenaicas. Sin embargo, cabe señalar su notable diversidad, su distribución restringida y la presencia de especies de interés corológico, aunque muchas de ellas quedan circunscritas a los sectores central y oriental del Pirineo. Además, hay que resaltar la retención de suelo que esta comunidad ejerce en niveles elevados de altitud y pendiente, donde escasea la cobertura vegetal.

En cuanto al valor pastoral, los pastos de *F. paniculata* muestran una alta productividad y en este sentido pueden aportar altos volúmenes de fibra por unidad de superficie para el ganado.

Sin embargo, presentan un periodo de floración muy temprano a principios de junio, decayendo su valor pastoral rápidamente después de esas fechas. Ello se traduce en que, durante el período habitual de pastoreo estival en los puertos pirenaicos, su calidad nutritiva ha descendido notablemente, resultando poco aptos para el pastoreo de ovejas. El ganado mayor suele utilizarla más, especialmente si la carga es elevada.

Bibliografía

BAS, J., 1993. *Les pastures supraforestals a la Vall Ferrera i la Vall de Cardós (Pallars Sobirà). Valoració de la capacitat ramadera de les pastures de Lladorre*. Proyecto Final de Carrera. Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Agrària. Universitat de Lleida.

BORNARD, A.; COZIC, P.; BERNARD-BRUNET, C.; MATHIEU, P., 1987. Valorisation par des bovins et des ovins de pelouses a fetuque spadicee et de landes à myrtilles. En: *Exploitation de Pelouses et Landes Subalpines par des Bovins et des Ovins*, 199-224. Eds. A. BORNARD, M. DUBOST. CEMAGREF. Saint Martin D'Herès.

BRAUN-BLANQUET, J., 1948. La végétation alpine des Pyrénées orientales. Monografía de la Estación de Estudios pirenaicos y del Instituto español de Edafología, Ecología y Fisiología Vegetal. Botanica 1.

DELPECH, R., 1984. Etude expérimentale de la dynamique de phytocénoses de pelouses subalpines soumises à l'action de facteurs anthropozoogènes. *Documents d'Ecologie Pyrénéenne*, **3-4**, 453-470.

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, F. SANTIVERI, R. FANLO, I. BOVET, J. LLOVERAS. Ed. Universitat de Lleida. 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. Eds. ROBLES *et al.* Consej. Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía. Granada.

GARTZIA, M.; MARINAS, A.; CAMPO, A.; GARCÍA-GONZÁLEZ, R.; GÓMEZ-GARCÍA, D., 2005. Valoración eco-pastoral de los pastos del puerto de Aísa (Pirineo Occidental). En: *Producciones agroganaderas: Gestión eficiente y conservación del medio natural*. Vol. II, 817-824. Ed. B. DE LA ROZA, A. MARTÍNEZ, A. CARBALLAL. SERIDA. Gijón.

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. Ed. CIBIO. Generalitat Valenciana. Alicante.

GÓMEZ-GARCÍA, D.; GARCÍA-GONZÁLEZ, R.; MARINAS, A.; ALDEZABAL, A., 2002. An eco-pastoral index for evaluating Pyrenean mountain grasslands. En: *Multi-Function Grasslands. Quality Forages, Animal Products and Landscape*, 922-923. Eds. J.L. DURAND *et al.* Association Française Production Fourragère. Poitiers (F).

JOUGLET, J.P.; DORÉE, A., 1987a. *La fauche dans le Festucetum spadiceae*. Compte-rendue de recherche n° 219. 39 pp. CEMAGREF. St. Martin d'Herès

JOUGLET, J.P.; DORÉE, A., 1987b. *Paturage mixte ovins-equins. Incidence sur la dynamique d'une pelouse subalpine à Fétuque paniculée (Alpage de Montbardon, Hautes Alpes)*. Comptes-rendue de recherche n° 215. 31 pp. CEMAGREF. St. Martin d'Heres.

MARINAS, A.; GARCÍA-GONZÁLEZ, R.; GÓMEZ, D.; GARTZIA, M.; CAMPO, A., 2005. Valor ecológico y pastoral de las gleras calizas (*Iberidion spathulatae* Br.-Bl. 1948) en el Pirineo aragonés. En: *Producciones agroganaderas: Gestión eficiente y conservación del medio natural. Vol. II*, 809-816. Ed. B. DE LA ROZA *et al.* SERIDA. Gijón.

MARINAS, M.; GARCÍA GONZÁLEZ, R., 2006. Preliminary data on nutritional value of abundant species in supraforestal Pyrenean pastures. *Pirineos*, **161**, 85-109.

NEGRE, R., 1974. Nouvelle contribution à l'étude des gispetières pyrénéennes. *Bol. Soc. Brot.*, **48**, 209-251.

NEGRE, R., 1977. Vue d'ensemble sur les pelouses à *Festuca eskia* et à *Festuca paniculata* en Pyrénées centrales et occidentales. *Doc. Phytosoc.*, N.S., **1**, 181-194.

NEGRE, R.; DENDALETCHÉ, C.; VILLAR, L., 1975. Les groupements à *Festuca paniculata* en Pyrénées Centrales et Occidentales. *Bol. Soc. Brot.*, **49**, 59-88.

ORTUÑEZ, E.; DE LA FUENTE, V. 2005. El género *Festuca*. En Atlas Digital de la Flora de Aragón. En [http:// www.ipe.csic.es/floragon](http://www.ipe.csic.es/floragon) Ed.: D. Gómez, G. Mateo, N. Mercadal, P. Montserrat y J.A. Sesé

REMÓN, J.L., 2004. *Estructura y producción de pastos en el Alto Aragón occidental (Aísa y Borau, Huesca)*. Consejo de Protección de la Naturaleza de Aragón, 236 pp. Zaragoza.

Agradecimientos

Agradecemos muy encarecidamente la colaboración prestada por Arancha Campo, Olatz Fernández y Guillermo Bueno en el trabajo de campo, así como a José Azorín, Emilio Ubieto y Ramón Galindo en el trabajo de laboratorio. Este trabajo se ha realizado con ayuda de los proyectos de investigación CGL2005-01131/BOS del Plan Nacional y RTA2005-00160-C02-00 del INIA.

ECO-PASTORAL ASSESSMENT OF AN UNGRAZED COMMUNITY OF *FESTUCA PANICULATA* GRASSLAND IN WESTERN PYRENEES

Summary

In order to continue the description of scarcely studied summer rangeland pastures in the Pyrenean Mountains, we describe in this work the ecological and forage value of the *Festuca paniculata* community. We apply the "eco-pastoral" index developed by our department and formerly applied for other plant communities. The ecological index combine several features related to abundance, distribution and diversity of the community and their species. The forage index is based in a combination of both productive variables and chemical composition of grassland community. This last was determined from monthly samples gathered in an ungrazed plot from Aísa summer range (Western Pyrenees). This plant community (*As. Hieracio-Festucetum paniculatae*) shows a medium-low ecological value (7,2) and it can be noted its diversity (32 species per relevé as average) and its occurrence in deep soils at high elevations, thus restricting soil erosion. On the other hand, a high productivity (467 g/n²) together with an earlier growing can be pointed out in this community. Although the first aspect increases his pastoral value, the last aspect goes in detriment of the optimal pastoral use, because of the usual grazing period, -that happens in July and August- does not coincide with the optimal content in N, P and digestibility which are found in June, just before the blooming.

Key words : summer rangelands, eco-pastoral index, pasture valuation

IMPLICACIONES DEL MANEJO DEL CAPRINO SOBRE LA ESTRUCTURA TRÓFICA DE LOS ARTRÓPODOS EPÍGEOS EN UN BREZAL-TOJAL DE LA CORDILLERA CANTÁBRICA

ROCÍO ROSA -GARCÍA, BERTA M. JÁUREGUI, URCE GARCÍA, KOLDO OSORO & RAFAEL CELAYA

Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario (SERIDA)
Ctra. de Oviedo, s/n. Apdo. 13, 33300 Villaviciosa (Asturias)
Telf: +34 985 890 066 Fax: +34 985 891 854

Resumen

Se analizó la relación existente entre el manejo de distintas razas y cargas de caprino y las consecuencias que éste genera sobre la vegetación y los principales grupos tróficos de artrópodos (carnívoros, herbívoros y detritívoros). El diseño experimental constó de 3 tratamientos con tres repeticiones: 1) baja carga de cabras de raza cachemir; 2) alta carga de cabras cachemir; y 3) alta carga de cabras autóctonas. Durante junio y agosto de 2003, 2004 y 2005 se recolectaron los artrópodos mediante trampas de caída y a lo largo de transectos permanentes se midió la cobertura y altura de la vegetación. Para analizar la relación entre la abundancia global de los grupos tróficos y las variables vegetales se aplicaron Análisis de Redundancias (RDA), cuyos ejes mostraron correlaciones significativas con las variables vegetales. Los artrópodos herbívoros se vincularon a zonas con mayor diversidad vegetal y menor proporción de suelo desnudo, los detritívoros a áreas de mayor dominancia de leñosas y los carnívoros a zonas con mayor acumulación de hojarasca. Mediante regresiones múltiples para cada año y periodo de muestreo se pusieron de manifiesto además interacciones, no sólo de la fauna con la flora, sino de la propia fauna entre sí, aunque variables en el tiempo.

Palabras clave: pastoreo, grupos tróficos, carga ganadera, cobertura vegetal.

Introducción

El pastoreo en áreas de brezal contribuye al desarrollo de sistemas de manejo económicamente sostenibles y al mantenimiento y mejora de la heterogeneidad estructural del matorral y por ende a la diversidad botánica y faunística (Rook y Tallowin, 2003). Los artrópodos dominan los ecosistemas terrestres y muestran gran variabilidad en tamaño, movilidad, estacionalidad y posición en las redes tróficas (Perner *et al.*, 2005). Diversos trabajos han mencionado el efecto del pastoreo con ovino o vacuno sobre esta fauna, sobre todo en pastos herbáceos (Kruess y Tscharrntke, 2002; Cagnolo *et al.*, 2002), pero hay un gran desconocimiento de los posibles efectos del manejo con caprino sobre la estructura trófica de las comunidades de artrópodos en un contexto ambiental tan particular como el matorral de brezal-tojal, y ninguno se ha llevado a cabo hasta ahora en la Cordillera Cantábrica.

El objetivo del presente trabajo es estudiar la relación existente entre el manejo de distintas razas y cargas de caprino con la fauna artropodiana a través de las consecuencias que dichos manejos generan sobre la vegetación de brezal-tojal. Se comparan dos razas de caprino, una comercial (Cachemir) frente a una autóctona (de tronco celtibérico), y dos cargas ganaderas (alta frente a baja en el caso de las cabras cachemir). Se analizan las relaciones de los grupos tróficos de artrópodos (carnívoros, herbívoros y detritívoros) con las variables vegetales, así como de la propia fauna entre sí.

Material y Métodos

La estación experimental se sitúa a unos 950 m de altitud en el concejo de Illano, oeste de Asturias. Sobre nueve parcelas de brezal-tojal de 0,6 ha cada una, en junio de 2002 se establecieron tres tratamientos con tres repeticiones: **CB**: cabras de raza cachemir a baja carga (6,7 hembras/ha); **CA**: cabras de raza cachemir a carga alta (13,3 hembras/ha); y **AA**: cabras

autóctonas de tronco celtibérico a carga alta (11,7 hembras/ha). Las cabras cachemir presentaban un peso vivo medio de 35 kg y las autóctonas de 44 kg. En cada parcela se colocaron 12 trampas de caída no cebadas cada 4 m durante 5 días en junio y agosto de 2003, 2004 y 2005. Paralelos a ellas se establecieron transectos de 50 m para determinar la composición botánica por medio del “sward stick” (Barthram, 1986), donde se tomaron 1000 puntos de contacto por transecto, durante mayo-junio y agosto de cada año (2002-2005).

Sólo artrópodos adultos de tamaño superior a 2 mm (excluidos Orthoptera, Diptera, Lepidoptera así como Hymenoptera no Formicidae) se consideraron y se asignaron a las siguientes categorías tróficas: a) herbívoros, b) carnívoros, y c) detritívoros. Se consideraron los órdenes cuya abundancia superaba el 1% del total del material recolectado. La abundancia de cada grupo se calculó sumando las capturas de las 12 trampas por parcela.

El valor predictivo de las variables vegetales se evaluó mediante Análisis de Redundancias (RDA) con el programa CANOCO versión 4.5 (Ter Braak y Šmilauer, 2002), con datos de la abundancia de fauna transformados [$\log_{10}(n+1)$]. Previamente, un Análisis de Correspondencia Corregido (DCA) reveló longitudes de gradiente inferiores a 3,0, indicativo de una respuesta lineal de los taxones y la idoneidad del RDA. Para identificar las variables vegetales con mayor influencia sobre la fauna y las posibles interacciones de los grupos tróficos animales entre sí, se aplicaron regresiones múltiples lineales para cada periodo (junio, agosto) y año (2003-2005) con el programa SPSS versión 12.0 (SPSS Inc., Chicago, Illinois, EUA).

Resultados

Las consecuencias de los manejos con caprino sobre la vegetación fueron notorias. Las cabras autóctonas redujeron más la cobertura de brezos que las de raza cachemir, permitiendo una mayor presencia de especies herbáceas. Al comparar las cargas alta y baja de raza cachemir, se observó mayor reducción de leñosas y mayor diversidad florística (H' de Shannon) en el tratamiento de carga alta, mientras que la diversidad en el tratamiento de raza autóctona resultó intermedia (para más detalles véase Celaya *et al.*, 2005).

Respecto a la fauna, se recolectaron 11 645 artrópodos (18 individuos/trampa/muestreo) de 19 órdenes, dominando Hymenoptera, Entomobryomorpha, Coleoptera y Araneae, por suponer en conjunto el 88,6% del material recolectado (Tabla 1).

Tabla 1 Abundancia global (porcentaje) de los órdenes y grupos tróficos de artrópodos, y correlaciones significativas ($P < 0,05$) con las variables vegetales y otros grupos tróficos según regresiones lineales múltiples para cada época de muestreo.

	Abundancia (%)	2003		2004		2005	
		Junio	Agosto	Junio	Agosto	Junio	Agosto
<i>Coleoptera</i>	7,42	<i>H'</i> (+)				<i>S</i> (+)	<i>Sd</i> (+)
<i>Entomobryomorpha</i>	18,16			<i>Sd</i> (-)	<i>H'</i> (+)	<i>Sd</i> (+)	
<i>Araneae</i>	11,24	<i>S</i> (+)					
<i>Hemiptera</i>	1,43						
<i>Hymenoptera</i>	51,76	<i>Hoj</i> (+)					<i>H'</i> (-)
<i>Palpatores</i>	4,59			<i>Sd</i> (-)	<i>Sd</i> (-)	<i>Sd</i> (-)	
<i>Otros</i>	5,39						
<i>Carnívoros</i>	72,51	<i>Herb</i> (+)	<i>HR</i> (+)				<i>H'</i> (-)
<i>Herbívoros</i>	6,64		<i>DT</i> (+)			<i>H'</i> (+)	
<i>Detritívoros</i>	20,70		<i>HR</i> (+)	<i>Sd</i> (-)	<i>L</i> (+) <i>CR</i> (-)	<i>Sd</i> (+)	
<i>Omnívoros</i>	0,15						

CR: abundancia de carnívoros; DT: abundancia de detritívoros; HR: abundancia de herbívoros; L: porcentaje de cobertura de leñosas; Herb: porcentaje de herbáceas; Hoj: porcentaje de hojarasca; Sd: porcentaje de suelo desnudo; H': diversidad vegetal (índice de Shannon); S: riqueza de especies vegetales; (+) correlación positiva; (-) correlación

negativa.

De los grupos tróficos, los carnívoros dominaron por el gran número de hormigas capturadas, seguidos de los detritívoros, representados sobre todo por colémbolos, mientras que los herbívoros presentaron menores abundancias. La abundancia total de artrópodos varió entre periodos de muestreo, resultando mayor en los muestreos de junio de los dos primeros años (223 individuos en 2003, 207 en 2004) que en los de agosto (96 en 2003, 116 en 2004). Sin embargo, en el tercer año (2005), la abundancia resultó superior que en años anteriores, capturándose más individuos en agosto (361) que en junio (290).

Tabla 2 Coeficientes del Análisis de Redundancias (RDA) entre la cobertura y diversidad vegetal y los dos principales ejes para la abundancia de artrópodos en un brezal-tojal. Variables de fauna transformadas ($\log(n+1)$).

	Eje 1	Eje 2
Valores propios	0,388	0,213
Correlaciones fauna-vegetación (r)	0,903	0,994
Varianza acumulada (%)		
Vegetación	38,8	60,0
Relación vegetación-fauna	49,0	75,8

Los resultados del RDA mostraron fuertes correlaciones de los ejes con las variables vegetales ($r = 0,903$ para el eje 1 y $r = 0,994$ para el eje 2) y ambos conjuntamente explicaron el 75,8% de la varianza en las relaciones entre las variables vegetales y animales (Tabla 2). El eje 1 definió un gradiente de creciente diversidad florística (desde CB a CA) y el eje 2 un gradiente desde un mayor porcentaje de materia muerta, herbáceas y suelo desnudo a una mayor cobertura de leñosas (de AA a CB) (Fig. 1).

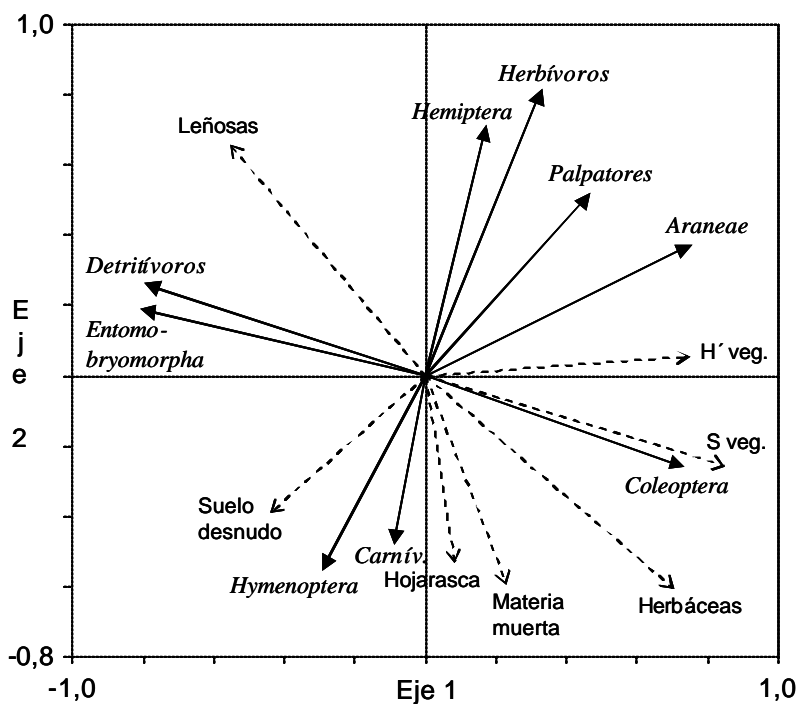


Figura 1. Ordenación de los grupos tróficos y órdenes de artrópodos y de las variables vegetales sobre los dos primeros ejes del Análisis de Redundancias. Carnív: carnívoros; H' veg.:

diversidad vegetal (Shannon); S veg.: Riqueza de especies vegetales.

Los diferentes artrópodos manifestaron distinta sensibilidad a las variables vegetales. Los herbívoros y uno de sus principales representantes, los hemípteros, así como dos grandes grupos de carnívoros (opiliones y arañas) se vincularon a parcelas con menor proporción de suelo desnudo y mayor diversidad vegetal (CA). Los coleópteros, grupo heterogéneo en biología y requerimientos de sus taxones, mostraron preferencia por zonas con mayor riqueza de especies vegetales debida a la mayor presencia de herbáceas (AA y CA). Los carnívoros y sus principales representantes, las hormigas, se asociaron a parcelas con mayor porcentaje de suelo desnudo y hojarasca (AA). Finalmente, los detritívoros y sus principales representantes, los colémbolos, se localizaban en zonas con menor diversidad vegetal y mayor porcentaje de cobertura de leñosas (CB).

Los análisis de regresiones múltiples revelaron que la importancia de la vegetación sobre la fauna, así como las interrelaciones entre la propia fauna, variaban con el tiempo. La diversidad vegetal (H'), la riqueza de especies vegetales y el porcentaje de suelo desnudo se relacionaban significativamente con un elevado número de órdenes y grupos tróficos; de hecho, todos menos los hemípteros respondieron a alguna o varias de estas variables durante los diversos periodos de muestreo. Los grupos tróficos se correlacionaron entre sí positivamente tras el primer periodo de pastoreo (2003), y a partir de agosto de 2004 los artrópodos detritívoros y carnívoros se correlacionaron negativamente (Tabla 1).

Discusión

Las diferencias observadas en la abundancia de artrópodos entre las distintas épocas de muestreo se relacionan con la propia fenología de la fauna (ciclos vitales) así como con las condiciones climáticas (temperatura, humedad) y de hábitat, condicionadas estas últimas mayoritariamente por los cambios observados en la vegetación (composición botánica, estructura, etc.).

La fauna epigea artropodiana mostró preferencias diferenciales en cuanto al hábitat, asociándose a medios donde la diversidad, riqueza de especies, así como la cobertura vegetal, juegan un papel importante, aunque variable con el tiempo, a lo largo del cual también variaron las relaciones entre la propia fauna. Del mismo modo, González-Megías *et al.* (2004) encontraron que los taxones de artrópodos respondían de forma diferente al pastoreo con ungulados y que un taxón podía responder de forma variable según el año y periodo de muestreo, debido probablemente a las variaciones anuales y estacionales en la productividad del hábitat. Perner *et al.* (2005) indicaron que la abundancia de artrópodos no se relacionaba sólo con la riqueza de especies vegetales, y que las abundancias de los taxones se veían afectadas no sólo por los sistemas de manejo, las características del suelo y las interacciones entre la fauna, sino que debían actuar también otros factores bióticos o abióticos. Curry (1998) concluyó que hábitats más complejos ofrecen un abanico mayor de recursos y estructuras que a su vez albergan comunidades de invertebrados más complejas, pero también indicó que los mecanismos implicados, así como la importancia relativa de los diferentes aspectos de la complejidad del hábitat para mantener la diversidad y abundancia faunística, permanecen en gran medida desconocidos. En las mismas parcelas experimentales del presente trabajo, Jáuregui *et al.* (2005) observaron un patrón similar, con fluctuaciones temporales de abundancias de saltamontes y mariposas e interrelaciones variables de la fauna con la vegetación, así como efectos variables del manejo sobre los diferentes taxones. Otros estudios en brezales europeos muestran también composiciones faunísticas diferentes según el tipo de comunidad vegetal. McFerran *et al.* (1994) obtuvieron mayores abundancias de coleópteros asociadas a mayores intensidades de pastoreo y lo relacionaron con el declive en la cobertura de brezo, mientras que Littlewood *et al.* (2006) registraron variaciones en la composición faunística de hemípteros dependiendo del dominio del brezo o de las herbáceas en cada zona, observando una fauna más diversa donde había una mayor cobertura de herbáceas.

Conclusiones

La fauna epigea artropodiana mostró preferencias diferenciales en cuanto al hábitat por lo que se recomienda el uso de diversos taxones animales como indicadores simultáneamente, así como considerar las variaciones en diversidad y abundancia, a la hora de proponer estrategias de manejo y conservación. Los resultados indican que la presencia de hábitats complejos permitiría albergar una mayor abundancia de artrópodos.

Bibliografía

BARTHAM, G.T., 1986. Experimental techniques: the HFRO sward stick. En: *The Hill Farming Research Organisation Biennial Report 1984-1985*, 29-30. H.F.R.O. Bush Estate, Penicuik, Midlothian (RU).

CAGNOLO, L.; MOLINA, S.I.; VALLADARES, G.R., 2002. Diversity and guild structure of insect assemblages under grazing and exclusion regimes in a montane grassland from central Argentina. *Biodiversity and Conservation*, **11**, 407-420.

CELAYA, R.; JÁUREGUI, B.M.; GARCÍA, U.; OSORO, K., 2005. Efectos de la raza y la carga ganadera sobre la cubierta vegetal en brezales-tojales pastados por caprino. En: *Producciones agroganaderas: Gestión eficiente y conservación del medio natural (Vol. I)*, 319-326. Ed. K. OSORO, A. ARGAMENTERÍA, A. LARRACELETA. XLV Reunión Científica de la SEEP. SERIDA. Gijón (España).

CURRY, J.P., 1998. Factors affecting earthworm abundance in soils. En: *Earthworm Ecology*, 37-64. Ed. C.A. EDWARDS. St. Lucie Press. New York (EUA).

GONZÁLEZ-MEGÍAS, A.; GÓMEZ, J.M.; SÁNCHEZ-PIÑEIRO, F., 2004. Effects of ungulates on epigeal arthropods in Sierra Nevada National Park (southeast Spain). *Biodiversity and Conservation*, **13**, 733-752.

JÁUREGUI, B.M.; CELAYA, R.; GARCÍA, U.; OSORO, K., 2005. Influencia de la raza y de la presión de pastoreo del caprino sobre la fauna en un matorral atlántico. En: *Producciones agroganaderas: Gestión eficiente y conservación del medio natural (Vol. II)*, 899-905. Ed. B. DE LA ROZA, A. MARTÍNEZ, A. CARBALLAL. XLV Reunión Científica de la SEEP. SERIDA. Gijón (España).

KRUESS, A.; TSCHARNTKE, T., 2002. Contrasting responses of plant and insect diversity to variation in grazing intensity. *Biological Conservation*, **106**, 293-302.

LITTLEWOOD, N.A.; PAKEMAN, R.J.; WOODIN, S.J., 2006. The response of plant and insect assemblages to the loss of *Calluna vulgaris* from upland vegetation. *Biological Conservation*, **128**, 335-345.

MCFERRAN, D.M.; MONTGOMERY, W.I.; MCADAM, J.H., 1994. Effects of grazing intensity on heathland vegetation and ground beetle assemblages of the uplands of county Antrim, north-east Ireland. *Biology and Environment: Proceedings of the Royal Irish Academy*, **94B** (1), 41-52.

PERNER, J.; WYTRYKUSH, C.; KAHMEN, A.; BUCHMANN, N.; EGERER, I.; CREUTZBURG, S.; ODAT, N.; AUDORFF, V.; WEISSER, W., 2005. Effects of plant diversity, plant productivity and habitat parameters on arthropod abundance in montane European grasslands. *Ecography*, **28**, 429-442.

ROOK, A.J.; TALLOWIN, J.R.B., 2003. Grazing and pasture management for biodiversity benefit. *Animal Research*, **52**, 181-189.

TER BRAAK, C.J.F.; ŠMILAUER, P., 2002. *CANOCO Reference Manual and CanoDraw for Windows User's Guide: Software for Canonical Community Ordination (version 4.5)*. Microcomputer Power. Ithaca, NY (EUA).

Agradecimientos

Queremos agradecer al personal de la finca del Carbayal por su labor al cargo de los animales. Este trabajo forma parte del proyecto UE FORBIOBEN QLK5-2001-00130.

IMPLICATIONS OF GOAT MANAGEMENT ON THE EPIGEIC ARTHROPOD TROPHIC STRUCTURE IN A HEATH-GORSE SHRUBLAND IN THE CANTABRIAN MOUNTAIN RANGE

Summary

The effects of different goat breeds and stocking rates on the vegetation and arthropod trophic groups were studied. The experimental design consisted of three grazing treatments with three replicates: 1) Cashmere breed at low-moderate stocking rate, 2) Cashmere breed at high stocking rate and 3) Local Celtiberic goat breed at high stocking rate. Arthropods were collected with pitfall traps, and vegetation cover and height were measured along permanent transects during June and August in 2003, 2004 and 2005. Redundancy Analysis (RDA) revealed relationships between arthropod groups and vegetation variables. Herbivorous arthropods were favoured by areas with greater plant species richness and lower proportion of bare ground, while detritivorous preferred sites dominated by shrubs and carnivorous were linked to areas with greater litter accumulation. Multiple stepwise regressions for each year and sampling period revealed, not only interactions among fauna and flora, but also between fauna trophic groups. The abundance of carnivorous arthropods negatively related to plant diversity and positively to herbaceous cover and the abundance of herbivorous arthropods. These last ones positively related to plant diversity and the abundance of detritivorous arthropods, which positively interacted with shrub cover and negatively to the abundance of carnivorous arthropods.

Key words: grazing, trophic groups, stocking rate, vegetation cover

¿PODRÍA LA DISPONIBILIDAD Y EL VALOR NUTRITIVO DE LOS PASTOS DE PUERTO DE LA CORDILLERA CANTÁBRICA EXPLICAR SU INVASIÓN POR LA LECHERINA (*Euphorbia polygalifolia* L.)?

MANUEL J. MORA¹, PILAR DE FRUTOS², MARCELIANO SARMIENTO³,
ÁNGEL R. MANTECÓN² & JUAN BUSQUÉ¹

¹Centro de Investigaciones y Formación Agrarias. C/ Héroes 2 de mayo, 27. 39600-Muriedas (Cantabria)

²Estación Agrícola Experimental. CSIC. Finca Marzanas. 24346-Grulleros (León)

³Laboratorio Agroalimentario de Santander. MAPA. C/ Concejo s/n. 39071-Santander (Cantabria)

Resumen

Este trabajo se llevó a cabo en los puertos estivales de Sejos (Cordillera Cantábrica), que en los últimos años están sufriendo una importante invasión por la especie endémica *Euphorbia polygalifolia*, conocida comúnmente como lecherina. El objetivo fue estudiar la hipótesis de que la mayor incidencia de invasión de la lecherina sobre los pastos de *Festuca-Agrostis* sería consecuencia de su mayor utilización forrajera por el ganado, derivada posiblemente de su valor nutritivo más elevado. Para ello, se comparó la disponibilidad vegetal (disponibilidad de MS y altura media del pasto) y el valor nutritivo (composición química y digestibilidad) de pastos dominados por *Festuca nigrescens* Lam. y *Agrostis capillaris* L. (*Festuca-Agrostis*) o por *Nardus stricta* L. (cervunales), a lo largo de la estación de pastoreo.

Los resultados obtenidos no permitieron validar la hipótesis, ya que no se encontraron diferencias significativas en la disponibilidad de ambos tipos de pasto. En cuanto a los parámetros indicativos del valor nutritivo estudiados, solamente se observaron algunas diferencias en los contenidos minerales, que, bajo las condiciones de fuerte presión ganadera existente, no cabe esperar que puedan incidir significativamente en diferencias de selección entre comunidades.

Palabras clave

Euphorbia polygalifolia L., pastos de *Festuca-Agrostis*, cervunal, valor nutritivo, pastos de puerto

Introducción

Los pastos de puerto sobre sustratos ácidos de la Cordillera Cantábrica están sufriendo en los últimos años una invasión por la especie endémica *Euphorbia polygalifolia* L., conocida comúnmente como lecherina. Esta planta es rechazada por el ganado vacuno, mayoritario en la zona, reduciendo la utilización pastoral y la diversidad vegetal de los pastos de puerto afectados (Busqué et al., 2003). El estudio de la estructura, crecimiento y aprovechamiento de mosaicos de pastos invadidos o susceptibles de ser colonizados por *E. polygalifolia* apunta al sobrepastoreo del pasto herbáceo dominado por *Festuca nigrescens* Lam. y *Agrostis capillaris* L. (*Festuca-Agrostis*) como causa probable del proceso de colonización (Busqué et al., 2003). En cambio, aquellos pastos dominados mayoritariamente por *Nardus stricta* L. (cervunales) apenas se están viendo afectados.

El objetivo de este trabajo fue comparar la disponibilidad vegetal, como estimador indirecto de la utilización forrajera, y el valor nutritivo de pastos de *Festuca-Agrostis* y cervunales a lo largo de la estación de pastoreo. Se pretendió con ello probar la hipótesis de que la mayor incidencia de invasión de *E. polygalifolia* sobre los pastos dominados por *Festuca nigrescens* Lam. y

Agrostis capillaris L. es consecuencia de su mayor utilización forrajera por el ganado, derivada posiblemente de su mayor valor nutritivo.

Material y métodos

Zona de estudio

El trabajo se realizó en los puertos estivales de Sejos dentro de la Cordillera Cantábrica (Mancomunidad Campoo-Cabuérniga, Cantabria). El área de estudio comprende unas 2.550 ha con una altitud media de 1.700 msnm y la precipitación anual media es superior a 1.500 mm. Los pastos son de propiedad comunal y forman parte del Parque Natural Saja-Besaya.

La vegetación es una mezcla compleja de diferentes comunidades vegetales, dominando las comunidades herbáceas (*Agrostis-Festuca-Nardus*) y las arbustivas (*Calluna-Erica spp.-Genista florida*) (Busqué et al., 2006). En las últimas décadas, se ha producido una fuerte expansión sobre los pastos herbáceos de sustrato ácido de una euforbiácea (*Euphorbia polygalifolia* L.) conocida comúnmente como lecherina (Busqué et al., 2003).

Muestreos

Durante la estación de pastoreo (desde junio a septiembre) de 2004 se establecieron dos épocas: “Inicio”, antes del 15 de julio, y “Final”, después del 15 de julio, en las que se recogieron un total de 66 muestras de las dos principales comunidades vegetales herbáceas presentes en la zona: pastos dominados por *Festuca nigrescens* y *Agrostis capillaris* (*Festuca-Agrostis*) y pastos con predominio de *Nardus stricta* L. (cervunal).

Las muestras se recogieron sobre manchas de vegetación, libres de la invasión de *E. polygalifolia* pero susceptibles de ser invadidas. Para ello, se segó a ras de suelo el pasto contenido en un cuadrado de 50 cm de lado, lanzado 4 veces al azar dentro de una misma mancha. A su vez, se midió la altura del pasto mediante un transecto de 25 contactos a lo largo de la mancha de vegetación mediante varilla centimétrica, anotando la altura de la especie vegetal contactada.

Valor nutritivo (VN)

Los análisis de materia seca (MS) se realizaron por desecación a 65°C en estufa de aire forzado y los de materia orgánica (MO) mediante incineración a 550°C. La proteína bruta (PB) se estimó multiplicando el nitrógeno Kjeldahl por el factor 6,25. Los contenidos de fibra neutro detergente (FND) y fibra ácido detergente (FAD) se analizaron según las técnicas de Robertson y Van Soest (1981). La digestibilidad enzimática (DigEnz) se llevó a cabo siguiendo los métodos enzimáticos descritos por Riveros y Argamentería (1987). En cuanto al contenido de minerales, el de fósforo se midió mediante espectrofotometría y los de calcio, potasio y magnesio por absorción atómica. A partir de los datos de FND, PB y DigEnz se estimaron los valores de materia orgánica digestible (MOD), según las ecuaciones propuestas por Riveros y Argamentería (1987) y de energía metabolizable (EM) según las del MAFF (1984).

Análisis estadístico

Los datos obtenidos se sometieron a un análisis de varianza univariante, incluyendo en el modelo la comunidad vegetal, la época de pastoreo y su interacción, para lo cual se utilizó el programa estadístico SPSS (SPSS, 1999).

Resultados y discusión

Los valores de biomasa aérea en oferta fueron muy bajos (Tabla 1), sin existir diferencias según el tipo de pasto ($P>0,10$). En el caso de *Festuca-Agrostis*, los valores fueron similares a los encontrados por Busqué et al. (2003) en la misma zona de estudio durante 2002 y 2003 (siempre por debajo de 50 g MS/m²) e inferiores a los registrados en otros pastos de puerto de Cantabria (56 y 102 g MS/m² de disponibilidad media en pastos de *Festuca-Agrostis* y cervunales respectivamente; datos sin publicar). Por otro lado, en ambas comunidades se observó un descenso significativo de la biomasa aérea en oferta ($P=0,012$) y de la altura media del pasto ($P=0,020$) a lo largo de la estación de pastoreo. En los dos casos, las alturas del pasto fueron inferiores a 3,5 cm, de modo que las vacas, de acuerdo con la bibliografía (Osoro et al., 2000), únicamente mantendrían su peso vivo en los casos más favorables.

Tabla 1. Disponibilidad vegetal en pastos de puerto de *Festuca-Agrostis* y de cervunal durante la estación de pastoreo.

Variables \ Época	<i>Festuca-Agrostis</i>		Cervunal		e.t.d	Nivel de significación		
	Inicio	Final	Inicio	Final		Tipo de pasto	Época	Pasto × Época
Disponibilidad de pasto (g MS/m ²)	39,87	27,39	45,64	34,10	4,672	0,185	0,012	0,920
Altura media del pasto (cm)	3,53	2,94	3,37	2,73	0,261	0,479	0,020	0,931

e.t.d. = error típico de la diferencia

Los bajos valores de disponibilidad herbácea encontrados, resultado posiblemente de una presión de pastoreo inicial muy alta (Busqué et al., 2006), podrían causar una reducción en la capacidad de crecimiento del pasto (Hodgson, 1990), no alcanzándose, por tanto, la potencialidad ganadera del puerto. Esto se refleja en un abandono temprano de los pastos de puerto por parte del vacuno (en 2003 el 50% de los efectivos de vacuno que entraron al puerto lo dejaron antes de septiembre). Por el contrario, el ganado equino, más adaptado que el vacuno a los pastos de baja altura (Edwards y Hollis, 1982), permanece en el puerto durante más tiempo (en 2003 el equino, como media, permaneció en Sejos un mes más que el vacuno).

Tabla 2. Parámetros indicativos del valor nutritivo de pastos de *Festuca-Agrostis* y cervunal durante la estación de pastoreo.

Variables \ Época	<i>Festuca-Agrostis</i>		Cervunal		e.t.d.	Nivel de significación		
	Inicio	Final	Inicio	Final		Pasto	Época	Pasto × Época
MS (%)	29,20	34,46	31,28	34,33	1,297	0,452	0,002	0,396
MO (%MS)	92,02	91,72	93,25	93,04	0,663	0,060	0,699	0,944
PB (%MS)	15,34	13,80	14,24	13,08	0,734	0,219	0,071	0,794
FND (%MS)	51,50	55,16	51,45	56,81	1,532	0,604	0,005	0,582
FAD (%MS)	28,33	29,81	27,20	29,16	1,037	0,385	0,106	0,837

DigEnz (%MS)	57,90	51,32	56,95	50,26	1,858	0,591	<0,001	0,976
MOD (%MS)	59,71	56,75	59,57	57,88	0,609	0,747	<0,001	0,581
EM (MJ/kgMS)	9,55	9,06	9,53	9,14	0,095	0,781	<0,001	0,608
P (%MS)	0,17	0,18	0,16	0,14	0,018	0,118	0,682	0,533
Ca (%MS)	0,51	0,44	0,64	0,62	0,058	0,008	0,473	0,640
K (%MS)	1,91	1,52	1,55	1,48	0,109	0,071	0,035	0,144
Mg (%MS)	0,17	0,17	0,20	0,21	0,016	0,029	0,850	0,740

e.t.d. = error típico de la diferencia

Como puede observarse en la Tabla 2, donde se presenta la información relativa al VN de los pastos de *Festuca-Agrostis* y de cervunal, al inicio y final de la estación de pastoreo, el contenido de MS no mostró diferencias entre comunidades, aunque aumentó a medida que avanzaba la estación de pastoreo, reflejo posiblemente de una menor pluviometría en la segunda mitad de la estación de pastoreo. Por el contrario, la MO fue superior en los cervunales, pero no se detectaron diferencias debidas a la época de muestreo, siendo en todo caso los valores similares a los descritos para otros pastos de puerto (Alonso, 1994).

La PB osciló entre el 13% de las muestras de cervunal del final de la estación de pastoreo y el 15,3% de las de *Festuca-Agrostis* recogidas al inicio, valores todos ellos relativamente altos para pastos de montaña (Revesado, 1994; Mandaluniz, 2003). Sus contenidos más bajos según avanzaba la estación de pastoreo coinciden con lo descrito en la mayoría de los trabajos encontrados en la literatura (Gordon, 1989; Alonso, 1994).

Como cabía esperar, los datos relativos a la FND y FAD mostraron una evolución contraria a la de la proteína bruta, es decir, que sus valores se incrementaron al avanzar la estación de pastoreo (Revesado, 1994; Mandaluniz, 2003). Sin embargo, esto sólo resultó estadísticamente significativo en el caso de la FND, mostrando una tendencia para la FAD ($P=0,106$).

La digestibilidad enzimática de la materia seca (DigEnz, %) fue similar en las dos comunidades (54,6 vs. 53,6) y disminuyó con el paso del tiempo (57,4 vs. 50,8), en concordancia con la evolución de la pared celular y, de modo más general, con las relaciones establecidas entre la digestibilidad de los forrajes y su composición química (Van Soest, 1994). Aunque los valores pueden parecer relativamente bajos, hay que tener en cuenta que las digestibilidades estimadas con técnicas enzimáticas suelen ser inferiores a las obtenidas *in vivo* o *in vitro*, fundamentalmente en el caso de alimentos fibrosos (Carro, 1989; Revesado, 1994).

Dado que la MOD y la EM se estimaron a partir de los datos de FND, PB y DigEnz (MAFF, 1984; Riveros y Argamentería, 1987), los resultados no mostraron diferencias entre comunidades vegetales, pero sus valores fueron significativamente inferiores en la época final.

En cuanto al contenido de los minerales analizados, los pastos de *Festuca-Agrostis* presentaron una mayor concentración de potasio, junto con menores valores de calcio y de magnesio, no observándose diferencias en el fósforo. Las concentraciones de Ca, K y Mg pueden considerarse aceptables, pero las del fósforo se encuentran por debajo de lo deseable para pastos aprovechados por ganado vacuno (Hodgson, 1990). Estas deficiencias en fósforo de los pastos, ya documentadas por otros autores (García et al., 1990; García et al., 1994) estarían en consonancia con las carencias en la disponibilidad de este mineral en los suelos de la zona (Alfageme et al., 1996).

La relación Ca/P resultó superior en los cervunales (2,91 vs 4,48; P=0,001), alejándose más del rango recomendado por McDonald et al. (1995) para el ganado vacuno (entre 1/1 y 2/1) que en los pastos de *Festuca-Agrostis*. Si bien parece que relaciones Ca/P inferiores a 7/1 no afectarían significativamente a la eficiencia productiva del ganado (Cohen, 1975; citado por Holechek et al., 2004), no puede descartarse que las diferencias observadas en los balances de estos macrominerales, pudieran jugar un papel relevante en la selección del pasto por el ganado si la presión de pastoreo fuera menor que la actual.

Conclusiones

Con la excepción de algunos contenidos de minerales, no se encontraron diferencias significativas en la disponibilidad vegetal y el valor nutritivo de los dos tipos de pasto comparados.

Por lo tanto, no se puede verificar la hipótesis de que la mayor invasión de *E. polygalifolia* sobre los pastos de *Festuca-Agrostis* sea debida a su mayor utilización forrajera por el ganado, consecuencia de un mayor valor nutritivo.

No obstante, sería interesante, por una parte, profundizar en el conocimiento de las relaciones entre los contenidos de minerales en el pasto y el comportamiento del ganado en pastoreo, y por otra, poder dividir la estación de pastoreo en épocas más distanciadas que permitieran una comparación más clara de los parámetros estudiados. En cualquier caso, convendría tener en cuenta que la diferente susceptibilidad de estas dos comunidades a la invasión por lecherina también podría ser debida a diferencias en los valores de utilización forrajera crítica (Rickert, 1996), fruto de diferentes características ecológicas, (p.ej., capacidad de retención hídrica o textura del suelo), capaces de potenciar o atenuar la competitividad de la lecherina en el proceso de invasión (Archer, 1996).

Bibliografía

ALFAGEME, L.A.; FERNÁNDEZ, B.; BUSQUÉ, J.; SARMIENTO, M.; GÓMEZ, A., 1996. Caracterización ecológica de pastos de montaña de montes comunales de Cantabria. *Actas de la XXXVI Reunión Científica de la SEEP*, La Rioja, 227-231.

ALONSO, M.A., 1994. *Estudio ecológico y valoración de un sistema pastoral de la montaña de León*. Tesis Doctoral. Universidad de León.

ARCHER, S., 1996. Assessing and interpreting grass-woody plant dynamics. En: *The Ecology and Management of Grazing Systems*. J. Hodgson; A.W. Illius (eds). CAB International. New York. Estados Unidos.

BUSQUÉ, J.; MÉNDEZ, S.; FERNÁNDEZ, B., 2003. Estructura, crecimiento y aprovechamiento de pastos de puerto cantábricos invadidos o no por lecherina (*Euphorbia polygalifolia*). *Pastos*, **33**, 283-303.

BUSQUÉ, J.; FERNÁNDEZ, N.; FERNÁNDEZ, B. 2006. A decision support tool to design rangeland sustainable grazing systems. En: J. Lloveras, A. González-Rodríguez, O. Vázquez-Yáñez, J. Piñeiro, O. Santamaría, L. Olea, M.J. Poblaciones (eds). En: *Sustainable grassland productivity, Proceedings of the 21st General Meeting of the European Grassland Federation*, Badajoz, 682-684.

CARRO, M.D. 1989. *Utilización digestiva e ingestión voluntaria de diferentes henos por el ganado ovino*. Tesis Doctoral. Universidad de León.

EDWARDS, P.J.; HOLLIS, S., 1982. The distribution of excreta on New Forest grassland used by cattle, ponies and deer. *Journal of Applied Ecology*, **19**, 953-964.

GARCÍA, A.; RODRÍGUEZ, B.; PÉREZ, E.; GARCÍA, B., 1990. Composición mineral de pastizales en relación con la posición topográfica. En: *Estudio de la producción y aprovechamiento de los pastos en zonas húmedas. XXX Reunión Científica de la SEEP*. San Sebastián, 69-76.

- GARCÍA, R.; PÉREZ, J.E.; MORO, A.; ARÉVALO, M.C.; CALLEJA, A., 1994. Composición mineral (Ca, Mg, P, K y Na) de forrajes y grupos de plantas de prados permanentes de la Montaña de León. En: *Recursos pastables. Hacia una gestión de calidad. XXXIV Reunión Científica de la SEEP*, Santander, 307-312.
- GORDON, I.J., 1989. Vegetation community selection by ungulates on the Isle of Rhum. I. Food supply. *Journal of Applied Ecology*, **26**, 35-51.
- HODGSON, J., 1990. *Grazing Management. Science into practice*. Longman. Essex. Reino Unido.
- HOLECHEK, J.L.; PIEPER, R.D.; HERBEL, C.H., 2004. *Range management. Principles and practices (5th Edn.)*. Pearson Prentice Hall. New Jersey. Estados Unidos.
- MAFF, 1984. *Energy allowances and feeding systems for ruminants*. Reference Book 433. Ministry of Agriculture, Fisheries and Food. HMSO. London. Reino Unido.
- MANDALUNIZ, N., 2003. *Pastoreo del ganado vacuno en zonas de montaña y su integración en los sistemas de producción de la CAPV*. Tesis Doctoral, Universidad de Zaragoza.
- MCDONALD, P.; EDWARDS, R.; GREENHALGH, J.F.D.; MORGAN, C.A. (EDS.) 1995. *Nutrición animal (5^a Ed)*. Acribia, Zaragoza. España.
- OSORO, K.; CELAYA, R.; MARTÍNEZ, A.; ZORITA, E., (2000). *Pastoreo de las comunidades vegetales de montaña por rumiantes domésticos: producción animal y dinámica de la vegetación*. *Pastos*, **30**, 3-50.
- REVESADO, P., (1994). *Valor nutritivo de pastos de montaña e intensidad de selección ejercida sobre los mismos por dos razas ovinas (Churra y Merina)*. Tesis Doctoral. Universidad de León.
- RICKERT, K.G., (1996). *Stocking rate and sustainable grazing systems*. Wageningen Agricultural University Papers, **96**, 29-66.
- RIVEROS, E.; ARGAMENTERÍA, 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.
- ROBERTSON, J.B.; VAN SOEST, P.J., 1981. *The analysis of dietary fiber in food*. Eds. James, W.P.T.; Theander, O.M.D., New York. Estados Unidos.
- SPSS, 1999. *SPSS Base 10.0 Applications guide*. SPSS Inc. Chicago. Estados Unidos.
- VAN SOEST, P.J., 1994. *Nutritional ecology of the ruminant (2nd Edn.)*. Cornell University Press. Ithaca. Estados Unidos.

Agradecimientos

Este trabajo forma parte del proyecto INIA RTA02-027

ADAPTACION DE LAS COLECCIONES NUCLEARES DE LOS GENEROS *LOLIUM* Y *FESTUCA* DEL NORTE DE ESPAÑA

ERNESTO GONZÁLEZ ARRAEZ¹, JOSE ALBERTO OLIVEIRA PRENDES² & LUIS COSTAL ANDRADE³

¹ Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo (CIAM). Apartado 10. 15080 (A Coruña)
Telf: +34 981 647 902 Fax: +34 981673 656

ernesto.gonzalez.arraez@xunta.es

² Universidad de Oviedo. Campus de Mieres. Dpto. de Biología de Organismos y Sistemas.
Área de Producción Vegetal. 33600 Mieres (Asturias)

Telf: +34 985 458 046 Fax: 985 458 056

oliveira@uniovi.es

³ Servizo de Transferencia Tecnolóxica, Estudos e Publicacións. Consellería do Medio Rural.
Fonte dos Concheiros. 15703. Santiago de Compostela (A Coruña)

Telf: +34 981 546 662 Fax: +34 981546 699

luis.costal.andrade@xunta.es

Resumen

Considerando sobre todo el objetivo prioritario de mantener colecciones manejables, se estimó oportuno fijar el número más adecuado de entradas en *Lolium perenne* de 10 (10% de 93 poblaciones), de seis en *Lolium multiflorum* (10% de 53 poblaciones), y cuatro en *Festuca arundinacea* (10% de 33 poblaciones). Basándose en este tamaño de muestra se utilizó el método de selección de poblaciones de máxima contribución a la inercia de la nube de puntos en el espacio factorial de un Análisis de Componentes Principales debido a que es el que se considera más adecuado para el mantenimiento de la diversidad de la colección de partida. Este método se aplicó a una caracterización agromorfológica realizada sobre estas poblaciones durante dos años.

Introducción

La necesidad de establecer bancos de germoplasma de grupos seleccionados de especies con el fin de asegurar que un material adecuado esté disponible para su uso presente y futuro está plenamente reconocida a nivel mundial.

En la actualidad, en España a parte del Centro de Recursos Fitogenéticos del INIA (CRF-INIA), donde se conservan muestras españolas de gramíneas y leguminosas pratenses existe una colección de gramíneas pratenses del Norte de España en el Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo (CIAM), principalmente de los géneros *Lolium* y *Festuca*, una colección del género *Dactylis* en la Misión Biológica de Galicia (MBG) y desde el año 2005, la Universidad de Oviedo, tiene en el Campus de Mieres dentro del Departamento de Biología de Organismos y Sistemas en el Área de Producción Vegetal, un Banco de semillas de gramíneas y leguminosas pratenses de Asturias. Los géneros de gramíneas y leguminosas mejor representados son: *Agrostis*, *Festuca*, *Dactylis* y *Trifolium* (Oliveira, 2006).

En el año 2000 se crearon dos colecciones nucleares en el CIAM, por parte de López y Oliveira (2000), una de raigrás inglés (*Lolium perenne*) y otra de raigrás italiano (*Lolium multiflorum*). En dicho trabajo se utilizaron 74 poblaciones de raigrás inglés y 42 poblaciones de raigrás italiano pertenecientes a la colección de gramíneas pratenses del CIAM y que fueron caracterizadas agrónomicamente durante dos años en el CIAM. Mediante métodos estadísticos multivariados se llegaron a establecer nueve grupos para el raigrás inglés y seis para el raigrás italiano. Con el fin de seleccionar una población representativa de cada grupo se utilizó un

método de muestro dentro de cada grupo que primó las poblaciones de mayor contribución relativa a la inercia de la nube de puntos en un Análisis de Componentes Principales.

Durante los años 2004 a 2006 se realizó una caracterización de poblaciones de gramíneas pratenses recogidas en la Cordillera Cantábrica (Costal *et al.*, 2005, 2006). Debido a la presencia de cultivares comerciales comunes en la caracterización del año 2000 y en la realizada sobre las poblaciones de la Cordillera Cantábrica se ajustaron los datos a los testigos comunes en ambas caracterizaciones y se realizó un análisis multivariable con todas las poblaciones, en total 93 (74 del año 2000 + 19 del año 2005) poblaciones de *Lolium perenne* y 55 (42 del año 2000 + 13 del año 2005) de *Lolium multiflorum*. En el caso de la *Festuca arundinacea*, se realizó una colección nuclear con las 33 muestras disponibles y caracterizadas en la colección del CIAM (24 del año 2000 y 9 del año 2005).

En este trabajo se presentan los resultados de la adaptación de la colección nuclear inicial a la introducción de las nuevas poblaciones caracterizadas.

Materiales y Métodos

Considerando sobre todo el objetivo prioritario de mantener colecciones manejables, se estimó oportuno fijar el número más adecuado de entradas en *Lolium perenne* de 10 (10% de 93 poblaciones), seis en *Lolium multiflorum* (10% de 53 poblaciones), y cuatro en *Festuca arundinacea* (10% de 33 poblaciones). Basándose en este tamaño de muestra se utilizó el método de selección de poblaciones de máxima contribución a la inercia de la nube de puntos en el espacio factorial de un Análisis de Componentes Principales debido a que es el que se considera más adecuado para el mantenimiento de la diversidad de la colección de partida (López y Oliveira, 2000). En este método, la suma generalizada de cuadrados de un grupo de N individuos en un espacio factorial de K variables estandarizadas (media=0, varianza=1) e independientes (coeficiente de correlación=0) es igual al producto N x K. La contribución P_i de cada individuo a la inercia de la nube de puntos es:

$$P_i = \sum_{j=1}^K x_{ij}^2$$

y la contribución relativa CR_i de cada individuo i a la inercia de la nube de puntos está dada por:

$$CR_i = \frac{P_i}{NK}$$

Los individuos con mayor CR_i son los que más contribuyen a la inercia de la nube de puntos. Seleccionando estos individuos se obtiene una subcolección con varianzas elevadas.

Los descriptores utilizados en la colección de raigrás inglés fueron los siguientes: Fecha de espigado (FES en nº de días a partir del uno de enero), crecimiento de invierno (CRI, 1 = poco crecimiento, 5 = mucho), crecimiento de primavera (CRP, 1 = poco crecimiento, 5 = mucho), crecimiento en espigado (CRE, 1 = poco crecimiento, 5 = mucho), crecimiento en otoño (CRO, 1 = poco crecimiento, 5 = mucho), tolerancia a enfermedades foliares de otoño (ENF, 1 = muy sensible, 5 = muy tolerante), abundancia de inflorescencias en espigado (AIN, 1 = muy baja, 5 = muy alta), hábito de crecimiento (HCR, 1 = postrado, 5 = erecto). El cultivar común a todas las poblaciones fue Brigantia.

En la colección de raigrás italiano los descriptores utilizados fueron los siguientes: Fecha de espigado (FES en nº de días a partir del uno de enero), crecimiento de invierno (CRI, 1 = poco crecimiento, 5 = mucho), crecimiento en espigado (CRE, 1 = poco crecimiento, 5 = mucho), tolerancia a enfermedades foliares de otoño (ENF, 1 = muy sensible, 5 = muy tolerante), abundancia de inflorescencias en espigado (AIN, 1 = muy baja, 5 = muy alta), hábito de crecimiento (HCR, 1 = postrado, 5 = erecto). El cultivar común a todas las poblaciones fue Promenade.

En la colección de festuca alta los descriptores utilizados fueron los siguientes: Fecha de espigado (FES en nº de días a partir del uno de enero), crecimiento de invierno (CRI, 1 = poco crecimiento, 5 = mucho), crecimiento en espigado (CRE, 1 = poco crecimiento, 5 = mucho), crecimiento en otoño (CRO, 1 = poco crecimiento, 5 = mucho), tolerancia a enfermedades foliares de otoño (ENF, 1 = muy sensible, 5 = muy tolerante), abundancia de inflorescencias en espigado (AIN, 1 = muy baja, 5 = muy alta), hábito de crecimiento (HCR, 1 = postrado, 5 = erecto). El cultivar común a todas las poblaciones fue Tima

Resultados

Lolium perenne

Una vez ajustadas todas las poblaciones (93 poblaciones) al testigo común Brigantia se determinaron mediante un ACP las 10 poblaciones con mayor contribución relativa a la inercia de la nube de puntos.

Los números (Numba1) de las poblaciones seleccionadas en *Lolium perenne* fueron las siguientes: 0007, 0010, 0011, 0037, 0043, 0270, 0278, 1241, 1331 y 1332.

Tabla 1. % Contribución = suma al cuadrado de las coordenadas de las poblaciones en los ejes con autovalores >1 dividido entre N° poblaciones * nº de ejes con autovalores >1.

Código	0043	0007	0270	0278	0037	1241	1331	0010	0011	1332
% Contribución	6,94	4,4	2,98	2,88	2,85	2,82	2,66	2,44	2,37	2,3

Tabla 2. Características agromorfológicas de las poblaciones de raigrás inglés seleccionadas. Fecha de espigado (FES en nº de días a partir del uno de enero), crecimiento de invierno (CRI, 1 = poco crecimiento, 5 = mucho), crecimiento de primavera (CRP, 1 = poco crecimiento, 5 = mucho), crecimiento en espigado (CRE, 1 = poco crecimiento, 5 = mucho), crecimiento en otoño (CRO, 1 = poco crecimiento, 5 = mucho), tolerancia a enfermedades foliares de otoño (ENF, 1 = muy sensible, 5 = muy tolerante), abundancia de inflorescencias en espigado (AIN, 1 = muy baja, 5 = muy alta), hábito de crecimiento (HCR, 1 = postrado, 5 = erecto)

Código	FES	CRI	CRP	CRE	CRO	ENF	AIN	HCR
0043	159,8	5	5	5	5	4	4	3
0007	159,8	5	5	5	5	5	5	4
0270	142,4	1	1	2	2	4	2	4
0278	148,4	2	2	2	2	3	3	3
0037	156,0	5	5	5	5	5	4	4
1241	125,7	3	4	3	3	4	4	5
1331	139,3	4	4	4	4	4	5	5
0010	162,4	4	3	3	3	3	2	3
0011	163,4	4	4	4	4	4	3	3
1332	136,3	4	5	4	5	5	4	5
Brigantia	151,5	4	4	4	4	4	4	4

Lolium multiflorum

En la colección total de raigrás italiano (55 poblaciones) una vez ajustadas todas las poblaciones al testigo común Promenade (alternativo tetraploide) se determinaron mediante un ACP las seis poblaciones con mayor contribución relativa a la inercia de la nube de puntos.

Los números de las poblaciones seleccionadas de *Lolium multiflorum* fueron las siguientes: 0307, 0320, 0371, 1212, 1205 y 1326.

Tabla 3. % Contribución = suma al cuadrado de las coordenadas de las poblaciones en los ejes con autovalores >1 dividido entre N° poblaciones * n° de ejes con autovalores >1.

Código	0307	0320	0371	1326	1212	1205
% Contribución	7,4	4,8	3,9	3,6	3,4	3,1

Tabla 4. Características agromorfológicas de las poblaciones de raigrás italiano seleccionadas (Ver Tabla 2) para la definición de los caracteres agromorfológicos y su escala.

Código	FES	CRI	CRE	AIN	ENF	HCR
0307	129,9	5	5	5	5	3
0320	71,6	1	1	3	4	3
0371	132,6	1	2	5	5	2
1326	124,6	5	3	4	4	3
1212	135,2	5	4	4	4	3
1205	133,9	5	4	4	5	4
Promenade	132,6	4	4	4	4	4



Figura 1. Distribución de las accesiones seleccionadas del género *Lolium*. Los círculos corresponden al raigrás inglés y los triángulos al raigrás italiano. La correspondencia entre los códigos en el mapa y los del número del banco del CIAM son los siguientes: raigrás inglés (1 = 0043, 2 = 0007, 3 = 0270, 4 = 0278, 5 = 0037, 6 = 1241, 7 = 1331, 8 = 0010, 9 = 0011, 10 = 1332), raigrás italiano (1 = 0307, 2 = 0320, 3 = 0371, 4 = 1326, 5 = 1212, 6 = 1205).

Festuca arundinacea

Una vez ajustadas todas las poblaciones (33 poblaciones) al testigo común Tima se determinaron mediante un ACP las cuatro poblaciones con mayor contribución relativa a la inercia de la nube de puntos.

Los números (Numbal) de las poblaciones seleccionadas en *Festuca arundinacea* fueron las siguientes: 0007, 0010, 0011, 0037, 0043, 0270, 0278, 1241, 1331 y 1332.

Tabla 5. % Contribución = suma al cuadrado de las coordenadas de las poblaciones en los ejes con autovalores >1 dividido entre N° poblaciones * n° de ejes con autovalores >1.

Código	0710	0704	0721	0703
% Contribución	9,5	6,1	5,2	5,2

Tabla 6. Características agromorfológicas de las poblaciones de festuca alta seleccionadas. (Ver Tabla 2) para la definición de los caracteres agromorfológicos y su escala).

Código	FES	CRI	CRE	CRO	AIN	ENF	HCR
0710	67,5	5	4	4	3	3	2
0704	68,8	5	5	5	4	4	3
0721	118,3	2	2	2	2	4	3
0703	76,5	3	3	3	2	3	3
Tima	109,5	4	4	4	4	4	4



Figura 2. Distribución de las accesiones de festuca alta seleccionadas (1 = 0710, 2 = 0704, 3 = 0721, 4 = 0703).

Discusión

La caracterización de las colecciones de recursos fitogenéticos en los bancos de germoplasma pone de manifiesto en muchos casos la existencia de material duplicado y redundante en las colecciones. El concepto de colección nuclear proporciona un acceso más fácil a las colecciones de germoplasma, aunque las metodologías empleadas en su creación difieren mucho (Van Hintum, 1999).

La utilización de métodos de creación de colecciones nucleares basados en la determinación de los individuos que más contribuyen a la varianza de la colección total utilizando un análisis de componentes principales sobre datos agromorfológicos, se considera uno de los métodos más eficaces según varios autores (Van Hintum *et al.*, 2000, López y Oliveira, 2000).

Para fijar el tamaño de las colecciones nucleares de cada especie se tuvo en cuenta la capacidad del CIAM para la multiplicación de poblaciones, y que al mismo tiempo se obtuviera una proporción relativa suficiente sobre las colecciones de partida. Actualmente la capacidad del CIAM para realizar el proceso de multiplicación en campos aislados oscila entre 15 y 20 poblaciones por año.

La proporción de entradas en la población nuclear es una decisión arbitraria que depende del propósito de la misma, oscilando normalmente entre el 5 y el 20% en la mayoría de los casos (Van Hintum, 1999). En este trabajo se ha considerado oportuno fijar dicha proporción en un 10% del número de poblaciones en la colección total para cada una de las especies.

Con las poblaciones seleccionadas en las tres especies que presentaban mayor número de entradas en la colección del CIAM, se espera conservar la mayor parte de la diversidad de la colección total con un mínimo de redundancias y con el menor tamaño posible.

Conclusiones

Mediante el método de selección de poblaciones de máxima contribución a la inercia de la nube de puntos en el espacio factorial de un Análisis de Componentes Principales se seleccionaron 10 entradas en *Lolium perenne* (10% de 93 poblaciones), seis en *Lolium multiflorum* (10% de 53 poblaciones), y cuatro en *Festuca arundinacea* (10% de 33 poblaciones). Estas poblaciones formaran la colección nuclear de estas especies en el CIAM.

Bibliografía

- COSTAL, L., GONZÁLEZ, E., OLIVEIRA, J.A., 2005. Resultados medios de la caracterización agronómica de gramíneas pratenses de la Cordillera Cantábrica. En: Producciones agroganaderas: Gestión eficiente y conservación del medio natural (Vol. II). *Actas de la XLV Reunión Científica de la SEEP*, pp. 473-480. Gijón. Asturias.
- COSTAL, L., GONZÁLEZ, E., OLIVEIRA, J.A., 2006. Characterisation of Cantabrian (Northwest Spain) tall fescue wild populations. En: *Grassland Science in Europe*, Vol. 11, pp. 170-172. Badajoz.
- LÓPEZ, J., OLIVEIRA, J.A., 2000. Comparación de procedimientos para elaborar colecciones nucleares en poblaciones españolas de raigrás inglés e italiano. *Pastos*, XXX (1), 71-102.
- OLIVEIRA, J. A., 2006. *Conservación y utilización de recursos fitogenéticos de gramíneas pratenses*. ISBN: 84-85592-36-0. Edita CERSA (Madrid), p. 165.
- VAN HINTUM, T.J.L., 1999. Status of, and perspectives for core collections. En: *Implementation of the Global Plan of action in Europe-Conservation and Sustainable Utilization of Plant genetic resources for Food and Agriculture*, 187-190. Co. T. GASS, L.

FRESE, F. BEGEMANN, E. LIPMAN. Proceedings of the European Symposium, 30 June-3 July 1998, Braunschweig, Germany. IPGRI. Roma (Italia).

VAN HINTUM, T.J.L., BROWN, A.H.D., SPILANE, C., HODGKIN, T., 2000. *Core Collections of Plant Genetic Resources*. IPGRI Technical Bulletin n° 3. IPGRI. Rome (Italy).

Agradecimientos

Este trabajo se ha podido realizar gracias a la financiación concedida al proyecto del INIA RF-025-C2-1, financiado por el Ministerio de Ciencia y Tecnología dentro de la acción estratégica de conservación de los recursos genéticos de interés agroalimentario.

EFFECTOS DE LA QUEMA CONTROLADA SOBRE BREZAL-TOJAL EN EL VALOR PASTORAL Y LAS PROPIEDADES DEL SUELO

E. AFIF & J. A. OLIVEIRA

Universidad de Oviedo. Departamento de Biología de Organismos y Sistemas.

Campus de Mieres. 33600 Mieres (Asturias).

Tel.: 985458048; Fax: 985458056

*elias@uniovi.es

Resumen

Se evaluaron las propiedades edáficas en un área de 2,68 ha en la pendiente NE del “monte Tuña”, municipio de Tineo, afectado por quema controlada a hecho descendente de *Erica* y *Ulex* con un rendimiento de 1,5 ha h⁻¹. Las alteraciones en el suelo a los 6, 12, 18 y 24 meses después de la quema, se produjeron a 0,2, 2-5 y 5-10 cm de profundidad, demostrando la existencia de un incremento de la fertilidad de los suelos quemados. A los 6 y 12 meses del fuego hubo un aumento de la fracción arcilla y una disminución de la fracción arena y viceversa al cabo de 18 y 24 meses de la quema. El valor pastoral aumentó 37% a los 12 meses de la quema, observando a partir de allí, una leve disminución a los 24 meses. El aumento de fertilidad podría ser aprovechado por la cubierta vegetal resultado de la brotación de la vegetación quemada.

Palabras clave: análisis de suelo, biodiversidad, fuego prescrito.

Introducción

Con una quema adecuadamente planificada se alcanzan varios objetivos: reducir la materia combustible peligrosa; estimular el crecimiento de pastos de interés ganadero y proveer rebrotes nutritivos para el ganado; contribuir al control de plagas y enfermedades y a la preparación del suelo para sembrar o plantar. Sin embargo, las quemas controladas evidencian, casi siempre, un incremento de material susceptible de ser erosionado a causa de la desestructuración del suelo y una mayor circulación superficial del agua debido a la eliminación de la cubierta vegetal (Inbar *et al.*, 1998).

El interés del estudio de las propiedades físicas y químicas de los suelos forestales afectados por el fuego reside fundamentalmente en valorar la disponibilidad de nutrientes, así como la pérdida de materia orgánica y los cambios en la textura del suelo (Úbeda, 2001). El fuego, a veces enemigo, a veces amigo, en cualquier caso, siempre repercute sobre los recursos naturales existentes en cualquier ecosistema. Es esencial, por consiguiente, tener en cuenta su efecto probable a largo plazo al formular planes y programas de desarrollo forestal. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo es analizar el cambio que experimenta el valor pastoral y algunas de las propiedades del suelo tras una quema controlada de matorral.

Materiales y Métodos

La zona de estudio, el monte comunal denominado “monte Tuña”, se encuentra situada en el municipio de Tineo (Fig. 1), provincia de Asturias (U.T.M.: 29 X712669; Y4790512), a una altitud de 970 m, siendo la cota más baja 910 m. El suelo se clasifica como Ustochrept desarrollado sobre areniscas feldespáticas. La vegetación está dominada por *Erica australis* y *Ulex europaeus* (60:40) en la parte baja de la ladera, y por *Erica arborea* y *Ulex europaeus* (75:25) en la zona alta. Las gramíneas, sobre todo *Agrostis sp.pl.* y otras especies pratenses, como *Daboecia cantábrica*, ocupan los claros que dejan las formaciones arbustivas. El uso del monte es el pastoreo de ganado bovino y equino, en forma mancomunada. La precipitación y la

ETP media anual es de 1131 y 667 mm respectivamente. La temperatura media anual de 12,3 °C. La orientación de la zona es NE, con una pendiente media del 46,7%.

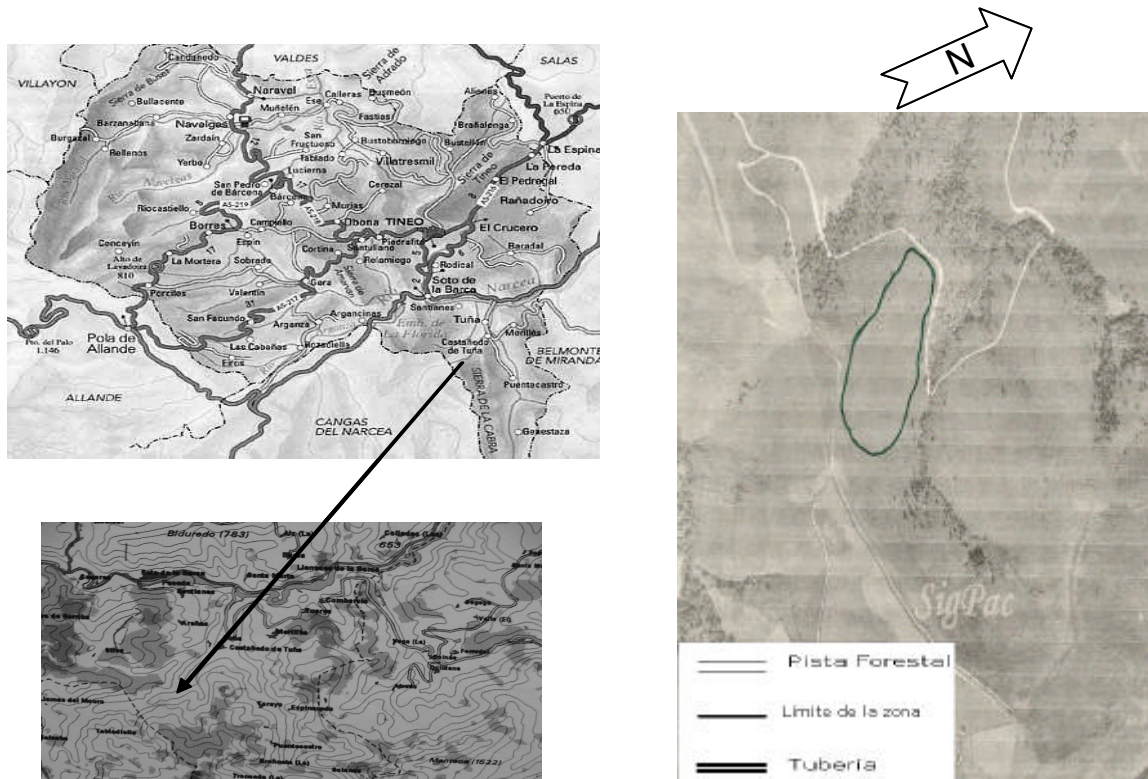


Figura 1. Mapa de localización del área quemada en el monte Tuña, municipio de Tineo, Asturias.

El “monte Tuña” tiene una superficie de 10 ha de las cuales se quemaron 2,68 ha, el 15 de diciembre de 2004 con un fuego prescrito de matorral realizado por 6 bomberos de Tineo y Cangas del Narcea con la presencia de un guarda forestal y dos técnicos del equipo de prevención de incendios forestales (EPRIF) de Asturias. La quema fue a hecho con viento y ladera en contra (quema descendente), alcanzando un rendimiento de 1,5 ha h⁻¹.

El muestreo de suelo en la zona afectada se realizó una hora antes de la quema, a los 6, 12, 18 y 24 meses a 0-2, 2-5 y 5-10 cm de profundidad, por ser los más afectados por el fuego y donde se producen los principales cambios (Úbeda, 2001). Las muestras se tomaron con la ayuda de una sonda holandesa en un recorrido zig-zag, evitando los límites de la parcela, con el fin de tener una muestra representativa compuesta por la homogenización de 15 muestras simples de unos 100 g cada una de ellas para cada profundidad. Las muestras de suelo se secaron al aire a temperatura ambiente, se desmenuzaron, trituraron suavemente y se hicieron pasar por un tamiz de 2 mm de luz de malla circular para quitar los elementos gruesos. En ellas se determinó la textura según el método de la pipeta usando hexametáfosfato sódico más Na₂CO₃ como dispersante; el pH potenciométricamente en una suspensión suelo:agua 1:2,5; sales solubles en el extracto 1:5; bases extraíbles, con CINH₄ 1 N, por absorción atómica; nitrógeno total por el método Kjeldahl; el carbono orgánico por ignición y el fósforo disponible se determinó por el método de Mehlich 3 (Mehlich, 1985), por ser el más adecuado para la estimación de fósforo asimilable en una amplia gama de suelos no calcáreos (Monterroso *et al.*, 1999). Los análisis se realizaron por duplicado en cada fecha de muestreo y para todas las profundidades, presentando la media como resultado.

Para estimar el valor pastoral (método de Daget y Poissonet, 1972) y la biomasa total antes de la quema, a los 12 y 24 meses, se dividió la zona de estudio en tres zonas latitudinales. En cada zona se tomaron 5 muestras de forma aleatoria con la ayuda de un marco cuadrado metálico de 0,25 m² de superficie. Las gramíneas, leguminosas y otras especies se cortaron al ras del suelo, anotando el % de cobertura de cada especie dentro del marco. El material vegetal fresco de cada especie se pesó y se transfirió en sobres de papel a una estufa 48 h a 70 °C para determinar su peso seco. El índice de Shannon (H), indicador de la biodiversidad (Shannon y Weaver, 1949) y el índice de Equitatividad (E), indicador de la uniformidad del muestreo (Pielou, 1975), fueron calculados a partir de las siguientes ecuaciones:

$$H = -\sum b \times \ln b ; \quad E = \frac{H}{\ln N}$$

siendo $b = \frac{\text{biomasa total de una especie}}{\text{biomasa total de todas las especies}}$ y $N = \text{n}^\circ$ de grupos.

Los datos obtenidos se analizaron mediante análisis de varianza (ANOVA) para determinar la existencia de diferencias estadísticamente significativas entre las capas superficiales y subsuperficiales, utilizando el programa SPSS 12.0 (SPSS, 2004).

Resultados y discusión

El pH del suelo aumentó significativamente después de la quema ($F=10,595$; $p<0,05$) (Fig. 2), de acuerdo con una multitud de informaciones publicadas al respecto (Romanyá *et al.*, 1994; Giovannini, 1997; Úbeda, 2001), que muestran un aumento significativo del pH en los suelos incendiados. Estos cambios en el pH se deben, según Giovannini (1994), a la pérdida de grupos hidrófilos por parte de las arcillas y a la formación de óxidos derivados de la disolución de carbonatos.

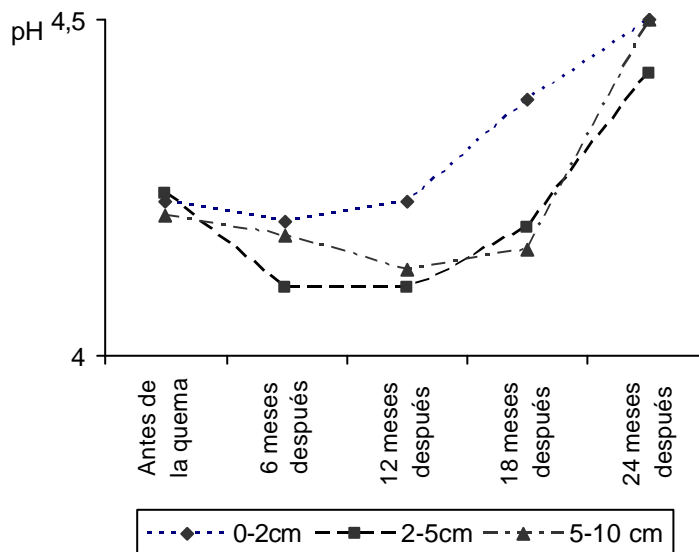


Figura 2. Evolución del pH en la parcela de estudio.

Respecto de la textura (Tabla 1), y después de 6 y 12 meses de la quema, decrece el contenido en arena sin mostrar ningún tipo de tendencia significativa ($F=1,970$; $p>0,05$), a la par que aumenta significativamente el contenido en arcilla ($F=20,192$; $p<0,001$), mientras que a los 18 meses disminuye el contenido en arcilla a la par que aumenta el de arena y viceversa a los 24 meses. Estos cambios pueden ser debidos a una microignición fraccionada que quizás se vea enmascarada por una eventual y débil reestructuración, lo que viene a coincidir con lo observado por Úbeda (2001).

Tabla 1. Valores medios de arena, limo y arcilla en la zona de estudio antes y después de la quema controlada.

	Arena	Limo	Arcilla
	-----%-----		
Antes de la quema	74,37	13,39	12,24c
A los 6 meses	68,84	13,88	17,28b
A los 12 meses	65,81	14,77	20,42a
A los 18 meses	73,59	11,08	15,33b
A los 24 meses	69,52	13,11	17,37b

a, b, c en la misma columna indican diferencias significativas para $P < 0,05$

El porcentaje de carbono experimentó un aumento gradual estadísticamente no significativo ($F=1,519$; $p > 0,05$). A los 24 meses se observa un aumento del carbono (Tabla 2), que puede ser parcialmente debido al incremento de cobertura vegetal, ya que las raíces de herbáceas y leguminosas añaden materia orgánica al suelo (Marcos *et al.*, 1999). Estos resultados coinciden con los de Sánchez *et al.* (1994) y Úbeda (2001) que observan un incremento de la materia orgánica en suelos que han sufrido fuegos de baja intensidad. La concentración del nitrógeno total a lo largo del tiempo aumentó gradual y significativamente ($F=15,978$; $p < 0,001$), siguiendo los cambios observados en la materia orgánica (Tabla 2). Según De Lillis (1993) el contenido de nitrógeno en los suelos quemados tiende a incrementar o disminuir, a lo largo del tiempo, según la abundancia de herbáceas perennes.

Tabla 2. Valores medios de carbono y nitrógeno en la zona de estudio antes y después de la quema controlada.

	Carbono	Nitrógeno
	-----%-----	
Antes de la quema	10,56	0,12b
A los 6 meses	11,52	0,20b
A los 12 meses	13,00	0,32a
A los 18 meses	13,00	0,33a
A los 24 meses	13,57	0,40a

a, b en la misma columna indican diferencias significativas para $P < 0,05$

Con relación al fósforo asimilable y en todas las profundidades estudiadas (Fig. 3), se observó un incremento extraordinario estadísticamente significativo ($F=7,559$; $p < 0,05$), debido al aumento de la temperatura capaz de mineralizar el fósforo orgánico y a la adición de fósforo por parte de la combustión de la vegetación (Romanyá *et al.*, 1994; Giovannini, 1997). Este hecho se considera responsable, en una buena parte, de la fertilidad que podría aprovechar la cubierta vegetal tras un tratamiento previo de quemado.

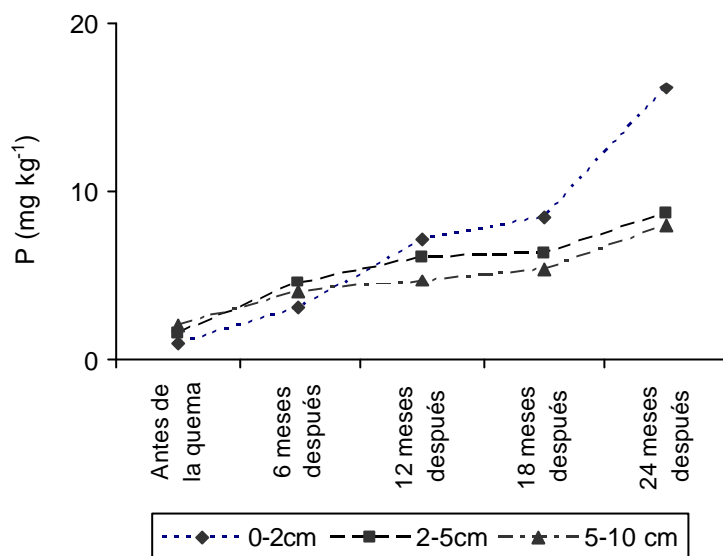
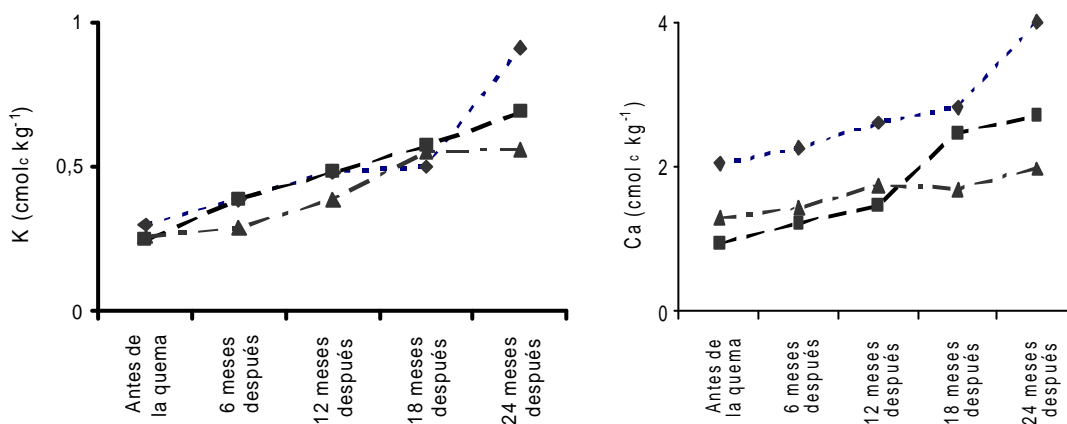


Figura 3. Evolución del fósforo asimilable en la parcela de estudio.

El potasio experimentó un aumento estadísticamente significativo ($F=11,499$; $p<0,05$) al igual que el sodio ($F=24,981$; $p<0,001$), mientras que el aumento generalizado en la concentración de calcio y magnesio a los largo del tiempo no mostró ningún tipo de diferencia significativa ($p=0,146$ y $0,126$ respectivamente) (Fig. 4). Giovannini (1997) obtuvo resultados semejantes en parcelas quemadas a baja intensidad (desde los 170 °C hasta los 500 °C), atribuyendo el aumento a la ceniza producida tras la combustión de la vegetación.



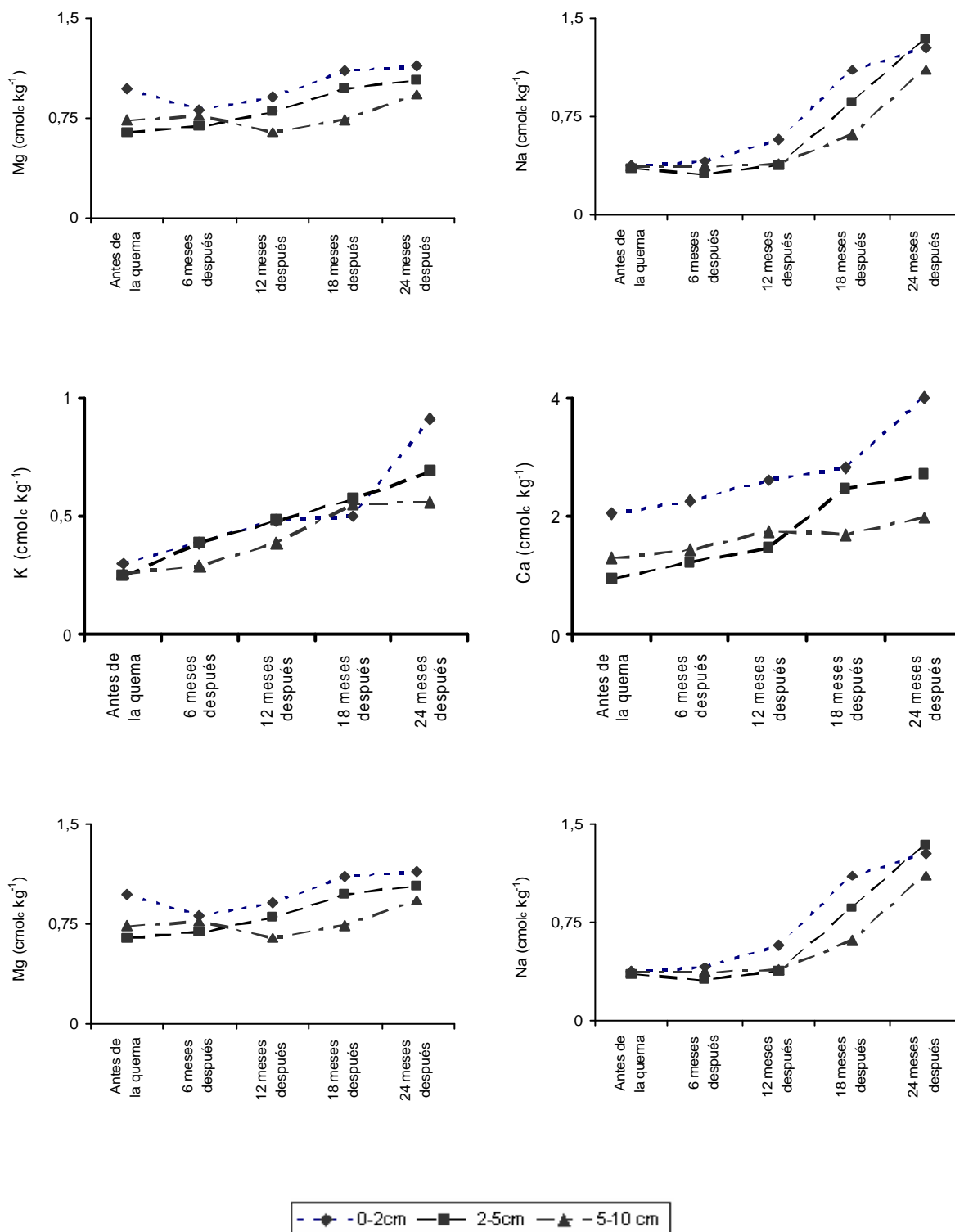


Figura 4. Evolución del contenido en K, Ca, Mg y Na solubles en la parcela de estudio.

El bajo valor pastoral antes de la quema calculado por la ecuación de Daget y Poissonet (1972) aumentó 37,07% a los 12 meses de la quema, observando a partir de allí, una leve disminución de 5,66% a los 24 meses (Tabla 3), debido al pastoreo de ganado bovino y equino en la zona. El índice de Shannon (H) indicador de la biodiversidad también experimentó un aumento de 50,69% a los 12 meses y a partir de allí una disminución de 14,55%, al igual que el índice de Equitatividad (E) indicador de la uniformidad del muestreo (aumento del 50% y disminución del 13,13% a los 12 y 24 meses), teniendo en cuenta que los valores obtenidos en ambos casos a los 24 meses superan los valores iniciales antes de la quema. Estos resultados indican el buen aprovechamiento de la vegetación del aumento de la fertilidad del suelo tras la quema controlada.

Tabla 3. Valor pastoral (VP), índices de Shannon (H) y Equitatividad (E) en la zona de estudio antes y después de la quema controlada.

	VP ¹	? Biomasa (g m ⁻²)	H ²	E ³
Antes de la quema	23,2	327,03	0,73	0,66
A los 12 meses	31,8	73,09	1,10	0,99
A los 24 meses	30,0	293,63	0,94	0,86

¹ VP = 0,2 × ?cobertura media (%) × índice de calidad. ² H = - ? (biomasa total de una especie / biomasa total de todas las especies) × ln (biomasa total de una especie / biomasa total de todas las especies). ³ E = H / ln (N° de grupos).

Conclusiones

Las alteraciones en el suelo a los 6, 12, 18 y 24 meses de la quema controlada se produjeron a 0-2, 2-5 y 5-10 cm de profundidad, reflejando la existencia de un incremento de la fertilidad del suelo quemado, lo que podría ser aprovechado para el rápido establecimiento de una cubierta vegetal debido al rebrote de la vegetación quemada.

Bibliografía

DAGET P., POISSONET J., 1972. Un procédé d'estimation de la valeur pastorale des fourrages, Francia. *Fourrages*, **49**, 31-39.

DE LILLIS M., 1993. Use of water and nutrient by Mediterranean resprouters and reseeder in post-fire succession. En: *Fire in Mediterranean Ecosystems*, ECSC-EEC-EAEC, Brussels, Belgium, pp. 365-377.

GIOVANNINI G., 1994. The effect of fire on soil quality. En: *Soil erosion as a consequence of forest fires*. Eds. Sala M. y Rubio J.L. Geoderma, Logroño, España, pp. 15-27.

GIOVANNINI G., 1997. The effect of fire on soil quality. physical and chemical aspects. En: *Forest fire risk and management*. Eds. Balabanis G.E.P. y Fantechi R. Proceedings of the European School of Climatology and Natural Hazards course. European Commission, Porto Carras, Halkidiki, Greece, pp. 217-248.

INBAR M., TAMIR M., WITTENBERG L., 1998. Runoff and erosion processes after a forest fire in Mount Carmel, a Mediterranean area, *Geomorphology*. **24**, 17-33.

MEHLICH A., 1985. Mehlich 3 soil test extractant: A modification of Mehlich 2 extractant. *Soil Sci. and Plant Anal.* **15**, 1409-1416.

MARCOS E., TÁRREGA R., DE LUIS-CALABUIG E., 1999. Alteraciones producidas por un incendio forestal en el suelo de una repoblación de *Pinus radiata*. *Edafología*. **6**, 27-35.

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.

PIELOU, E. C., 1975. *Ecological diversity*. John Wiley and Sons. Inc. New York, pp. 165.

ROMANYÁ J., KHANNA P.K., RAISON R.J., 1994. Effects of slash burning on soil phosphorous fraction and sorption and desorption of phosphorous. *Forest Ecology and Management*. **65**, 89-103.

SÁNCHEZ J.R., MANGAS V.L, ORTIZ C., BELLOT J., 1994. Forest fire effect on soil chemical properties and runoff. En: *Soil erosion as a consequence of forest fires*. Eds. Sala M. y Rubio J.L. Geoderma, Logroño, España, pp. 53-65.

SHANNON C.E, WEAVER W., 1949. *The mathematical theory of communication*. University of Illinois Press. Urbana, IL, EEUU, pp. 144.

SPSS 2004. SPSS para windows, version 12.0. SPSS Inc.

ÚBEDA X., 2001. Influencia de la intensidad de quemado sobre algunas propiedades del suelo después de un incendio forestal. *Edafología*. **8**, 41-49.

EFFECTS OF CONTROLLED BURN ON HEATH-GORSE SHRUBLANDS IN THE PASTORAL VALUE AND SOIL PROPERTIES

Summary

The edaphic factors have been evaluated in an area of 2.68 ha in the pending NE of the "Tuña" woodland municipality of Tineo, affected by descending controlled burns of *Erica* and *Ulex* with a yield of 1.5 ha h⁻¹. The soil alterations to the 6, 12, 18 and 24 months after it burns, took place to 0-2, 2-5 and 5-10 cm of depth, showing the existence of an increment of the soil fertility. To the 6 and 12 months of the fire, clay fraction increased and sand diminished and vice versa to the 18 and 24 months of the controlled burns. The pastoral value increased 37% to the 12 months of the burns, observing from there, a light decrease to the 24 months. The increase of fertility after the fire it could be taken advantage of by the vegetal cover result of the burned vegetation regrowth.

Key words: biodiversity, prescribed fire, soil analysis.

INCIDENCIA DE METALES PESADOS EN LA BIODIVERSIDAD DE PASTIZALES EN EL EMPLAZAMIENTO DE UNA EXPLOTACIÓN ABANDONADA DE BARITINA

ANA JESÚS HERNÁNDEZ ¹ & JESÚS PASTOR ²

(1) Dpto. de Ecología, Universidad de Alcalá, Madrid. Edificio Ciencias. Campus Universitario. Ctra. Madrid-Barcelona, km 33,600. E-28871 Alcalá de Henares (Madrid)

Telf: +34 91 8854913 Fax: 34 91 8854929

E.mail anaj.hernandez@uah.es

(2) Dpto. de Ecología de Sistemas, Instituto Recursos Naturales. Centro Ciencias Medioambientales, CSIC. Serrano, 115 dpdo. 28006 Madrid

E-mail: jpastor@ccma.csic.es

Resumen

En la sierra de Guadarrama han existido en el pasado, numerosas explotaciones mineras. Entre éstas se encuentra una antigua mina de Barrio, acompañado especialmente de Zn, Cu, Pb y Cd, y que en la actualidad soporta una vegetación de pastizales. Estudiamos cómo es la contaminación de metales pesados en este emplazamiento y su efecto sobre la diversidad y composición florística.

Los contenidos disponibles de Zn, Cu y Cd, junto al pH y el contenido de Na cambiante del suelo, se encuentran entre los factores edáficos que más influyen sobre las características evaluadas en estas comunidades.

Palabras clave: composición florística, macronutrientes, metales pseudototales, metales disponibles.

Introducción

La mayoría de los sistemas ubicados en suelos afectados por antiguas explotaciones mineras en el territorio correspondiente a la facies Madrid (arcosas), son pastizales. Para conocer si la contaminación de los suelos de estos emplazamientos afecta a la biodiversidad y composición florística vegetal, se hace necesario conocer algunas características de los suelos y comunidades de los mismos en el territorio, pero que no presenten esta perturbación de origen antrópico.

El impacto más obvio de un contaminante en las comunidades vegetales es su efecto sobre la diversidad de las especies y esto es a menudo el principal efecto medioambiental, que se evalúa en los estudios de impacto. Por esta razón, un índice de impacto de los contaminantes normalmente utilizado en los ecosistemas ha sido la biodiversidad, pero ello ha ocurrido principalmente en medios acuáticos y en microorganismos y fauna edáfica, mientras que existen muchos menos datos sobre la importancia de los contaminantes sobre la riqueza de especies en comunidades vegetales, y menos aún sobre cómo afectan éstos a los índices de diversidad.

Para aplicaciones prácticas, los ecotoxicólogos seleccionaron algunos de los diversos índices existentes, que podrían aplicarse a las muestras, para medirla, ya que por razones prácticas, las comunidades no pueden ser evaluadas por completo en todas y cada una de sus especies. El índice de Shannon, ha sido desde hace tiempo, el usado más ampliamente en ecotoxicología, pero se ha empleado poco para evaluar la incidencia de metales pesados en las comunidades vegetales.

La reducción en la densidad y diversidad de las especies en los hábitats crónicamente contaminados, es la principal contribución al conocimiento de las alteraciones que ocurren en la estructura de la comunidad (Kandeler et al. 1996, Müller et al., Urcelai et al. 2000, Yao et al.

2006). A pesar de varias críticas que cuestionan su uso, las especies indicadoras también parecen ser pertinentes para evaluar los efectos de los contaminantes en las comunidades (Gyedu-Ababio et al. 1999, Pastor et al. 2003) y proporcionan una valiosa información sobre los efectos tempranos de los contaminantes en las biotas. Los medios por los que son controladas las poblaciones de las distintas especies, son uno de los aspectos más importantes del nicho ecológico.

La presencia de un contaminante en un hábitat impactará en el área ocupada por cada especie o en los recursos usados por cada una de ellas, dependiendo del nivel de tolerancia o sensibilidad de las mismas. Por consiguiente, el equilibrio entre varios componentes de una comunidad se perturbará según y como los contaminantes fueren modificaciones en la competencia, lo que llevará a la eliminación de las poblaciones más sensibles. Por consiguiente, la distribución de frecuencias de las especies variará, en diferente grado, según la contaminación crónica de un ecosistema.

Sabido es que la familia de las gramíneas, crucíferas y cariofiláceas se encuentran entre las que poseen un mayor número de especies adaptadas a crecer sobre suelos contaminados por metales pesados, por ello hemos decidido añadir a nuestra evaluación general de la biodiversidad, la riqueza en especies de las principales familias existente en los diferentes suelos muestreados. A este tema se une otro muy controvertido, el de como mejor evaluar la disponibilidad de los metales, ya que la mayoría de la información bibliográfica existente, proviene de la valoración de contenidos totales. Nosotros valoraremos un procedimiento de contenidos pseudototales y el método de Lakanen & Ervio de elementos disponibles.

Materiales y Métodos

a) Zona de estudio. La antigua mina "La Asturiana", elegida junto a su entorno inmediato como zona de estudio, se sitúa geográficamente en las estribaciones de la sierra de Guadarrama, cerca del pueblo de Robledo de Chavela. Se explotó hasta mediados de los años 40 del pasado siglo, para la obtención de baritina mediante minería subterránea y a cielo abierto, sobre el mismo granito. Hasta los años 80 existían diversas escombreras provenientes del pozo principal y de sus galerías. Se trata de una mineralización filoniana, situada en el contacto entre un macizo granítico y el complejo metamórfico del Escorial-Villa del Prado (Peinado 1970). Las mineralizaciones encajan en adamelitas porfídicas y leucogranitos, en las que se observa una densa red de fracturación (ITGME 1990). Esta constituida por granito biotítico con feldespatos y se encuentran además restos de rocas metamórficas, que se clasifica como una variedad calcoalcalina en tránsito hacia la granodiorita (De Pedro 1956). El mineral ferromagnésico es una biotita muy férrica.

La baritina aparece en las cotas más elevadas de los filones de cuarzo, que se presentan arrosariados, muy irregulares. Son más bien lentejones, con variaciones de potencia y frecuentes ramificaciones. Se extienden en profundidad y longitud y llegan a tener hasta 1 m de potencia, en la parte más ancha. Le acompañan bandas de caolín y arcilla que llegan a los 15 cm. Los filones de baritina llevan asociados sulfuros: esfalerita, calcopirita y galena principalmente (Gutiérrez et al., 1986).

Además de los metales presentes en la paragénesis (Pb, Zn, Cu, Ba y Fe) es muy frecuente encontrar Cd, aunque poco abundante, procedente de las sustituciones isomórficas en la esfalerita rica en Fe, en la galena y en la calcopirita. La presencia de abundantes sulfuros pudo producir una dispersión de elementos pesados en los suelos, a través de la red de drenaje (Gutiérrez-Maroto et al., 1989).

Los suelos del área donde se encuentra la mina son cambisoles (Monturiol y Alcalá del Olmo, 1990) y han sido clasificados por la FAO como cambisoles húmicos y dístricos, así como gleysols eútricos, en las zonas encharcadas, (Gutiérrez-Maroto et al. 1989) y regosoles.

b) *Muestreo de las comunidades de pasto.* Han sido inventariadas 27 cuadrículas, de 25 x 25 cm, distribuidas al azar en las comunidades de pastizales oligotrofos, que crecen en los claros del retamar predominante en el área. Tres para cada tipo de suelo afectado por su mayor o menor proximidad a la bocamina y escombreras. El procedimiento de muestreo ha sido establecer un transecto desde la zona de la bocamina hasta un arroyo cercano, y continuado luego, atravesado éste, hasta el límite de la finca, en la que termina la explotación, que viene marcada por la controvertida "carretera de los pantanos".

Al principio de la primavera, se marcaron, tirando al azar unos marcadores de plástico, grupos de 3 parcelas, no muy distantes entre sí. El primer grupo con las tres primeras parcelas se situó en el área de entrada a la bocamina. A intervalos, más o menos regulares, en línea recta, a derecha e izquierda, y siguiendo el camino que va de la bocamina al arroyo, se situaron otros tres grupos de tres parcelas sobre pequeños montículos, posiblemente provenientes de antiguas escombreras, o sobre suelo llano, hasta aproximarnos al arroyo. Además, también a izquierda y a derecha, se situaron otros dos grupos de tres parcelas, sobre los taludes que bordean el camino, en la zona más cercana a la bocamina, y que constituían igualmente restos de antiguas escombreras de mayor envergadura.

Finalmente atravesado el arroyo, y hasta llegar a la carretera, se ubicaron otros dos grupos de parcelas, situadas en claros del retamar. Las tres parcelas del suelo control fueron tomadas también en retamares de la zona, alejados del área de influencia de la mina.

Se pretende así conocer, además de las características de los suelos y de los metales aflorados por la explotación minera, las especies que crecen en dichos suelos, en el mismo emplazamiento de la antigua mina y en su entorno más próximo.

Tabla 1. Inventario de las especies vegetales encontradas.

GRAMINEAS	<i>Ornithopus compressus</i> L.	<i>Tolpis barbata</i> (L.) Gaertner
<i>Agrostis castellana</i> Boiss. & Reut.	<i>Trifolium arvense</i> L.	OTRAS
<i>Avena barbata</i> Pott ex Link	<i>Trifolium campestre</i> Schreber	<i>Anagallis arvensis</i> L
<i>Bromus hordeaceus</i> L.	<i>Trifolium retusum</i> L	<i>Asterolinon linum-stellatum</i> (L.) Duby in DC.
<i>Bromus rubens</i> L.	<i>Trifolium cherleri</i> L	<i>Bellardia trixago</i> (L.) All
<i>Corynephorus fasciculatus</i> Boiss.& Reut	<i>Trifolium dubium</i> Sibth.	<i>Centranthus calcitrapae</i> (L.) Dufur.
<i>Cynosorus echinatus</i> L.	<i>Trifolium gemellum</i> Pourret ex Willd	<i>Cerastium glomeratum</i> Thuill
<i>Gaudinia fragilis</i> (L.) P.Beauv.	<i>Trifolium glomeratum</i> L	<i>Brassica barrelieri</i> (L.) Janka
<i>Holcus lanatus</i> L.	<i>Trifolium scabrum</i> L	<i>Echium plantagineum</i> L
<i>Mibora minima</i> (L.) Desv.	<i>Trifolium striatum</i> L	<i>Erodium cicutarium</i> (L.) L Her
<i>Molineriella laevis</i> (Brot.) Rouy	<i>Trifolium suffocatum</i> L	<i>Galium parisiense</i> L
<i>Phalaris</i> sp.	<i>Trifolium tomentosum</i> L.	<i>Geranium molle</i> L
<i>Poa bulbosa</i> L.	<i>Vicia sativa</i> L.	<i>Herniaria glabra</i> L
<i>Polypogon maritimus</i> Willd	COMPUESTAS	<i>Juncus buffonius</i> L.
<i>Stipa parviflora</i> Desf.	<i>Andryala integrifolia</i> L	<i>Petrorhagia nanteuilii</i> (Burnat) P.W. Ball & Heywood
<i>Taeniatherum caput-medusae</i> (L) Nevski	<i>Anthemis arvensis</i> L.	<i>Plantago afra</i> L
<i>Trisetum ovatum</i> (Cav.) Pers.	<i>Artemisia campestris</i> L	<i>Plantago coronopus</i> L
<i>Vulpia bromoides</i> (L.) Gray	<i>Calendula arvensis</i> L	<i>Plantago lanceolata</i> L.
<i>Vulpia ciliata</i> Dumort.	<i>Carduus tenuiflorus</i> Curtis	<i>Plantago lagopus</i> L.
<i>Vulpia myuros</i> (L.) C.C. Gmel	<i>Centaurea melitensis</i> L	<i>Rumex acetosella</i> subsp. <i>Angiocarpus</i> Murb.
<i>Vulpia unilateralis</i> (L.) Stace	<i>Crepis capillaris</i> (L.) Wallr.	<i>Sanguisorba minor</i> Scop.
LEGUMINOSAS	<i>Chamaemelum mixtum</i> (L) All	<i>Scirpoides holoschoenus</i> (L.) Sojak
<i>Biserrula pelecinus</i> L.	<i>Hypochoeris radicata</i> L.	<i>Silene gallica</i> L.
<i>Hymenocarpus cornicina</i> (L.) Vis.	<i>Leontodon taraxacoides</i> (Vill.)Mérat	<i>Silene nocturna</i> L
<i>Hymenocarpus lotoides</i> (L.) Vis	<i>Pulicaria paludosa</i> Link	<i>Spergularia rubra</i> (L.) J et C Presl.
<i>Lathyrus aphaca</i> L.	<i>Senecio vulgaris</i> L	<i>Veronica triphyllos</i> L
<i>Medicago minima</i> (L.) Bartal.	<i>Sonchus asper</i> (L.) Hill	

c) *Parámetros evaluados, análisis químicos, y tratamiento numérico.* Los parámetros evaluados han sido la cobertura vegetal del suelo, además del n° total (riqueza) de especies y el índice de Shannon Los datos transformados logarítmicamente han sido estudiados mediante índices de correlación de Pearson (SPSS 13,0 package).

Los análisis de suelos: pH, M.O., macronutrientes (Ca, Mg, K y Na, cambiables) y la composición granulométrica, fueron realizados según Hernández y Pastor (1989). Los metales seudototales (Ba, Pb, Zn, Cu, Cd, Ni y Cr) fueron obtenidos por Fluorescencia de Rayos X, y los "disponibles", por el método de acetato-EDTA (Lakanen and Ervio 1971), y luego determinados por espectroscopía de emisión de plasma.

Resultados y Discusión

La Tabla 1 muestra el inventario de las especies recolectadas en el área. La vegetación corresponde fundamentalmente a formaciones de encinar degradado con retamas. Los pastizales corresponden a diferentes ecosistemas, desde pastos xéricos a otros más húmedos, pastoreados por vacuno, ovino y fauna silvestre.

Los valores medios de los contenidos en metales y los principales factores edáficos, que afectaron a la diversidad de las comunidades de pasto, se muestran en la Tabla 2 El pH oscila de 5,9 a 7,2 y los valores de M.O. entre 1,9 a 8,5 %. Se trata de suelos arenosos, pobres en arcilla, con niveles bajos de nutrientes, especialmente P. Los metales pesados incluyen a los derivados de las rocas, granitos y gneis, tales como Cr, Ni, Cd y Ba, y los que aparecen en la paragénesis de la mina, como sulfuros de Cu y Zn.

En la Tabla 3, se exponen distintos índices de la biodiversidad vegetal en este emplazamiento de mina, así como los valores de la cubierta vegetal, obtenidos en los pastizales correspondientes a los diferentes suelos.

Tabla 2. Valores medios y desviaciones típicas de macronutrientes, metales pesados seudototales y disponibles, y otras de las principales características edáficas de los suelos.

Variables edáficas	Suelo 1	Suelo 2	Suelo 3	Suelo 4	Suelo 5	Suelo6	Suelo 7	Suelo 8	Suelo 9
pH	6,6±0,2	6,3±0,2	6,7±0,1	6,1±0,1	6,0±0,1	6,2±0,3	6,1±0,1	6,2±0,1	5,9±0,1
M.O.%	7,1±0,6	4,5±0,3	5,7±0,8	7,2±0,7	6,1±0,2	2,4±0,6	1,9±0,1	2,0±0,2	3,4±0,4
Ca mg/100g	211±12	128±7,6	118±9,8	187±5,1	140±6,5	131±4,6	92±6,6	69±14,5	84,8±7,9
Mg mg/100g	21,2±3,6	7,4±1,8	10,1±2,9	12,2±3,8	15,8±2,7	7,5±1,6	6,4±0,9	6,0±1,5	9,8±1,7
K mg/100g	58±14	12,2±6,5	32,7±9,6	37,3±9,2	27,7±4,0	4,5±1,3	12,7±2,1	17,7±4,2	11,8±1,5
Na mg/100g	3,7±1,2	2,2±0,8	2,7±1,8	2,3±1,3	2,5±0,5	1,7±0,7	2,3±1,3	2,0±1,0	1,4±0,5
Zn XRF ppm	796±18	469±21	134±9,3	224±8,8	191±11,1	170±9,4	107±4,1	105±3,7	55,2±3,1
Zn L&E ppm	198±13	46,8±6,0	14,8±2,1	7,1±1,2	13,3±0,7	13,7±1,9	2,5±0,6	2,4±0,7	0,2±0,2
Pb XRF ppm	619±16	75±6,3	290±10,8	80±16,5	92±5,3	89±5,6	57±23,3	67±25,7	29±3,9
Pb L&E ppm	52±3,0	0,7±0,4	81,7±5,3	12,0±3,1	20,0±3,0	0,0±0,0	0,0±0,0	0,0±0,0	0,0±0,0
Cu XRF ppm	215±26	46,7±4,7	35,4±3,3	55,3±4,6	42,7±3,1	48,3±5,4	19,7±1,5	20,5±1,6	25,3±5,2
Cu L&E ppm	100±4,6	3,3±1,1	2,3±0,9	2,3±0,7	3,3±0,7	3,3±0,9	1,4±0,9	0,7±0,7	1,0±0,4
Cd XRF ppm	16,7±2,1	2,7±0,8	1,1±1,1	0,3±0,6	1,1±1,0	2,4±1,1	0,0±0,0	0,0±0,0	0,0±0,0
Cd L&E ppm	2,5±0,4	0,3±0,6	0,0±0,0	0,0±0,0	0,0±0,0	0,3±0,6	0,0±0,0	0,0±0,0	0,0±0,0
Cr XRF ppm	2,7±0,6	34,3±5,6	12,3±1,8	16,3±0,7	22,7±2,5	33±2,6	30,3±3,1	28,7±2,9	35,7±9,5
Ba XRF %	7,4±0,1	0,1±0,03	0,02±0,0	0,02±0,0	0,2±0,0	0,1±0,01	0,1±0,0	0,1±0,0	0,1±0,0
Arena %	76,7±2,6	66,1±2,6	76,3±0,6	70,7±0,7	67,0±1,3	78,0±6,3	75,7±1,2	76,3±1,2	78,7±2,5
Limo %	17,7±2,0	26,6±0,6	18,2±0,6	22,7±0,7	26,3±0,6	15,0±2,0	19,3±1,2	18,7±0,6	17,0±2,0

XRF: Metales seudototales; L&E (método de Lakanen y Ervio): Metales pesados biodisponibles.

Tabla 3. Valores medios y desviaciones típicas de la biodiversidad y de la cubierta vegetal de las principales familias botánicas.

Variables edáficas	Suelo 1	Suelo 2	Suelo 3	Suelo 4	Suelo 5	Suelo 6	Suelo 7	Suelo 8	Suelo 9
I. Shannon	1,96±0,9	2,33±0,2	2,21±0,3	2,89±0,3	2,15±0,2	2,12±0,2	2,34±0,1	2,43±0,2	2,61±0,2
Especies n°	13,7±2,3	16,3±2,5	15,3±3,5	27,0±7,0	19,7±3,2	17,0±1,0	17,3±3,8	17,3±2,1	25,3±0,6
Gramin. n°	3,7±0,6	2,0±0,0	1,7±1,1	5,3±2,1	6,3±1,5	4,7±0,6	3,0±1,0	4,3±0,6	5,7±0,6
Legumin. n°	1,3±0,6	4,3±1,2	3,7±2,1	5,0±2,0	4,0±0,0	3,7±0,6	4,7±1,5	1,3±1,5	4,0±1,0
Comptas. n°	3,3±0,6	2,3±0,6	3,0±1,0	6,0±2,6	2,3±1,1	3,7±0,6	3,7±1,5	4,0±1,0	5,7±0,6
Otras n°	5,3±±1,1	7,7±2,5	7,0±1,0	10,7±1,5	7,0±2,0	5,0±0,0	6,0±1,0	7,7±1,2	10,0±0,0
Cub. Veg. %	40±6,4	48±15,5	65±5,2	60±12,3	128±24,3	46±11,4	51±8,7	42±7,6	84±8,3

La Tabla 4, muestra las correlaciones detectadas entre los contenidos de metales pesados de los suelos y otros factores edáficos y los indicadores de biodiversidad de las comunidades vegetales. Puede verse que los principales factores que condicionan la diversidad vegetal fueron los contenidos de metales pesados seudototales y disponibles: Zn, Pb, Cu y Cd, junto con el pH y los niveles de Na cambiante. Vangrosveld et al. (1996) señalaron que la diversidad de las plantas superiores y los hongos saprofitos, fue extremadamente baja en áreas industriales con suelos contaminados con los mismos elementos: Zn, Pb, Cu y Cd. Los valores del Índice de Shannon y de la riqueza de especies estuvieron significativamente correlacionados, de manera negativa, con los contenidos de metales de los suelos.

Tabla 4. Correlaciones entre los descriptores de la biodiversidad y los contenidos de metales seudototales y disponibles, y otras propiedades químicas y físicas de los suelos de la mina.

Variables edáficas	Índice de Shannon	Especies n°	Gramíneas n°	Leguminosas n°	Compuestas n°	Otras n°	Cubierta vegetal %
Zn XRF	- 0,397(*)	- 0,430(*)	- 0,226	- 0,182	- 0,349(F)	- 0,326(F)	- 0,349(F)
Zn L&E	- 0,554(**)	- 0,557(**)	- 0,304(F)	- 0,210	- 0,431(*)	- 0,463(*)	- 0,309(F)
Pb XRF	- 0,553(**)	- 0,600(**)	- 0,366(F)	- 0,427(*)	- 0,323(F)	- 0,399(*)	- 0,275
Pb L&E	- 0,277	- 0,213	- 0,160	- 0,113	- 0,191	- 0,085	- 0,227
Cu XRF	- 0,432(*)	- 0,313(F)	0,006	- 0,224	- 0,139	- 0,318(F)	- 0,226
Cu L&E	- 0,516(**)	- 0,435(*)	- 0,063	- 0,362(F)	- 0,166	- 0,425(*)	- 0,274
Cd XRF	- 0,630(***)	- 0,533(**)	- 0,113	- 0,326(F)	- 0,284	- 0,528(**)	- 0,313(F)
Cd L&E	- 0,432(*)	- 0,412(*)	- 0,051	- 0,424 (*)	- 0,049	- 0,379(*)	- 0,307(F)
Cr XRF	- 0,362(F)	- 0,332(F)	0,108	- 0,371(F)	- 0,047	0,222	0,201
Ba XRF	- 0,455(*)	- 0,391(*)	- 0,025	- 0,383(*)	- 0,122	- 0,349(F)	- 0,222
pH	- 0,512(**)	- 0,653(***)	- 0,583(***)	- 0,313(F)	- 0,281	- 0,444(*)	- 0,435(*)
Na	- 0,580(**)	- 0,629(***)	- 0,236	- 0,236	- 0,491(**)	- 0,533(**)	- 0,180
Arena	- 0,036	- 0,062	- 0,049	- 0,268	- 0,407(*)	- 0,174	- 0,311(F)
Limo	- 0,113	- 0,087	- 0,095	- 0,257	- 0,363(F)	- 0,242	- 0,307(F)

***significativo al nivel 0.001; **significativo al nivel 0.01; *significativo al nivel 0.05; F fiable significativo al nivel del 0,1

Como en este estudio, Koptsik et al. (2003) encontraron que en los suelos contaminados por metales pesados, los principales índices de diversidad estaban altamente correlacionados con las propiedades de los suelos, sugiriendo que los metales pesados y los contenidos de nutrientes eran los mejores predictores de la diversidad en los suelos contaminados. Vidic et al. (2006) detectaron también una correlación negativa entre las concentraciones del Pb, Zn y Cd de los suelos y varios marcadores de la biodiversidad, determinados en un gradiente de contaminación creciente.

Para el Zn y el Cu, los índices de correlación fueron más elevados con respecto a los contenidos disponibles que a los seudototales.

Conclusiones

Podemos concluir diciendo, que los contenidos de metales pesados de los suelos así como el de Na cambiante, afectan fuertemente a la biodiversidad vegetal.

Cuando examinamos los efectos de los metales pesados sobre las familias o grupos de especies, se observa que el nº de gramíneas es bastante indiferente a los contenidos seudototales de metales y fue afectado en cambio por el pH. El nº de leguminosas está principalmente afectado por los niveles de Cd y Cu biodisponibles y las concentraciones seudototales de Pb y Ba. Los efectos sobre las compuestas parecen producirse principalmente por el contenido disponible de Zn. El grupo de "otras especies" se comporta de forma parecida con respecto al índice de Shannon y a la riqueza total de especies. Entre todos los grupos estudiados, de los que tres, corresponden a familias botánicas definidas; este 4º grupo, "miscelánea", parece ser el "mejor indicador" de la contaminación del suelo por la existencia de, metales pesados, ya que en él se incluyen, muchas especies relacionadas con actividades antropozoógenas.

Bibliografía

DE PEDRO, F. 1956. *Estudio geoquímico de los granitos de la Sierra del Guadarrama*. Universidad Complutense, Madrid, Tesis doctoral.

GUTIERREZ, A.; MORCILLO, E.; GUIJARRO, J.; MORENO, A. 1986. Mineralizaciones de baritina y fluorita con sulfuros asociados del SO de la Sierra del Guadarrama. *Mat. Proc. Geol. IV*: 103-126.

GUTIERREZ MAROTO, A.; SOBRADOS BERNARDOS, L.; JIMÉNEZ-BALLESTA, R.; MORCILLO LÓPEZ, E.; ÁLVAREZ J.B. 1989. Dispersión de elementos pesados y su incidencia en el medio natural. *Bol Geol Miner* **100-105**: 886-896.

GYEDU-ABABIO, T.K.; FURSTENBERG J. P.; BAIRD, D.; VANREUSEL, A. 1999. Nematodes as indicators of pollution: A case study from the Swartkops river system, S. Africa. *Hydrobiol* **397**, 155-169.

ITGM 1990. San Martín de Valdeiglesias. Memoria y hoja. *Mapa Geológico de España, Escala 1: 50000*. Instituto Tecnológico GeoMinero de España, Madrid.

HERNÁNDEZ, AJ, PASTOR J. 1989. Técnicas analíticas para el estudio de las interacciones suelo- planta. *Henares, Rev. Geol.*, **3**: 67-102.

KANDELER, E.; KAMPICHLER, C.; HORAK, O. 1996. Influence of heavy metals on the functional diversity of soil microbial communities. *Biol Fert Soils* **23**, 299-306.

KOPTSIK, S.; KOPTSIK, G.; LIVANTSOVA, S.; ERUSLANKINA, L.; ZHMELKOVA, T.; VOLOGDINA, Z. 2003. Heavy metals in soils near the nickel smelter: Chemistry, spatial variation and impacts on plant diversity, *J Environ Monit* **5**: 441-450.

LAKANEN, E.; ERVIO, R. 1971. A comparison of eight extractants for the determination of plant available micronutrients in soils. *Acta Agric Fenn* **123**: 223-232.

MONTURIOL, F.; ALCALÁ DEL OLMO, L.; 1990. *Mapa de asociaciones de suelos de la Comunidad de Madrid*. CAM. Consejería de Agricultura y Cooperación y CSIC, Madrid, 71 pp.

MÜLLER, A.K.; WESTERGAARD, K.; CHRISTENSEN, S.; SØRENSEN, S.J. 2002. The diversity and function of soil microbial communities exposed to different disturbances. *Microbial Ecol* **44**, 49-58.

PASTOR, J.; GUTIERREZ-MAROTO, A.; HERNANDEZ, A.J. 2003. Biomarcadores a nivel de una comunidad de pasto y de una población herbácea forrajera para suelos contaminados por cobre. *Anales de Biología* **25**: 103-108.

PEINADO, M. 1970. Carácter del metamorfismo en el macizo metamórfico El Escorial-Villa del Prado (Sistema Central Español). *Est. Geol.* **26**: 323-326.

URCELAI, A.; HERNANDEZ, A.J.; PASTOR, J. 2000. Biotic indices based on soil nematode communities for assessing soil quality in terrestrial ecosystems. *Sci Total Environ.* **247**, 253-261.

VANGROSVELD, J.; COLPAERT, J.V.; VAN TICHELEN, K.K. 1996. Reclamation of a bare industrial area contaminated by non-ferrous metals: physicochemical and biological evaluation of the durability of soil treatment and revegetation. *Environ. Pollut.* **94**: 131-140.

VIDIC, T.; JOGAN, N.; DROBNE, D.; VILHAR, B. 2006. Natural revegetation in the vicinity of the former lead smelter in Zerjav, Slovenia. *Environ. Sci. Technol.* **40**: 4119-4125.

YAO, H.Y.; LIU, Y.Y.; XUE, D.; HUANG, C. 2006. Effect of copper on phospholipid fatty acid composition of microbial communities in two red soils. *J Environ Sci* **18**, 503-509.

Agradecimientos: Al Proyecto CTM2005-02165/TECNO, financiado por el MEC y al Programa EIADES, financiado por la CAM.

EFFECTS OF SOIL HEAVY METALS AT AN ABANDONED BARIUM MINE SITE ON THE BIODIVERSITY OF ITS PASTURES

In the Sierra de Guadarrama (central Spain) there have been numerous mines in the past. Among these we find an old Ba mine, polluting the soil mainly with Zn, Cu, Pb and Cd, which today sustains pasture vegetation. In this study, we assessed heavy metal pollution at this abandoned mine site and its effects on plant diversity and floral composition. Results so far indicate that available Zn, Cu and Cd contents, along with the soil pH and Na level, are among the soil factors that most affect the characteristics of the plant communities examined.

Key words : Floristic composition, macronutrients, pseudototal metals, available metals.

Producción Vegetal





“Producción Vegetal:
Un enfoque ambiental y Socio-Económico”

CONFERENCIA SESIÓN II: Producción Vegetal



Miguel Angel Álvarez
INDUROT (Oviedo)

PRODUCCIÓN VEGETAL

“Producción Vegetal: Un enfoque ambiental y Socio-Económico”

CONFERENCIA SESIÓN II: PRODUCCIÓN VEGETAL

**Miguel Angel Álvarez
INDUROT (Oviedo)**

LA PRODUCCIÓN VEGETAL: UN ENFOQUE TERRITORIAL,
AMBIENTAL Y SOCIOECONÓMICO
MIGUEL ÁNGEL ÁLVAREZ GARCÍA, EDYTA WOZNIAK & LAURA GARCÍA
DE LA FUENTE

INDUROT Instituto de Recursos Naturales y Ordenación del Territorio. UNIVERSIDAD DE OVIEDO

Campus Universitario de Mieres

c/ Gonzalo Gutiérrez Quirós, s/n

Mieres Asturias 33600

Telf: +34 985 45 81 18 Fax: +34 985 45 81 10

***maalvarez@indurot.uniovi.es**

Resumen

Las técnicas para el estudio de la vegetación han experimentado notables cambios en los últimos años, en un amplio abanico que va desde las de tipo molecular hasta los Sistemas de Información Geográfica (Terradas, 2001). Entre ambos extremos se encuentran muchas innovaciones en la medida de variables ecofisiológicas, de forma directa o mediante teledetección, así como otras técnicas analíticas no destructivas, que junto con la mejora de las técnicas de modelización, simulación y tratamiento estadístico han permitido desarrollar herramientas que permiten abordar el análisis territorial de la vegetación a distintas escalas espaciotemporales.

En esta ponencia se analiza el papel de estas técnicas en relación con la caracterización de usos del suelo, sus aplicaciones en relación con la valoración de la producción y la aplicación de técnicas de teledetección y SIG en ámbitos socioeconómicos y ambientales.

Abstr act

In the last few years the vegetation study techniques have experienced remarkable changes widely ranging from the molecular type ones to the Geographic Information Systems (Terradas, 2001). Among both ends many innovations in the measurement of ecophysiological variables are found, direct or through teledetection, as well as other nondestructive analytical techniques. Together with the improvement of the techniques of modelization, simulation and statistical treatment, they have allowed the development of tools which approach the territorial analysis of the vegetation on different spacetime scales. The aim of this talk is to analyze the role of these techniques in relation to land use characterization, their relevance to the production valuation, and the application of teledetection and GIS techniques in socioeconomic and environmental issues.

Palabras Clave

Teledetección, GIS

La teledetección es una de las herramientas más útiles y económicas para el seguimiento de los pastos. Los datos obtenidos a partir de las imágenes de satélite y las fotos aéreas facilitan considerablemente la gestión de los pastos y la sostenibilidad del uso.

Gracias a la gran variedad de los sensores es posible hacer los estudios a varias escalas espaciales y temporales con distintos enfoques:

- Estructurales: Cartografías de usos del suelo, clasificaciones de los tipos de pastos, etc.
- Dinámicos: Productividad primaria neta, seguimiento de las sequías u otras

perturbaciones, etc.

En ambos casos la teledetección tiene la gran ventaja de la posibilidad de los estudios multitemporales de largas series de datos y de alta frecuencia. Gracias a las características de los sensores y los métodos aplicados, los datos obtenidos son homogéneos, comparables y objetivos, permitiendo desarrollar clasificaciones automáticas.

Los primeros sensores utilizados para la obtención de los datos previamente mencionados fueron lanzados y operativos ya en los años 60 y 70 (Thiros – 1960 y su sucesor NOAA 1979 con baja resolución espacial (4 km) pero muy alta temporal (2 Imágenes por día); Landsat 1 – 1972 con resolución espacial de 80 m y 16 días del periodo de retorno).

Los estudios estructurales se llevan a cabo a escalas locales y regionales de 1:10 000 hasta 1:200 000. Para ellos se utilizan imágenes de alta resolución espacial tipo: Landsat (30/15 m), Spot (20/2.5 m), Radarsat (25/8 m), ENVISAT (12.5 m), IKONOS (4/1 m), QuickBird (2.4/0.6 m). Los estudios dinámicos se elaboran a diario o con la frecuencia adecuada para un fenómeno a escalas 1:500 000 – 1:1 000 000. Las imágenes usadas en estos estudios son principalmente: NOAA (4/1 km de resolución) y MODIS (0.25/1 km).

Estudios estructurales

Los estudios del uso del suelo son una de las aplicaciones más clásicas de la teledetección. Permiten clasificar territorios según las clases previamente determinadas. Uno de los proyectos más importantes llevados a cabo en la UE es CORINE Land Cover. El proyecto fue realizado a partir de las imágenes Landsat 5 TM y Landsat 7 ETM+ y la escala de la base de datos es 1:100 000; en primer lugar fue realizado para el año 1990 y posteriormente actualizado para el año 2000. También se analizaron los cambios en el uso entre estas dos fechas, aspecto que ha sido ampliamente valorado en OSE, 2006. Las unidades del suelo se agruparon en 5 grandes clases: superficies artificiales, zonas agrícolas, zonas forestales con vegetación natural y espacios abiertos, zonas húmedas y superficies de agua. Dentro del grupo 2 y 3 se definían distintas superficies cuya utilización principal es el aprovechamiento ganadero (praderas, mosaicos de cultivos, pastizales naturales, etc.). A partir de los datos CORINE Land Cover se pueden determinar fácilmente los pastos arbóreos, arbustivos, herbáceos y agrícolas, y los cambios en la superficie de estas unidades. En la actualidad se está procediendo a una actualización que pretende desarrollarse cada 5 años.

Actualmente en el ámbito nacional se lleva a cabo el proyecto de Sistema de Información sobre Ocupación del Suelo en España (SIOSE) cuyo propósito es la elaboración de la cartografía de los usos del suelo de España a escala 1:25 000.

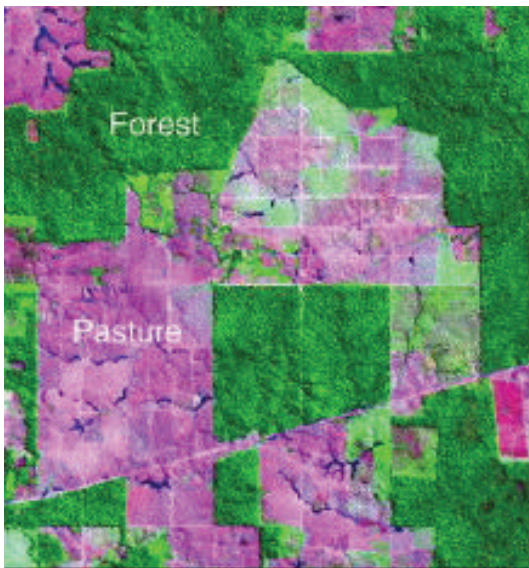
El proyecto SIOSE forma parte del Plan Nacional de Observación del Territorio en España (PNOT), que incluye un Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA), un Plan Nacional de Teledetección (PNT) y el propio SIOSE, con un recubrimiento periódico del territorio con imágenes de satélite, y aplicaciones en agricultura, en ámbitos forestales, tanto desde la perspectiva comercial como medioambiental e indicadores agroambientales (sitio web del Instituto Geográfico Nacional). Este Plan se enmarca en Proyectos de la UE y en otros propugnados por las Naciones Unidas (GEOSS), que tienen por objetivo fundamental disponer de una herramienta que permita hacer un seguimiento de los usos de la Tierra.

Algunas aplicaciones de la teledetección en relación con pastos

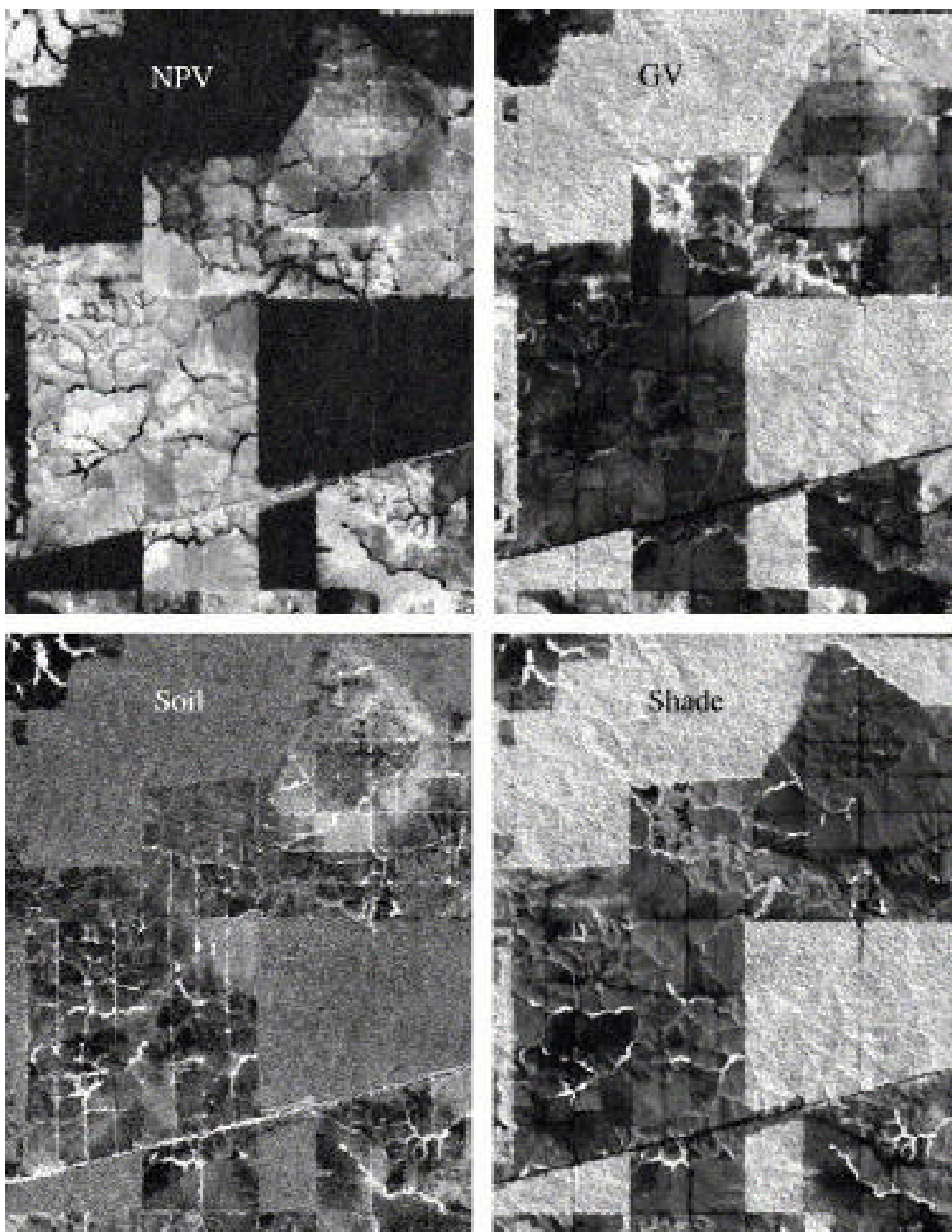
A partir de las imágenes Landsat TM se ha estimado el impacto de pastoreo sobre las propiedades biofísicas de los pastos (Numata et al., 2007). A base de varios índices de vegetación convertidos en fracciones de SMA (Spectral Mixture Analysis): NPV (NonPhotosynthetic Vegetation), GV (Green Vegetation), NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), SAVI (SoilAdjusted Vegetation Index) NDII5, NDII7 (Normalized Difference Infrared Indices), Shade y medidas de campo, se han analizado las relaciones entre el cambio de las propiedades biofísicas de pastos causado por pastoreo, biomasa, contenido hídrico y altura de pasto; y los índices procedentes de las imágenes Landsat TM.

Spectral indices	Reference
Normalized Difference Vegetation Index	<i>Rouse et al. (1973)</i>
$NDVI = (R800 - R680) / (R800 + R680)$	
SoilAdjusted Vegetation Index	Huete (1988)
$SAVI = (1.5 R800 - R680) / (R800 + R680 + 0.5)$	
Normalized Difference Infrared Index 5	<i>Hardisky et al. (1983)</i>
$NDII5 = (R800 - R1625) / (R800 + R1625)$	
Normalized Difference Infrared Index7	
$NDII7 = (R800 - R2220) / (R800 + R2220)$	

Índices espectrales usados en el estudio (Numata et al., 2007).

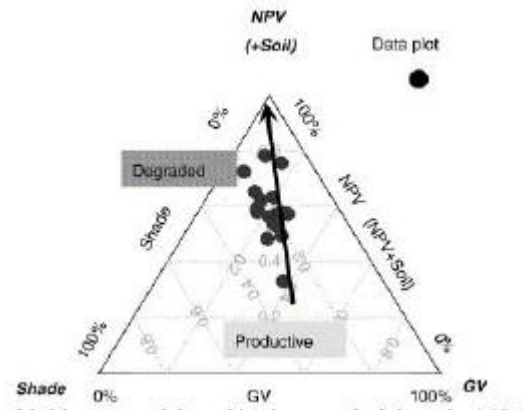


Uso del suelo en la zona.



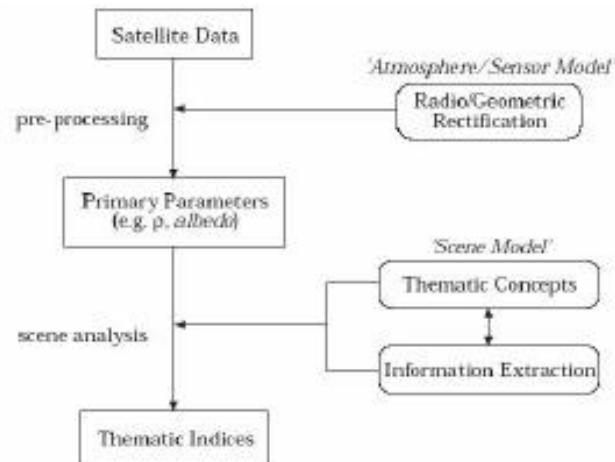
Imágenes de las variables.

La mayor correlación entre cualidades biofísicas y los datos de teledetección en condiciones secas (la ausencia de lluvia en la época de estudio imposibilitó verificar los índices para las condiciones húmedas) se ha obtenido para los índices diferenciales normalizados de infrarrojo NDII5, NDII7. La altura de pasto está correlacionada con el índice fraccional Shade. El impacto de pastoreo se modelizó a base de tres fracciones: NPV, Shade y GV.



Modelo conceptual de cambios de pastos, desde la productividad hacia la degradación basado en SMA.

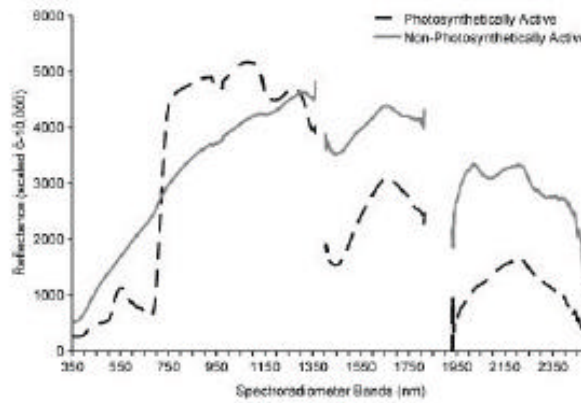
A partir de las imágenes Landsat MSS, TM y SPOT se ha analizado el impacto ambiental de pastoreo en Creta (Hill et al., 1998). El incremento del número de animales (200 %) y la construcción de nuevas vías de acceso fueron las causas principales del incremento del impacto ambiental del pastoreo en la zona estudiada. A causa de estos procesos los animales empezaron a pastar incluso en las zonas anteriormente excluidas del pastoreo. Esto causó gran impacto en el resto de los ecosistemas naturales y en los sistemas seminaturales de la isla. El grado de este impacto se analizó a través de una serie de imágenes de satélite 1976-1996 a finales de mayo y principios de junio, aplicándose el método de SMA (Spectral Mixture Analysis). La ventaja de este método comparando con la clasificación de imagen clásica es que incrementa el contraste de la imagen y le da el sentido físico, es decir, permite separar la contribución espectral de las superficies definiendo su abundancia. Así se puede caracterizar el estado de vegetación y suelo.



Metodología aplicada en el seguimiento del impacto ambiental de pastoreo en Creta.

A partir de las imágenes de satélite también se puede estimar la calidad de pasto. Como uno de los ejemplos de los estudios de la calidad de los pastos se puede citar el trabajo americano realizado a base de las imágenes aéreas hiperespectrales en Dakota del Norte “Estimación de cantidad y calidad de pastos a partir de imágenes hiperespectrales” (Beeri et al., 2007). En el estudio se usaron las imágenes hiperespectrales de 126 bandas que cubren el rango espectral entre 450-2480 nm (azul-infrarrojo).

Para obtener los índices de la calidad de pasto se analizó el comportamiento de la materia orgánica fotosintéticamente activa y no activa en el espectro electromagnético indicado.



En el estudio se desarrollan los algoritmos para:

- La estimación de la biomasa a través de los índices de vegetación normalizados (bNDVI- bandas de borde, nNDVI – bandas centrales).

$$bNDVI = \frac{B4 - B3}{B4 + B3}$$

$$nNDVI = \frac{B802 - B673}{B802 + B673}$$

La bandas B4 y B3 corresponden a las bandas del Landsat 5 , B4 (623–695 nm) y B3 (781–906 nm), adaptadas para el sensor hiperespectral, mientras que las bandas centrales corresponden a las bandas B802 y B673 del sensor hiperspectral de 802 y 673 nm respectivamente.

Para el total de biomasa:

$$All_DM1 = 1114.5 \times (CRB991B1360) - 10074$$

$$All_DM2 = 26769 \times (nNDVI) - 9176.76$$

$$All_DM3 = 29338 \times (bNDVI) - 11037$$

Par a la biomasa fotosintéticamente activa:

$$PV_DM1 = 381.03 \times (CRB991B1306) - 2767.7$$

$$- 2767.7$$

$$PV_DM2 = 8498.5 \times (nNDVI) - 2111.5$$

$$PV_DM3 = 9358.8 \times (bNDVI) - 2726.6$$

- Estimación de la calidad de forraje a través del ratio carbono/nitrógeno

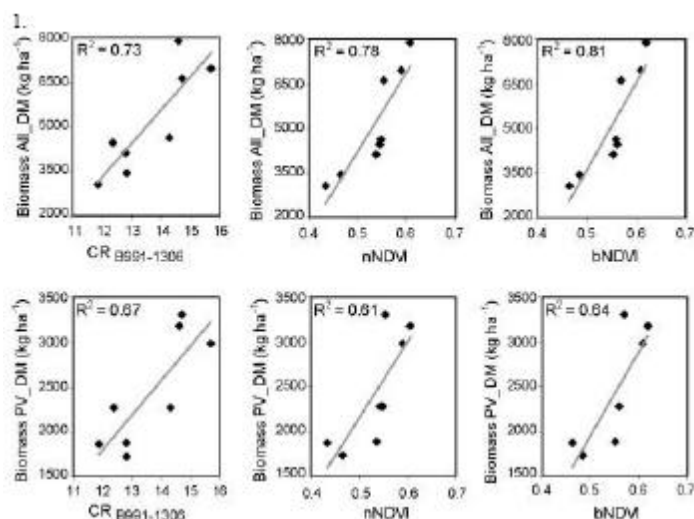
$$C : N = 2.62 + 56.35$$

$$\times \left(1 - \frac{((B1653 + B1666) - (B673 + B688))}{((B1653 + B1666) + (B673 + B688))} \right)$$

- Estimación del contenido de proteínas brutas

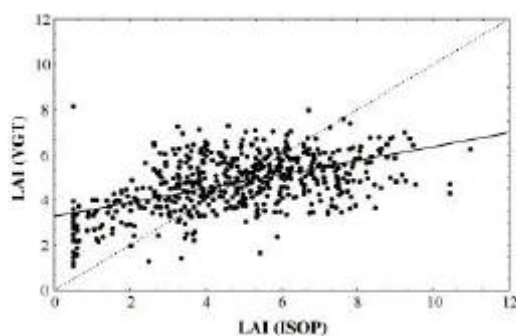
$$R'_{Bx} = \left(\left(\frac{R_{B991} - R_{B1306}}{n - 1} \right) \cdot Bx_{(n-1)} \right) + R_{B991}$$

El R'_{Bx} es la producción de proteínas brutas para cada banda, R_{B991} and R_{B1306} son los valores de reflectancia de límites de las bandas, n es el número de bandas analizadas y Bx es el centro de $n1$.



Las imágenes Spot fueron utilizadas en Francia para estimar la productividad de los pastos y los resultados fueron comparados con STICS –Prairie model (Di Bella et al., 2005).

Se evaluaron varios índices de vegetación se evaluaron en el estudio: NPP (Net Primary Production), LAI (Leaf Area Index), NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), SWVI (NDVI para infrarrojo medio), SAVI (Soil Adjusted Vegetation Index) y otros. Todos los índices se compararon con el modelo de crecimiento de los pastos STICS. Los mejores ajustes entre el modelo y los índices se encontraron para LAI y SWVI.



Relación lineal entre LAI estimado a partir de las imágenes SPOT y LAI obtenido por el modelo STICSPrairie.

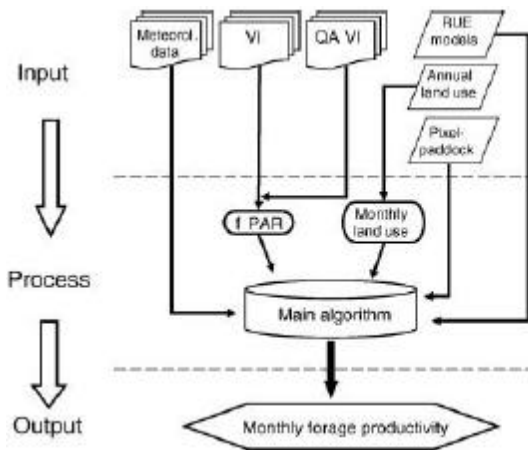
Estudios Dinámicos

El seguimiento de la producción de forraje para el correcto manejo de los prados pastados es una de las aplicaciones más usadas de la teledetección en el pastoreo. Para ello, a través de las imágenes MODIS diarias se estima la producción primaria aérea neta (ANPP) (Grigera et al., 2007).

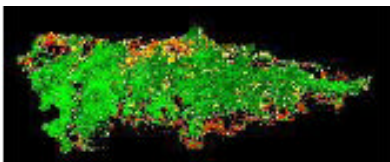
Los estudios de este tipo se basan en la evaluación de la eficiencia del uso de la radiación (RUE) y de la radiación fotosintéticamente activa absorbida por la vegetación (APAR). Los índices se estiman en base de las funciones no lineales de NDVI.

$$\text{ANPP}(\text{kg DM/ha/month}) = \text{APAR}(\text{MJ/ha/month}) \times \text{RUE}(\text{kg DM/MJ})$$

En el caso del estudio mencionado de Argentina los datos obtenidos están incorporados en un sistema SIG y distribuidos mensualmente vía email a los ganaderos locales para mejor aprovechamiento de los pastos.



El sistema tiene incorporados datos meteorológicos, índices de vegetación (VI), asesoramiento de la calidad de los índices de vegetación (QA VI), índices de eficiencia del uso de radiancia (RUE) y mapas anuales y mensuales del uso de suelo con realce especial para las praderas. Otra aplicación es el seguimiento de las sequías (sitio web del Laboratorio de Teledetección de la Universidad de Valladolid), de las plagas de insectos (Ji et al., 2004) y otros desastres naturales, aspectos muy importantes a la hora de estimar los daños y el pago de las indemnizaciones. En el ámbito nacional, el Laboratorio de Teledetección de la Universidad de Valladolid elaboró a partir de las imágenes diarias NOAA (1993-1997) un “comportamiento medio anual” de las cubiertas a través del cálculo del índice de vegetación NDVI. Gracias a ello se obtuvo un modelo de cambios de la vegetación cada 10 días a lo largo de año. Este modelo está en continuo desarrollo e incorporación de nuevos datos para disminuir la influencia de los eventos anómalos en el modelo. La evaluación del estado de la vegetación en un momento dado se hace comparando el NDVI de la fecha de interés con el NDVI medio para la temporada.

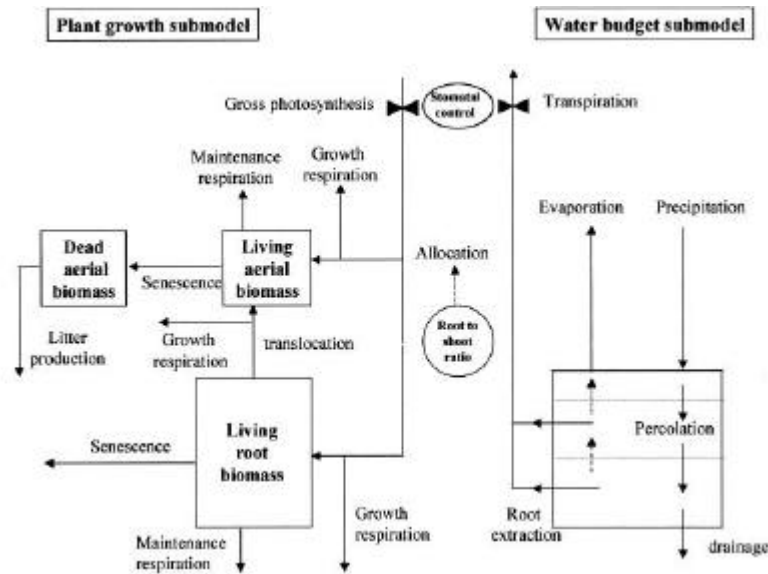


04/98 primera decena (los cobres rojos indican las áreas con menos verdor que la media y las áreas de color verde con más verdor que la media).

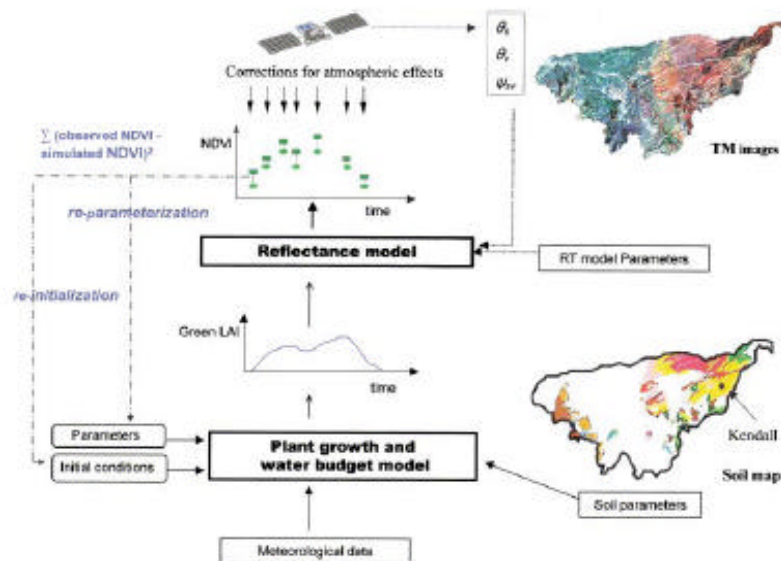
El NDVI y LAI (índice de superficie foliar) derivados de imágenes MODIS pueden ser utilizados para el monitoreo de las plagas, ya que discriminan superficies con vegetación sana y enferma. Además de detectar las superficies afectadas se puede analizar la dinámica de la regeneración y de la recuperación.

Aplicando distintas metodologías se pueden monitorizar otros desastres naturales como incendios y huracanes (con todas las imágenes ópticas), inundaciones (principalmente con las imágenes radar) y también se puede analizar la pérdida de pasto debida a la erosión de suelos. Los datos obtenidos de los satélites a menudo son también los datos de entrada para los modelos SIG. Como un ejemplo del uso de la teledetección, como datos de entrada en los modelos espaciales, se pueden mencionar los modelos de retención del carbono y del agua por la vegetación (Nouvellon et al., 2001).

Estos modelos se basan en el esquema general de crecimiento de plantas:



El modelo se basa en datos meteorológicos diarios, en mapas del tipo de suelos y en la simulación del crecimiento de las plantas y retención del agua procedente de las imágenes Landsat.

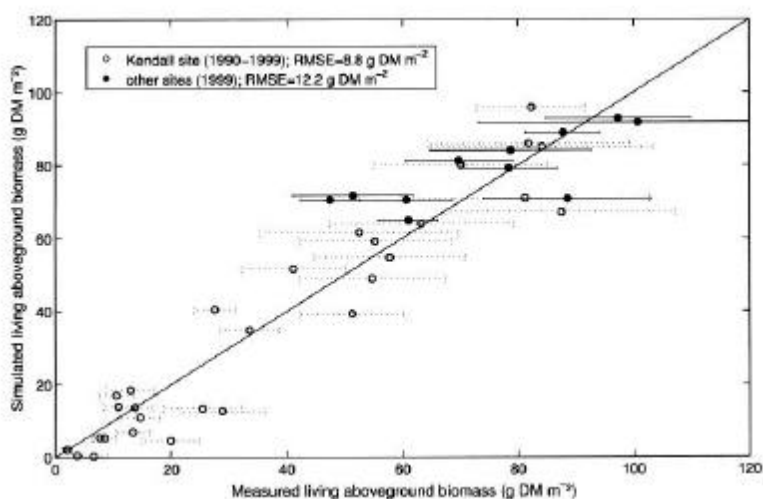


- Los principales procesos simulados en el crecimiento de las plantas son:
- Fotosíntesis.
 - Reparto de los productos de la fotosíntesis entre las partes aéreas y subterráneas de la planta.
 - Desplazamiento de carbohidratos desde las raíces hacia los retoños de la planta durante el periodo de crecimiento, respiración autótrofa y senescencia.

Estas tres fases de compartimentación del carbono en biomasa a lo largo del tiempo se pueden describir como funciones diferenciales del tiempo:

$$\begin{cases} \frac{dB_a}{dt} = a_a P_g + T_{ra} - R_{at} - S_a \\ \frac{dB_r}{dt} = a_r P_g - T_{ra} - R_{rt} - S_r \\ \frac{dB_m}{dt} = S_a - L \end{cases}$$

donde B_a , B_r , y B_m son la biomasa viva aérea, la biomasa viva de las raíces y la biomasa muerta (g DM m^{-2}) respectivamente, P_g es la fotosíntesis bruta diaria, a_a y a_r son la ubicación de los productos de la fotosíntesis en las raíces y los brotes ($a_a + a_r = 1$), T_{ra} muestra el desplazamiento de carbohidratos desde las raíces hacia las partes aéreas vivas en el periodo de crecimiento, R_{at} y R_{rt} es la respiración diaria de las partes aéreas y las raíces, S_a y S_r la pérdida de biomasa viva de brotes y raíces debido a la senescencia y L representa la caída de hojas.

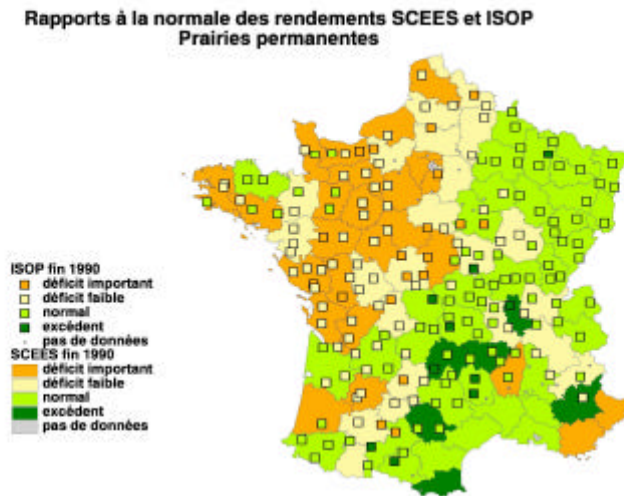


Correlación entre los datos de la biomasa estimada con el modelo y medida en el campo.

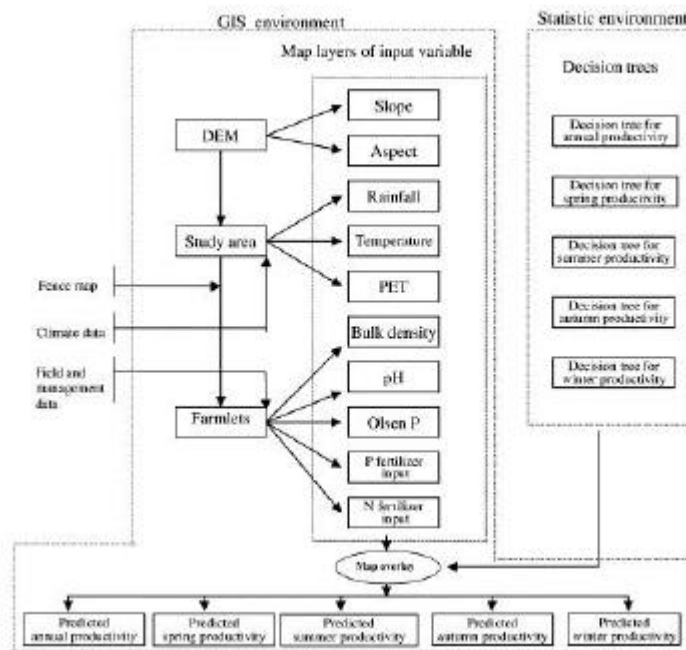
El previamente mencionado modelo STICSPrairie, que simula algunas características de los pastos, fue diseñado por el Instituto Nacional de Investigación Agronómica (INRA) (sitio web de Institut National de la Recherche Agronomique) y está basado en los siguientes datos:

1. Meteorológicos (temperatura mínima, máxima, radiación, humedad, precipitación, viento, presión de vapor, etc.).
2. Datos de suelo (contenido de arcilla en la superficie, contenido de nitrógeno orgánico en el horizonte de humificación, contenido de calcio en la superficie, pH, humedad, etc.).
3. Técnicas agrarias: datos de siembra (densidad, número de variedades, fecha de plantación, profundidad de siembra, orientación de los surcos, etc.), estado (fecha de la aceleración máxima del crecimiento del forraje, madurez fisiológica, fecha de recolección, principio de senescencia, etc.), irrigación, fertilización, tipo de técnicas específicas aplicadas, etc.
4. Tipos de plantas (especie y sus exigencias ambientales).
5. Parámetros estructurales (altura, contenido de dióxido de carbono, relación C/N, etc.).

El INRA ha creado una aplicación informática para la amplia aplicación del modelo.



Con las técnicas del GIS se elaboran modelos predictivos de la productividad de los pastos utilizando variables topográficas, ambientales y estadísticas (Zhang et al. , 2004). La aplicación de las técnicas de reclasificación tipo árboles de decisión o “decision tree” aumentó el acierto de los modelos de predicción de productividad de pastos. Gracias a este método se pueden aprovechar las ventajas de los modelos ambientales SIG y de los modelos estadísticos. El modelo presentado tiene un 91 % de acierto.



Esquema del desarrollo de modelo mixto de la productividad de pastos.

Utilidad y aplicación económica de los estudios ambientales y territoriales de producción vegetal

Se podría decir que, en términos generales, hablar de producción y productividad vegetal equivale a hablar de generación de valor económico, a través de la producción de alimento, de combustible (energía), de generación de paisaje o de la provisión de determinados servicios ambientales que aumentan al bienestar de nuestra sociedad. Así, tanto la utilización directa de la

materia vegetal (valor de uso directo consuntivo), como su contemplación (valores de uso directo no consuntivos), su aprovechamiento indirecto por parte del hombre (valor de uso indirecto de los servicios ambientales de retención de carbono o liberación de oxígeno) o la simple conservación de determinados hábitats (valores de nouse) constituyen fuentes de generación de rentas, y, por ende, de mejoras en los niveles de bienestar experimentados por los individuos y las sociedades modernas en su conjunto.

El primer paso para el desarrollo de estudios de economía aplicada donde la producción vegetal juegue un papel relevante es la obtención y conocimiento de los rendimientos, calidades, propiedades y dinámica ecológica de los pastos y cultivos sometidos a determinadas formas de manejo y gestión por parte del hombre. En una fase posterior es posible traducir estas unidades de producción primaria en valor económico, en términos de euros por hectárea, por kilogramo de carne o por persona, por ejemplo.

En términos generales se podrían distinguir dos grandes líneas en las que se lleva a cabo una aplicación económica de los estudios de producción vegetal:

- Las que tienen una finalidad fiscal, es decir, las enfocadas a establecer gravámenes sobre la tenencia o la propiedad de los terrenos en base a su potencialidad productiva, y, por extensión, a su capacidad para generar rentas agrarias.
- Las que tienen como finalidad la valoración económica y financiera del recurso, bien en base a las preferencias sociales por determinados bienes ambientales, bien mediante aplicaciones enfocadas a la productividad y rendimiento energético o alimenticio de la materia vegetal. Una y otra permite llevar a cabo evaluaciones y análisis coste-beneficio, una contabilidad económica más completa desde el punto de vista ambiental, el establecimiento de valores teóricos sobre los recursos naturales, o la determinación de umbrales de rentabilidad, entre otras muchas cuestiones.

Uno de los ejemplos más claros de las aplicaciones económicas de tipo fiscal de aspectos relacionados con la productividad vegetal es la fijación de los valores catastrales de las fincas rústicas (Sitio web de la Dirección General del Catastro; MIRÓN PERA, 1999). El valor catastral de la parcela se calcula fijando, en primer lugar, la calificación catastral, según el tipo de cultivo o aprovechamiento atribuido a cada subparcela de terreno. Posteriormente, los terrenos se clasifican en diferentes intensidades productivas de acuerdo con su calidad y aptitud para la producción agraria. Para cada municipio existe, por otro lado, un cuadro de tipos evaluativos, que representan el rendimiento teórico, expresado en euros, de una hectárea de terreno con una calificación e intensidad productiva determinada. Finalmente, la base liquidable del tributo se corresponde con el 50% del rendimiento teórico de la parcela; este importe se toma como base de capitalización (3%) para el cálculo del valor catastral.

Por otro lado, abundan en la literatura científica los estudios relacionados con la productividad y rendimiento de los distintos tipos de pastos en las diferentes especies de animales que componen la cabaña doméstica cantábrica y mediterránea. Algunos de estos estudios utilizan equivalencias entre los distintos valores energéticos de las superficies pascícolas (en función de su composición y situación) y los rendimientos cárnicos conseguidos en determinados tipos de ganado (CELAYA AGUIRRE, 1998; LEITH, 1973; OSORO et al., 2000; OLIVÁN GARCÍA, 1995); otros análisis basan la valoración económica de determinados recursos vegetales en el establecimiento de equivalencias su capacidad energética y la de otras producciones (generalmente, cultivos forrajeros) que dispongan de un precio de mercado (INDUROT, 2002; ELORRIETA et al., 1999).

Otra interesante aplicación basada en la valoración económica de las superficies pascícolas y de cultivos es la destinada a la cobertura de seguros agrarios y, en general, a la estimación de pérdidas potenciales ante riesgos naturales. En estos casos, suele acudir a precios de mercado conocidos (cultivos hortofrutícolas, forrajeros) y a unos rendimientos medios acordes con el lugar, el clima y las formas de manejo. Algunas aplicaciones que combinan la valoración económica de la producción vegetal y las técnicas GIS son las desarrolladas para modelizar y estimar la vulnerabilidad de ciertas zonas ante inundaciones (CONSELLERÍA D'OBRES

PÚBLIQUES, URBANISME I TRANSPORTS DE LA GENERALITAT VALENCIANA, 2002; VAN DER SANDE, 2001; INDUROT, 2004), llegando a obtener módulos de pérdidas por unidad de superficie, tipo de cultivo y características del evento (duración, calado, velocidad del agua).

Finalmente, una parte importante de la economía ambiental ha centrado su atención en la valoración de recursos naturales mediante técnicas de preferencias sociales reveladas, en las que ciertos servicios ambientales generados por la vegetación (generación de paisaje, fijación de carbono, liberación de oxígeno, etc.) son cuantificados económicamente en función del nivel de bienestar que los individuos y la sociedad en general experimentan por su disfrute, contemplación y conservación (CONSTANZA et al., 1997; GUO et al., 2001; ELORRIETA et al., 1999). Sus aplicaciones son diversas, pudiendo ser utilizados los valores resultantes tanto en análisis coste-beneficio de distintas actuaciones sobre un territorio, como en el diseño de políticas públicas de intervención (establecimiento de subvenciones, adquisición pública de áreas para la conservación) y en el diseño de un sistema de cuentas económicas nacionales y regionales que internalicen los consumos y las mejoras en calidad de nuestro capital natural (CAMPOS et al., 2004).

Bibliografía

- BEERI, O.; PHILLIPS, R.; HENDRICKSON, J.; FRANK, A. B.; KRONBERG, S., 2007. Estimating forage quantity and quality using aerial hyperspectral imagery for northern mixedgrass prairie. *Remote Sensing of Environment*, (in press).
- CAMPOS, P. y J.M. CASADO (Dtores.), 2004. *Cuentas Ambientales y Actividad Económica*. Consejo General de Colegios de Economistas de España, 408 pp.
- CELAYA AGUIRRE, R., 1998. *Dinámica vegetal de pastos y matorrales de la montaña cantábrica sometidos a diferentes estrategias de pastoreo por rumiantes*. Tesis Doctoral. Universidad de Oviedo.
- CONSELLERÍA D' OBRES PÚBLIQUES, URBANISME I TRANSPORTS DE LA GENERALITAT VALENCIANA, 2002. Plan de acción territorial de carácter sectorial sobre prevención del riesgo de inundación en la Comunidad Valenciana (PATRICOVA). Direcció General d' Urbanisme i Ordenació Territorial, 1Memoria.
- COSTANZA, R., D'ARGE, R., DE GROOT, R., FARBER, S., GRASSO, M., HANNON, B., LIMBURG, K., NAEEM, S., O'NEILL, R.V., y PARUELO, J., 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 387, 253260.
- DI BELLA, C.; FAIVRE, R.; RUGET, F.; SEGUIN, B., 2005. Using VEGETATION satellite data and the crop model STICSPrarie to estimate pasture production at the national level in France. *Physics and Chemistry of the Earth*, 30, 39.
- DIRECCIÓN GENERAL DEL CATASTRO, [Web en línea]. (<http://www.catastro.meh.es>) [Consulta: 2052007].
- ELORRIETA, J.I. y CASTELLANO, E., 1999. Valoración integral de la conservación de la biodiversidad de la comunidad Foral de Navarra. Ponencia presentada en el Tercer Congreso de Economía de Navarra, Pamplona.
- GRIGERA, G.; OESTERHELD, M; PACÍN, F., 2007. Monitoring forage production for farmers' decision making. *Agricultural Systems*, in press.
- GUO Z., XIAO X., AND ZHENG Y., 2001. Ecosystem functions, services and their values: a case study in Xingshan County of China. *Ecological Economics*, 38, 141154.
- HARDISKY, M. A.; KLEMAS, V.; SMART, R. M., 1983. The influence of soil salinity, growth form, and leaf moisture on the spectral reflectance of spartina alterniflora species. *Photogrammetric Eng. Remote Sens.*, 49, 7783.
- HILL, J.; HOSTERT, P.; TSIOURLIS, G.; KASAPIDIS, P.; UDELHOVEN, TH.; DIEMER, C., 1998. Monitoring 20 years of increased grazing impact on the Greek island of Crete with earth observation satellites. *Journal of Arid Environments*, 39, 165178.
- HUETE, A. R., 1988. A soiladjusted vegetation index (SAVI). *Remote Sens. Env.*, 25, 295309.
- INDUROT, 2002. Valoración de la naturaleza asturiana. Primera aproximación, Informe inédito, 226 pp.

- INDUROT, 2004. Sistema de información de las zonas inundables y de avenida torrencial del Principado de Asturias, Servicio 112 Asturias.
- INSTITUT NACIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE, [Web en línea]. (<http://www.avignon.inra.fr/stics/>) [Consulta : 2052007]
- INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL, [Web en línea]. <http://www.ign.es> [Consulta : 2052007].
- JI, R.; XIE, B. Y.; LI, D. M.; LI, Z.; ZHANG, X., 2004. Use of MODIS data to monitor the oriental migratory locust plague. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 1043, 615620.
- LABORATORIO DE TELEDETECCIÓN DE LA UNIVERSIDAD DE VALLADOLID, [Web en línea]. (<http://www.lativ.uva.es/sequia/sequia.html>) [Consulta: 2052007].
- LIETH, H., 1973. Primary production: terrestrial ecosystems. *Human Ecology*, 1, 303332. Ministerio de Economía y Hacienda, Dirección General del Catastro, <http://www.catastro.meh.es/>
- MIRÓN PERA, J. (1999): “Normativa técnica de valoración catastral rústica”. Inédito.
- NOUVELLON, Y.; MORAN, M. S.; SEEN, D. L. ; BRYANT, R. ; RAMBAL, S. ; NI, W. ;BÉGUÉ, A. ; CHEHBOUNI, A. ; EMMERICH, W. E. ; HEILMAN, P. ; QI, J., 2001. Coupling a grassland ecosystem model with Landsat imagery for a 10year simulation of carbon and water budgets. *Remote Sensing of Environment* , 78 (12), 131149.
- NUMATA, I.; ROBERTS, D. A.; CHADWICK, O. A.; SCHIMEL, J.; SAMPAIO, F. R.; LEONIDAS, F. C.; SOARES, J. V., 2007. Characterization of pasture biophysical properties and the impact of grazing intensity using remotely sensed data. *Remote Sensing of Environment*, (in press).
- OLIVÁN GARCÍA, M^a DEL C., 1995. Pastoreo de comunidades vegetales de montaña por vacuno y ovino. Tesis Doctoral.
- OSE, 2006. Cambios de ocupación del suelo en España. Implicaciones para la sostenibilidad. Estudio realizado a partir del proyecto Corine Land Cover. Observatorio de la Sostenibilidad en España, Ministerio de Medio Ambiente, Fundación Biodiversidad, Fundación Universidad de Alcalá. 485 pp. Madrid (España).
- OSORO, K., R. CELAYA, A. MARTÍNEZ y E. ZORITA, 2000. Pastoreo de las comunidades vegetales de montaña por rumiantes domésticos: Producción animal y dinámica vegetal. *Pastos*, XXX (1), 350.
- ROUSE, J. W.; HAAS, R. H.; SCHELL, J. A.; DEERING, D. W., 1973. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS1, 309317.
- TERRADAS, J., 2001. Ecología de la vegetación: de la ecofisiología de las plantas a la dinámica de comunidades y paisajes. Ed. Omega. 703 pp. Madrid (España).
- VAN DER SANDE, C., 2001. River flood damage assessment using IKONOS imagery. European Commission, Joint Research Centre, Space Applications Institute (SAI).
- ZHANG, B.; VALENTINE, I.; KEMP, P.; LAMBERT, G., 2004. Predictive modelling of hillpasture productivity: integration of a decision tree and a geographical information system. *Agricultural Systems*, 871,117.

MODELIZACIÓN GEOESTADÍSTICA DE VARIABLES CLIMÁTICAS DE INTERÉS PASCÍCOLA EN LA ZONA OCCIDENTAL-INTERIOR DE ASTURIAS

R. BENAVIDES¹, S. ROIG², F. MONTES³, A. RUBIO³, K. OSORO¹

¹SERIDA, Área de Sistemas de Producción Animal, 33300-Villaviciosa Asturias.

²Departamento de Sistemas y Recursos Forestales. CIFOR. INIA. 28040, Madrid.

³Departamento de Silvopascicultura, Universidad Politécnica de Madrid, 28040 Madrid.

Resumen

Las estimaciones y el cálculo de la producción vegetal, y en concreto de los pastos, dependen altamente de las variables climáticas que determinan la duración del período vegetativo. Estas variables climáticas no siempre son fáciles de obtener ya que son medidas en las estaciones meteorológicas cuya localización es irregular y dispersa, especialmente en zonas de montaña. En este trabajo se ha realizado la modelización de las temperaturas y precipitaciones medias mensuales en la comarca agroganadera occidental-interior de Asturias, de relieve montañoso. La técnica utilizada es un método geoestadístico, apoyado en un Sistema de Información Geográfico (SIG), denominado krigeado ordinario con deriva externa, que permite introducir variables auxiliares para la interpolación de las variables a estimar; en este caso se utiliza las elevaciones. Los modelos climáticos resultantes presentan una precisión aceptable a pesar de la falta de datos iniciales, y por tanto pueden ser la base para el desarrollo de modelos relacionados con la productividad de los pastos.

Palabras clave: *Kriging*, modelo, productividad, SIG.

Introducción

La comarca occidental interior de Asturias es una zona poco favorecida que ha sufrido un gran despoblamiento a lo largo del siglo XX (más de un 50%). Presenta niveles de renta inferior a la media asturiana, un 16% en el 2002 (Benavides, 2005), que a su vez es inferior a la media nacional. Además es una región fundamentalmente ganadera donde la proporción media del empleo del Sector Primario es del 45,9% frente al 7,2% asturiano y al 5,7% nacional en el 2003 (Benavides, 2005). Por esto, es preciso realizar una buena gestión de los usos del suelo, y estudiar previamente las productividades esta región.

Para la evaluación de la productividad vegetal y en concreto para la producción de pastos, la temperatura y las precipitaciones son factores muy importantes ya que intervienen en procesos tan trascendentes como la evapotranspiración, la descomposición de la materia orgánica del suelo o la duración del período vegetativo (Dodson y Marks, 1997). Sin embargo, estas variables no son fáciles de obtener porque se miden en las estaciones meteorológicas, cuyas localizaciones son irregulares y dispersas, sobre todo en regiones montañosas poco pobladas y con altitudes elevadas (Li *et al.*, 2005; Rolland, 2002). Así, se han desarrollado diferentes métodos de interpolación para generar mapas regionales basándose en la continuidad y estructura espacial de estas variables. Además se sabe que la altitud juega un importante papel en los cambios espaciales climáticos en zonas montañosas (Stoutjesdijk y Barkman, 1992), donde las técnicas geoestadísticas pueden resultar muy eficaces.

El objetivo de este trabajo es desarrollar un modelo que prediga las temperaturas y precipitaciones medias en una región montañosa con la única información adicional de las elevaciones de la zona de estudio, y que sirvan para estimar la producción de pastos.

Materiales y métodos

El área de estudio

La comarca occidental interior de Asturias abarca 2.109 km², representando el 20% de la total asturiana (Figura 1). Esta comarca presenta una orografía accidentada, con el 78 % de la superficie entre los 400 y los 1.200 m de altitud, y con más de un 15% por encima de este nivel (SADEI, 2005).



Figura 1. Localización de la zona de estudio: concejos de la comarca occidental interior de Asturias

Datos

Los datos de partida son las medidas de las temperaturas y precipitaciones medias mensuales obtenidas de las estaciones meteorológicas del Instituto Nacional de Meteorología. Dado que la comarca en estudio sólo alberga 26 estaciones pluviométricas y 5 térmicas, para la modelización se utilizaron las estaciones de los alrededores, en concreto del resto de Asturias y, en el caso de los datos térmicos (más escasos que los pluviométricos), de las provincias colindantes. Como información auxiliar se utilizó un Modelo Digital de Elevaciones (MDE) de Asturias con una resolución de 90 m.

Debido a las altas pendientes registradas en Asturias se ha utilizado un tamaño de píxel de 0,25 km², que es inferior al utilizado en los trabajos similares realizados hasta el momento, sobre todo hablando de temperaturas, y que generalmente es igual o superior a 1km x 1km (1 km²) (Hudson y Wackernagel 1994, Goodale *et al.* 1998). De esta manera, los “puntos” de predicción de este trabajo se corresponden con una malla de 500 m x 500 m.

La serie de años utilizada para el cálculo de las medias es 1970-2000, siguiendo las recomendaciones de la Organización Mundial de Meteorología que establece un mínimo de 30 años como base climáticas. Pocas estaciones meteorológicas presentan series completas de tantos años, por lo que se seleccionaron aquellas que además de tener al menos 15 años completos presentaron un coeficiente de correlación de Pearson superior a 0.7 con respecto a las estaciones con series completas, para proceder al rellenado de los datos perdidos mediante análisis de regresiones paso a paso. El número final de estaciones utilizadas para la modelización mensual varió según el mes, pero los rangos se situaron entre 73 y 78 en el caso de las temperaturas y entre 131 a 136 para las precipitaciones.

Métodos de interpolación

La Geoestadística comprende un conjunto de técnicas y estimadores que sirven para analizar y predecir valores de una variable que se muestra distribuida en el espacio de manera continua. Estas técnicas han sido descritas amplia y rigurosamente en la literatura (Isaaks y Srivastava 1989, Cressie 1993).

Un estudio geoestadístico tiene dos pasos generales:

- Un estudio exploratorio preliminar en el que se analiza la estructura o autocorrelación espacial de la variable a través de la representación del variograma ($g(h)$), que mide la varianza entre un par de datos separados por una distancia h :

$$g(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{a=1}^{N(h)} [z(u_a) - z(u_a + h)]^2$$

Donde $N(h)$ es el número de parejas de datos localizadas a una distancia h , $z(u_a)$ y $z(u_a+h)$ son las observaciones de la variable en los lugares u_a y u_a+h respectivamente.

- El krigado ordinario u *Ordinary Kriging* (OK) es la predicción espacial en los puntos no muestreados mediante estimadores que actúan de manera similar a los estimadores de regresión lineal [1], pero que además cumplen dos condiciones: son no sesgados [2] y la varianza del error es mínima [3].

$$z^*(u) = \sum_{a=1}^{n(u)} I_a(u) z(u_a) \quad [1] \quad \sum_{a=1}^{n(u)} I_a(u) = 1 \quad [2] \quad \min(s_E^2 = \text{Var}\{Z^*(u) - Z(u)\}) \quad [3]$$

Donde $I_a(u)$ es el peso asociado a cada localización donde fue muestreado un valor del fenómeno estudiado $z(u_a)$, y que depende del ajuste que se haga del variograma teórico. Además permite hallar el error de predicción teórico s_{ok} , en función del variograma, en cada punto de predicción.

Una variante geoestadística es el OK con deriva externa o más conocido por su voz inglesa *Ordinary Kriging with External Drift* (OKED), donde se supone que la variable presenta una tendencia que es función lineal de una variable externa (Goovaerts, 1999), y que puede ser obtenida mediante procedimientos de regresión. Este método requiere que la relación entre el atributo y la variable secundaria sea lineal y tenga sentido físico (Goovaerts, 1999), como ocurre con las variables climáticas y la altitud. A continuación se estudia el patrón espacial de los residuos, y se realiza un OK para estimar el valor de los residuos en todos los puntos de predicción, y se suman a la tendencia modelizada previamente mediante regresión. Así se obtienen los modelos de las variables, que en este caso son las precipitaciones y temperaturas medias mensuales, y que se representan con la ayuda del ArcGis versión 9.0 (ESRI, Inc., Reedlands, WA, USA, 2004).

Finalmente se hallan el error medio y el medio absoluto, comparando los datos reales con los estimados, obtenidos tras una validación cruzada o *jack-knife* (Stone, 1974), en el que se elimina un dato del conjunto de observaciones y se estima su valor con los datos restantes, repitiéndose el proceso con cada observación.

Resultados y Discusión

Se realizó el análisis de correlación entre las variables a estimar y la altitud (Tabla 1), y se obtuvieron valores significativos, a excepción de la precipitación media de agosto. Las temperaturas mostraron correlaciones significativas y negativas con la altitud, y las precipitaciones positivas, aunque con valores del coeficiente de correlación de Pearson (?) menores.

Tabla 1. Coeficientes de correlación de las temperaturas (T) y las precipitaciones (P) medias mensuales con la altitud. *significativo al nivel 0.05 (bilateral) **significativo al nivel 0.01(bilateral)

	En	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
?(T)	-0,9334**	-0,9543**	-0,9398**	-0,9353**	-0,8982**	-0,7492**	-0,6686**	-0,7477**	-0,8897**	-0,9533**	-0,9440**	-0,9311**
?(P)	0,4879**	0,4837**	0,3432**	0,2405**	0,6076**	0,4959**	0,1817*	-0,1020	0,3142**	0,4968**	0,4520**	0,5958**

Se desarrollaron análisis de regresiones entre las variables climáticas y la altitud, y se hallaron los residuos en los puntos de muestreo (diferencia entre el valor observado y el estimado). Se analizó el patrón espacial de los mismos mediante la representación de los variogramas (Figura 2), y una vez confirmada la correlación espacial de los mismos (aumenta la varianza según nos distanciamos), se interpolaron mediante un OK a los puntos de predicción. Con las precipitaciones medias de agosto, la modelización se llevó a cabo mediante un OK con las temperaturas medias, al no existir correlación con la altitud.

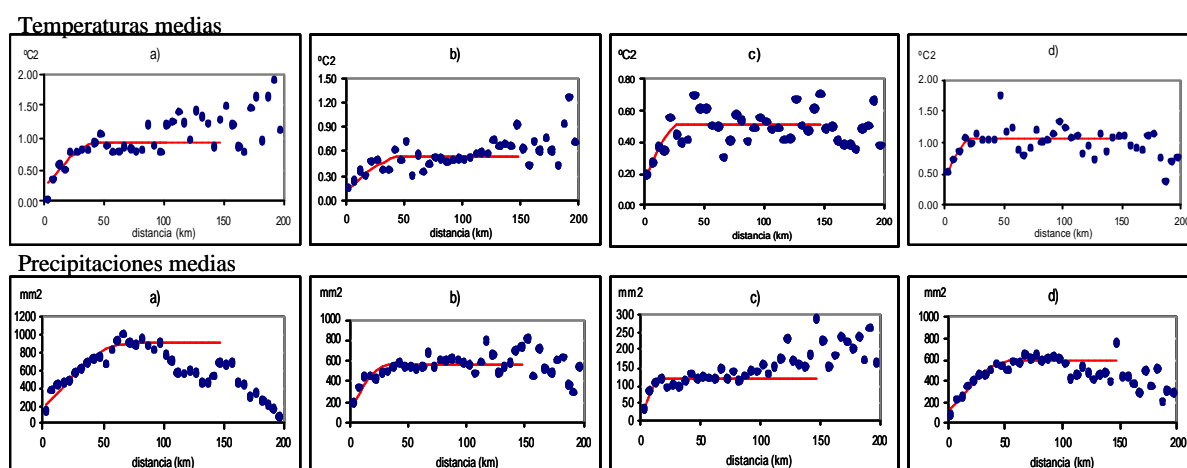


Figura 2. Variogramas experimentales (puntos) y teóricos (línea) de las temperaturas y las precipitaciones medias de los meses enero (a), abril (b), julio (c) y octubre (d).

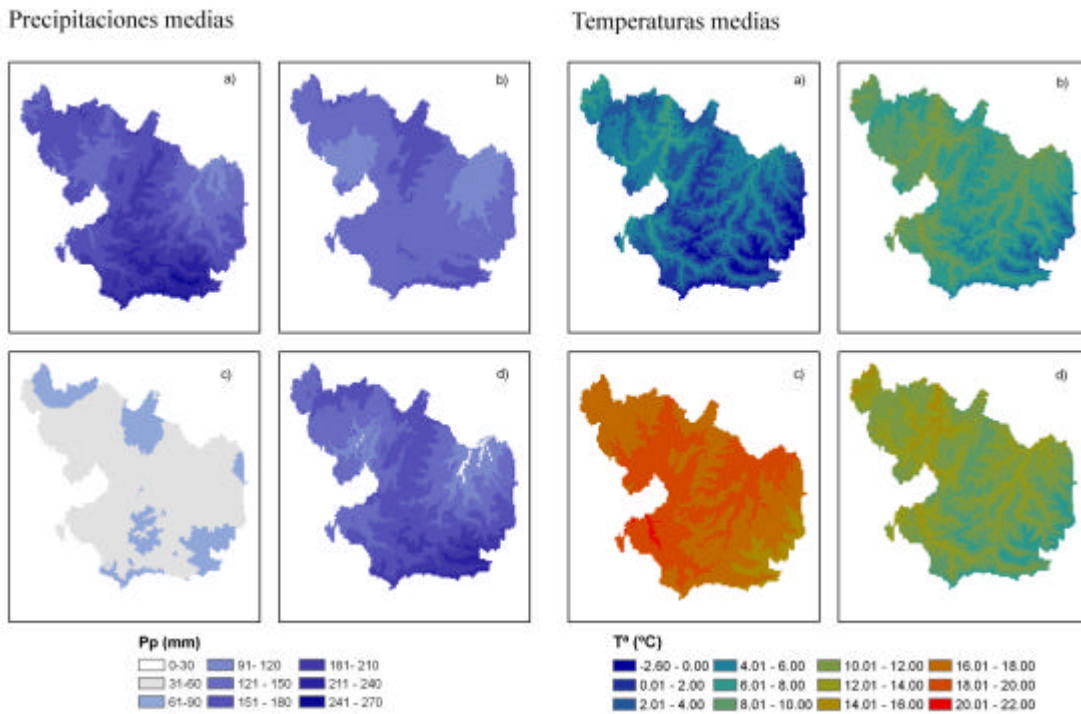


Figura 3. Modelos de las precipitaciones y las temperaturas medias para los meses de enero (a), abril (b), julio (c) y octubre (d).

La suma del valor estimado mediante regresión y el residuo estimado mediante OKED, da lugar a los modelos de predicción de las variables climáticas. En la Figura 3 aparecen representados algunos ejemplos de los modelos desarrollados. El promedio del error absoluto de las 4 estaciones es de 0,61°C y 11,33 mm respectivamente (Tabla 2), lo que porcentualmente supone el 6,8% y un 10,5% para las temperaturas y las precipitaciones, respectivamente.

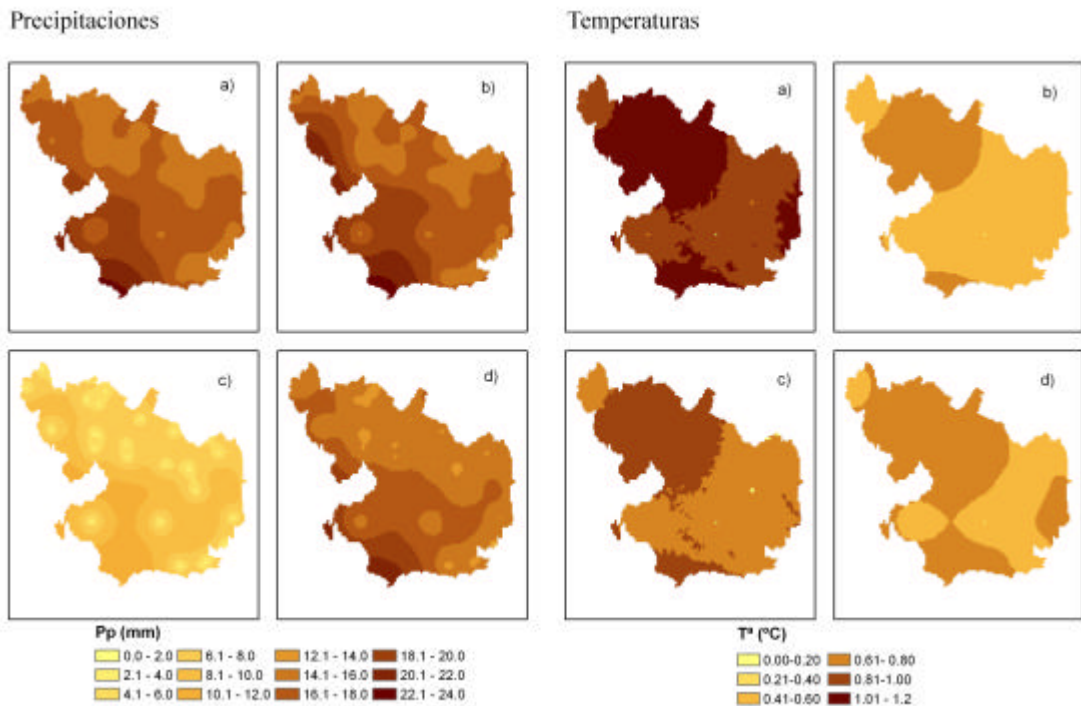


Figura 4. Modelos de los errores estimados de predicción (o errores de krigado) las precipitaciones y las temperaturas medias para los meses de enero (a), abril (b), julio (c) y octubre (d).

Tabla 2. Estimación estacional de las variables temperatura y precipitación medias y los errores medio y medio absoluto cometidos en los puntos de observación y el error medio de estimación.

	Variable media estimada		Error medio		Error medio absoluto		Error medio de predicción $\sigma(u_a)$	
	(°C)	(mm)	(°C)	(mm)	(°C)	(mm)	(°C)	(mm)
Invierno(Dc+En+Fb)	5,79	138,40	0,02	-0,16	0,72	14,20	0,85	18,54
Primavera (Mz+Ab+My)	9,63	123,75	0,02	0,00	0,55	12,75	0,56	15,02
Verano (Jn+Jl+Ag)	17,23	60,62	0,03	0,11	0,63	7,02	0,77	8,21
Otoño (Sp+Oc+Nv)	12,29	122,54	0,03	-0,03	0,56	11,36	0,65	14,70
Promedio anual	11,24	111,33	0,03	-0,02	0,61	11,33	0,71	14,12

Una de las ventajas de las técnicas geoestadísticas para la modelización de estas variables, es que permiten hallar la varianza y el error de predicción $\sigma(u_a)$ en cada punto estimado, así se puede representar en mapas la distribución de la incertidumbre de nuestros modelos (Figura 4). De esta manera pueden detectarse aquellas áreas con errores mayores, y que se corresponde con zonas con pocas o ninguna estación meteorológica; así como las diferencias estacionales en la predicción. Destaca que los errores estivales son menores que los invernales, siguiendo las tendencias encontradas en otros trabajos como el de Rolland (2002), y la línea detectada con los variogramas, donde las mayores varianzas aparecieron en enero. Esto concuerda con una mayor variabilidad de los datos en invierno. En definitiva estos modelos de variables climáticas pueden incorporarse a otros de producción de pastos (ej. Barrett *et al.* 2005), para mejorar las predicciones y aproximarse hacia la consideración global del sistema pastoral.

Conclusiones

El patrón espacial de variables climáticas presenta una alta dependencia con el relieve abrupto de Asturias. Por ello, se ha seleccionado una técnica geoestadística que permite modelizar estas variables con la altitud como variable auxiliar, cometiendo un error asumible teniendo en cuenta la escasez de datos de partida, y que sirven como base para estimaciones y cálculos de la productividad de pastos de una región ganadera como la estudiada.

Bibliografía

BARRETT, P.D.; LAIDLAW, A.S.; MAYNE, C.S., 2005. GrazeGro: a European herbage growth model to predict pasture production in perennial ryegrass swards for decision support. *European Journal of Agronomy*, **23** (1), 37-56.

BENAVIDES, R., 2005. Estudio socio-económico de la comarca agroganadera occidental interior. (Documento inédito)

CRESSIE, N. A. C., 1993. *Statistics for Spatial Data*. Wiley, New York, 900 pp.

DODSON, R.; MARKS, D., 1997. Daily air temperature interpolated at high spatial resolution over a large mountainous region. *Climate Research* **8**, 1-20.

GOODALE, C. L.; ALBERT, J. D.; OLLINGER, S. V., 1998. Mapping monthly precipitation, temperature and solar radiation for Ireland with polynomial regression and digital elevation model. *Climate Research* **10**, 35-49.

GOOVAERTS, P., 1999. Geostatistics in soil science: state-of-the-art and perspectives. *Geoderma* **89**, 1-45.

HUDSON, G.; WACKERNAGEL, H., 1994. Mapping temperature using kriging with external drift: theory and example from Scotland. *International Journal of Climatology* **14**, 77-91.

ISAAKS, E. H.; SRIVASTAVA, R. M., 1989. *Applied Geostatistics*. Oxford University Press, 561 pp. Nueva York (Estados Unidos).

LI, X.; CHENG, G., LU, L., 2005. Spatial analysis of air temperature in Qinghai-Tibet Plateau. *Arctic, Antarctic and Alpine Research* **37(2)**, 246-252.

ROLLAND, C., 2002. Spatial and seasonal variations of air temperature lapse rate in Alpine region. *Journal of Climate (American Meteorological Society)* **16(7)**, 1032-1046.

SADEI. Superficie de Asturias según estratos de pendiente. [En línea]. Disponible en: <http://www.sadei.es>, [Consultado: Agosto, 2006]

STONE, M., 1974. Cross-validation choice and assessment of statistical predictions. *Journal of Royal Statistical Society B*, **36**, 111-133.

STOUTJESDIJK, P.; BARKMAN J. J., 1992. *Microclimate, Vegetation and Fauna*. Opulus Press, 216 pp. Suecia.

Agradecimientos

Los autores quieren agradecer a Miguel Ángel Álvarez, Director del INDUROT (Asturias), la cesión de los datos meteorológicos para la realización de este trabajo. Este estudio está financiado por la beca concedida a R. Benavides del Ministerio de Educación y Ciencia, dentro del proyecto AGL2003-05342.

GEOSTATISTICAL MODELLING OF CLIMATIC VARIABLES WITH INTEREST FOR GRAZING PURPOSE IN THE INNER-WESTERN ASTURIAS

Summary

The assessment of pasture productivity depends on the climatic variables, which let us determine the length of growing season. Nevertheless, these variables are not easy to obtain because the locations of the meteorological stations are usually irregular and scattered, above all in mountainous regions. In this study, models of mean monthly temperatures and rainfalls are mapped in the mountainous inner-western county of Asturias. The used technique is a geostatistical method, supported by a GIS (Geographic Information System), called Ordinary Kriging with External Drift (OKED). This method allows us to introduce ancillary variables to interpolate; in this case the elevation data are used. In spite of the low number of initial data, the resulted models showed an acceptable accuracy, so they can be used as inputs to develop other models related to the productivity of pasture.

Key words : Kriging, model, productivity, GIS.

EFECTO DE DISTINTAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS SOBRE LOS PARÁMETROS BIOLÓGICOS DEL SUELO Y LA PRODUCCIÓN DE CULTIVOS FORRAJEROS

I. MIJANGOS, I. ALBIZU, N. LORENZO, A. IBARRA, F. BLANCO & C. GARBISU
NEIKER – Tecnalia / Dpto. de Agroecosistemas y Recursos Naturales
Parque Tecnológico de Bizkaia – P.812.
Berreaga, 1. E-48160 Derio (Bizkaia)
Telf: +34 902 540 546 Fax: +34 902 540 547
*imijangos@neiker.net

Resumen

Tradicionalmente el estudio del efecto de las distintas técnicas de laboreo y abonado sobre las propiedades del suelo se ha limitado al análisis de parámetros físicos y químicos del suelo. En los últimos años, se ha comprendido que los procesos biológicos no sólo están íntimamente unidos al mantenimiento de la estructura y fertilidad del suelo sino que además son potencialmente más sensibles y capaces de reflejar rápidamente las perturbaciones en el mismo. En este caso, para conocer su respuesta a medio plazo se planteó un ensayo en el que se aplicaron dos técnicas de siembra (laboreo convencional vs. siembra directa), en combinación con dos tipos de abonado (purín vs. mineral), para la implantación de dos tipos de cultivo forrajero de invierno (raigrás italiano vs. mezcla triticale/guisante forrajero). Se estudió su efecto sobre parámetros químicos, físicos y biológicos del suelo, así como sobre la producción y valor nutritivo del forraje. Los parámetros biológicos analizados demostraron ser capaces de reflejar cambios debidos a los tratamientos aplicados con mayor claridad que los parámetros físico-químicos analizados, seis meses después de su aplicación. El abonado con purín, en comparación con el mineral, favoreció la actividad biológica del suelo y la presencia de lombrices. En cuanto a la producción y valor nutritivo del forraje, ambas técnicas de siembra y abonado demostraron ser viables, siendo la mezcla triticale/guisante forrajero ligeramente más productiva y rica en proteína bruta.

Palabras clave : Parámetros biológicos; purín de vacuno; siembra directa; fertilidad del suelo; salud del suelo

Introducción

En nuestro entorno, a diferencia de otros países, la aplicación práctica del concepto de salud/sostenibilidad del suelo en las explotaciones agrarias está aún por desarrollar. Asimismo, cada vez son más abundantes los trabajos (Moore *et al.*, 2003) que demuestran la interrelación entre la biota del suelo, su salud, y la de las plantas, animales y seres humanos. Por ello, 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. Sin embargo, cada vez está más aceptada la idea de que los indicadores biológicos tienen un gran potencial, debido, entre otras razones, a su carácter integrador, y a 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.

En este contexto, se plantea un ensayo de campo para comprobar su eficacia frente a los parámetros físico-químicos tradicionales. Para ello, se combinan distintas técnicas de laboreo (laboreo convencional vs. siembra directa), fertilización (purín vs. mineral), y cultivos (raigrás italiano vs. mezcla triticale/guisante forrajero). Por otro lado, también se pretende evaluar la

viabilidad de estas alternativas de producción forrajera, tanto desde el punto de vista de su efecto sobre el suelo como desde el punto de vista de la producción y el valor nutritivo del forraje.

Materiales y Métodos

El presente estudio se incluye dentro de un trabajo que se inició en mayo de 2005 en la finca que NEIKER Tecnalia- Instituto Vasco de Investigación y Desarrollo Agrario- posee en Derio (Bizkaia), sobre un Cambisol Epidiátrico (FAO) de textura franco-arcillo-limosa, pH (H₂O)=5,4, P (Olsen)=10 mg kg⁻¹, K extraíble (NH₄Ac)=126 mg kg⁻¹. Este estudio muestra los resultados obtenidos a partir del muestreo realizado en mayo de 2006, tras completar el primer año de la rotación maíz en verano – cultivos forrajeros de invierno. En la implantación de los cultivos de invierno en octubre de 2005, tal y como se había hecho para el maíz forrajero, se llevaron a cabo los tratamientos que se detallan a continuación. El diseño experimental fue en bloques al azar con tres replicas y un tamaño de parcela elemental de 17,5 m² (5 x 3,5 m). Uno de los factores estudiados fue el tipo de fertilización (purín vs mineral), que se aplicó en fondo (11/10/2005) y en cobertera (01/03/2006). En fondo, la fertilización orgánica consistió en la aplicación superficial de purín de vacuno fresco (11% MS) equivalente a 60-60-135 kg ha⁻¹ de N-P₂O₅-K₂O, suponiendo una disponibilidad del 30% para el nitrógeno, del 85% para el P y del 100% para el K (Ziegler y Heduit, 1971). Para la fertilización mineral en fondo se emplearon NH₄NO₃ al 33,5%, P₂O₅ al 18% y KCl al 60%, igualando las dosis aplicadas en forma de purín. Para el abonado de cobertera se empleó el nitrato amónico descrito, tanto en las parcelas denominadas “orgánicas” como en las “minerales”, y las dosis empleadas fueron 95 kg ha⁻¹ para el raigrás italiano y 60 kg ha⁻¹ para la mezcla triticale/guisante forrajero. El tipo de cultivo empleado (raigrás italiano vs. mezcla triticale/guisante forrajero) fue otro factor objeto de estudio, y las variedades empleadas fueron ‘Nival’ para el raigrás italiano (30 kg ha⁻¹), ‘Senatrit’ para el triticale (78 kg ha⁻¹) y ‘Cartouche’ para el guisante forrajero (300 kg ha⁻¹). Por último, dentro de cada tipo de fertilización y de cultivo, también se comparó la siembra directa frente a una siembra convencional que incluyó un pase de arado de vertedera y tres pases de rotavator. Las parcelas destinadas a la siembra directa se trataron con glifosato (36%) a razón de 6 L ha⁻¹ del producto comercial aproximadamente una semana antes de la fertilización y de la siembra, mientras que a las parcelas de siembra convencional se les aplicó un tratamiento de preemergencia a base de pendimetalina (33%), también a razón de 6 L ha⁻¹ del producto comercial, en este caso el día posterior a la siembra. Para realizar la siembra se empleó en ambos casos una sembradora directa Semeato, con 17cm entre hileras.

Se tomaron muestras de suelo seis meses después de la aplicación de los tratamientos, coincidiendo con el momento de la cosecha de los cultivos. Se tomaron al azar muestras de suelo de cada una de las parcelas del ensayo, con ayuda de una sonda manual de embudo de 2,5 cm de diámetro y 15 cm de profundidad. Las muestras se desmenuzaron y se secaron al aire hasta peso constante, se tamizaron (2 mm) y se almacenaron a 4°C hasta la fecha de análisis.

Se analizaron los siguientes parámetros químicos del suelo (MAPA, 1994): pH, saturación de Al, materia orgánica, C/N, N total, NH₄⁺, P Olsen, K, Ca, Mg y CICef.

Los parámetros físicos del suelo que se analizaron fueron la humedad gravimétrica del suelo (70°C), su temperatura (con un termómetro de campo Minitherm HI8753) y su grado de compactación 075 cm (con un penetrómetro Rimik CP40). Para medir la compactación se llevaron a cabo cinco mediciones en distintos puntos de cada parcela, para finalmente obtener un valor medio para cada una de éstas.

En cuanto a los parámetros biológicos del suelo, se analizó el N mineralizable, la respiración basal, la abundancia de lombrices 030cm y las actividades enzimáticas deshidrogenasa, β-glucosidasa, arilsulfatasa y fosfatasa ácida según Dick *et al.* (1996).

Finalmente, para cuantificar la cantidad y el valor nutritivo del forraje, se cortó una franja central de 0,9 m de ancho en cada parcela, se realizó el pesaje en campo y se tomó una muestra representativa para determinar su contenido en materia seca. En el laboratorio se analizó su digestibilidad, fibra neutra y ácida detergente, cenizas y proteína bruta (Zasoski y Burau, 1977). Para determinar las diferencias entre los tratamientos se empleó el análisis de la varianza (ANOVA) y el test de Fisher ($p < 0,05$).

Resultados y discusión

El diagrama tipo “sun-ray” representa una “huella dactilar” que integra los parámetros físico-químicos analizados del suelo (Figura 1). Para facilitar su interpretación, se representan únicamente los valores medios de las parcelas correspondientes a los dos tratamientos *a priori* más extremos: por un lado el tratamiento que se podría suponer (Mijangos *et al.*, 2006) más agresivo para las propiedades del suelo analizadas, consistente en siembra convencional (SC) con aporte de abono mineral (M) y, por otro lado, el tratamiento que podría considerarse que tiene un menor impacto, el cual evita la alteración de la estructura del suelo mediante la técnica de siembra directa (SD) y reutiliza residuos ganaderos (purín) de la zona para emplearlos como abono orgánico (O). No se tuvo en cuenta el tratamiento referente al tipo de cultivo empleado (raigrás *vs.* mezcla triticale/guisante forrajero) debido a que en ningún caso produjo diferencias significativas ($p < 0,05$) en los parámetros analizados, lo que permitió agrupar las parcelas que tenían los mismos tratamientos de laboreo y fertilización.

De esta forma, se comparan las diferencias provocadas en las propiedades físico-químicas del suelo tras la aplicación de ambos tratamientos, y con respecto al control inalterado (pradera natural contigua). En el diagrama los valores de cada tratamiento se expresan de manera porcentual respecto al control, al que se le da siempre un valor del 100% y, por tanto, forma un polígono regular. Los valores reales para el control son: $\text{pH}=5,5$, %Sat. Al=3,5, %MO=4,7, C/N=9,0, %N total=0,31, NH_4^+ (mg/kg suelo seco)=6,4, P (mg/kg suelo seco)=24, K (mg/kg suelo seco)=166, Ca (mg/kg suelo seco)=1660, Mg (mg/kg suelo seco)=185, CECef. (meq/100ml)=12,5, %humedad gravimétrica (HG) (p/p)=28,5, T^a ($^{\circ}\text{C}$)=14,1.

Destaca el hecho de que aún tratándose de los tratamientos más extremos, siguen un patrón muy similar. Las diferencias entre ambos tratamientos consistieron principalmente en un aumento de la concentración de bases provocada por la adición de purín, que también pareció contribuir a corregir en parte la acidez del suelo en comparación con la fertilización inorgánica (SC+M). Al comparar los tratamientos con respecto al control, este último presentó niveles de materia orgánica (y nutrientes derivados de su mineralización) que duplicaban los valores de las parcelas cultivadas, y una acidez más moderada. El hecho de que albergara una cubierta vegetal permanente hizo que se mantuviera algo más fresco y húmedo que las parcelas cultivadas. Esto también se observó en las parcelas donde se empleó la siembra directa, lo cual era esperable debido a la compactación superficial que suele ocurrir en ausencia de laboreo, más aún en suelos pesados como éste. En cualquier caso, si bien es cierto que en muestreos anteriores se había comprobado esta diferencia de resistencia a la penetración debida al laboreo (datos no mostrados), en este muestreo realizado en el momento de la cosecha las diferencias que se venían presentando en la capa más superficial (0-20cm) ya se han perdido, no existiendo diferencias significativas entre los distintos tratamientos, ni entre éstos y el control. A su vez, y de manera general, los valores que se muestran son elevados, ya que se encuentran en torno a 2,5 MPa (Taylor, 1974), y no se puede hacer una diferencia clara, en cuanto a la compactación, entre las parcelas de SD y las de SC. Esto se debe principalmente a que, en este caso, habían transcurrido seis meses desde que se había realizado la siembra de los cultivos de invierno (de noviembre a mayo) y a las cuantiosas lluvias acumuladas en estos meses (865 mm).

En referencia al resto de tratamientos (datos no mostrados), no se observaron diferencias estadísticamente significativas aunque las parcelas que incluyeron fertilización orgánica siempre

mostraron un valor ligeramente superior de MO, pH, N, K y Mg. En función del tipo de siembra no se apreciaron, por el contrario, tendencias claras.

Por tanto, los parámetros físico-químicos analizados no mostraron, en términos generales, huellas diferentes para los distintos tratamientos aplicados.

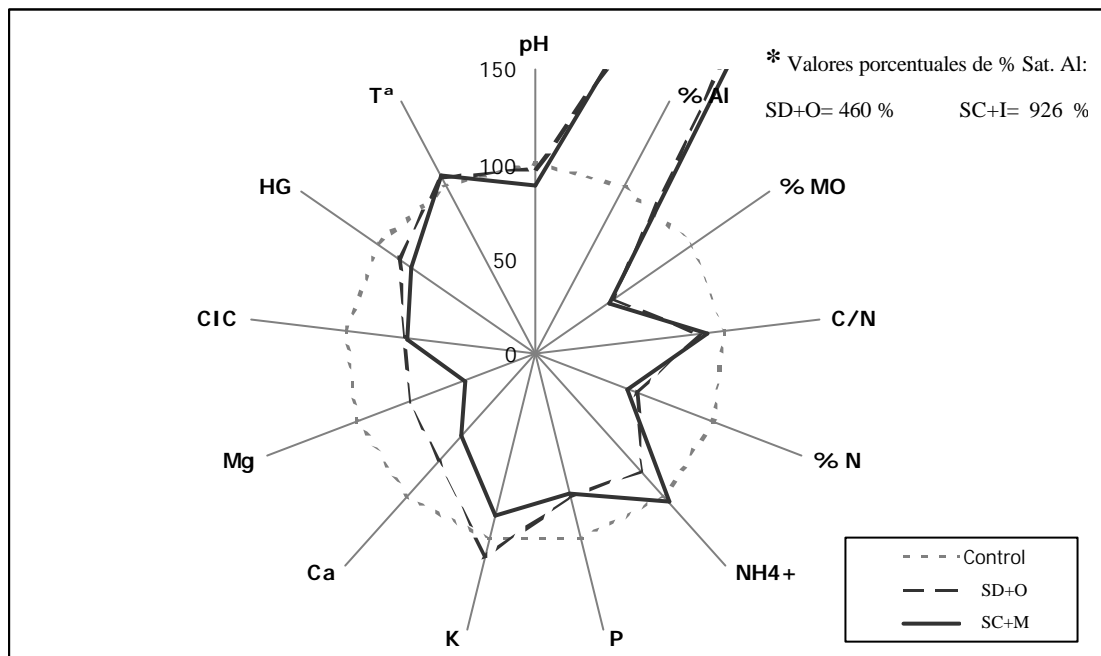


Figura 1. Efectos del laboreo y del abonado sobre las propiedades físico-químicas del suelo.

Por el contrario, en la Figura 2, la cual representa los parámetros biológicos analizados del suelo, las huellas correspondientes a ambos tratamientos se diferencian claramente entre sí, así como al compararlas con el control.

Los valores que presenta el control son muy superiores a los de las parcelas cultivadas, sobretodo al compararlo con SC+M, a excepción de la respiración basal. La respiración basal de un suelo indica su actividad oxidativa en ese momento y se cuantifica por su tasa de emisión de CO_2 por unidad de superficie. Esto contrasta con el hecho de que en SC+M la actividad deshidrogenasa se encuentre muy disminuida en relación a SD+O y al control, ya que esta actividad está asociada a las poblaciones microbianas viables (Burns y Dick, 2002). De aquí podría deducirse que la actividad oxidativa por unidad de biomasa microbiana es mucho mayor en las parcelas de SC+M y diversos estudios (Haynes, 1999) sostienen que un incremento de la respiración de un suelo por unidad de biomasa microbiana podría ser indicativo de un ecosistema distorsionado en relación con un ecosistema más estable. De hecho, en este estudio, la parcela control consiste en una pradera natural que no ha sido alterada en los últimos 12 años y por tanto se podría suponer que se encuentra en una situación más estable, y significativamente el tratamiento SD+O tiende a adquirir una forma regular en el diagrama, es decir, a adquirir una forma más parecida a la que muestra el control. Esto podría reflejar que los valores de éstos se acercan a la situación de un suelo menos perturbado, mientras que el patrón de la parcela SC+M es mucho menos regular. Otro hecho destacable es que no se contabilizó ninguna lombriz en SC+M.

En cualquier caso, para ahondar en esta hipótesis, sería conveniente contrastar estos resultados con medidas específicas de biomasa microbiana tales como: C de la biomasa, respiración inducida por sustrato, etc.

En cuanto al resto de actividades enzimáticas, la razón de que muestren menos diferencias que la deshidrogenasa entre ambos tratamientos puede radicar en su componente extracelular (Allison y Vitousek, 2005). Dicho componente extracelular de las actividades β -glucosidasa, fosfatasa ácida y arilsulfatasa les permite a éstas permanecer estabilizadas en microhábitats del suelo –lo que no ocurre con la actividad deshidrogenasa-, por lo que presentan una mayor inercia y su rapidez de respuesta ante determinados cambios en el ambiente es menor que la de la deshidrogenasa. En cualquier caso, y al igual que ocurre con el nitrógeno mineralizable (NPM), el cual depende de la calidad de la fuente de N y de la actividad mineralizadora microbiana, las enzimas analizadas tienden a mostrar una mayor actividad biológica en SD+O en comparación con SC+I.

En referencia al resto de tratamientos no mostrados, para las actividades fosfatasa ácida y arilsulfatasa, así como para el NPM, las parcelas con abonado orgánico siempre mostraron valores mayores que las inorgánicas aunque las diferencias no llegaron a ser estadísticamente significativas. Las actividades deshidrogenasa y β -glucosidasa también tienden a mostrar este comportamiento aunque no de manera clara. En la deshidrogenasa, el valor máximo de actividad se dio en las parcelas donde se aplicó la combinación de SD+O.

En función del tipo de laboreo no se mostraron diferencias significativas ni con una tendencia clara, apareciendo los valores superiores en las parcelas de SC frente a las de SD en la actividad fosfatasa ácida, y superiores en las parcelas de SD frente a las de SC en la actividad arilsulfatasa y el NPM.

En cuanto a las lombrices, y a pesar de no darse diferencias significativas entre los distintos tratamientos debido a la alta variabilidad que se dio en su recuento, es destacable que sólo se encontraron en el control y en parcelas donde se aplicó purín -tanto en SC+O como en SD+O-.

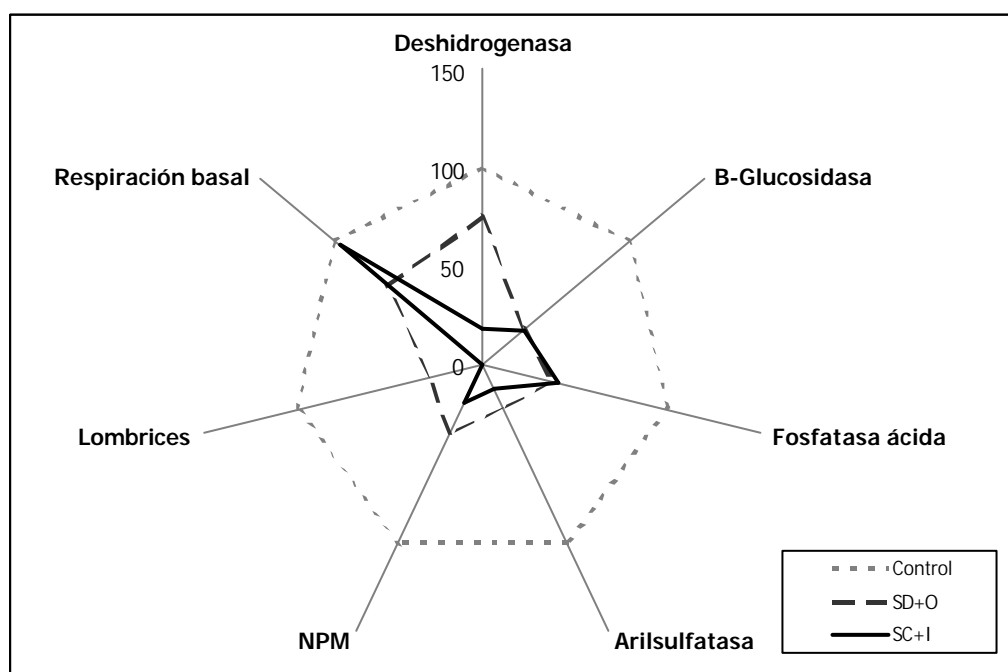


Figura 2. Efectos del laboreo y del abonado sobre las propiedades biológicas del suelo.

Por tanto, al observar conjuntamente las Figuras 1 y 2 se aprecia que en este muestreo llevado a cabo 6 meses después de la última aplicación de los tratamientos objeto de estudio, los parámetros biológicos son capaces de discriminar más claramente los tratamientos estudiados, en comparación con los parámetros físico-químicos analizados. Estos últimos, en muestreos anteriores (datos no mostrados) también mostraron algunas diferencias significativas entre

tratamientos (compactación superficial, saturación de Al, concentración de materia orgánica y nutrientes) pero se fueron atenuando con el paso del tiempo. Sin embargo, se observa que los parámetros biológicos analizados mantienen las diferencias seis meses después. Este hecho es importante ya que estudios anteriores (Mijangos *et al.*, 2006) han corroborado las ventajas que según diversos autores que pueden tener los parámetros biológicos, basadas en su mayor rapidez de respuesta y sensibilidad frente a las perturbaciones externas (prácticas agrícolas en este caso), pero en este trabajo además muestran una capacidad para mantener su respuesta a medio plazo, lo que puede ser importante para detectar un impacto pasado sobre el suelo.

Por último, en la Tabla 1 se muestran los valores de producción de materia seca de los cultivos de invierno comparados: raigrás italiano (R) vs. mezcla de triticale y guisante forrajero (T/G), así como los parámetros de valor nutritivo del forraje analizados.

Los valores de producción y valor nutritivo del forraje se consideran aceptables en su conjunto. En cuanto a la producción, al comparar ambos cultivos dentro de una misma combinación laboreo+abonado, la mezcla de triticale y guisante pareció ser ligeramente más productiva en el conjunto de los tratamientos, a excepción de la combinación SC+I, donde el raigrás se mostró más productivo que la mezcla de cultivos. La combinación de tratamientos más desfavorable, en términos de producción de biomasa, fue el tratamiento SD+I. En cualquier caso, las diferencias en cuanto a producción no fueron significativas en ninguno de los casos.

Con respecto a los parámetros de valor nutritivo del forraje, como era esperable, en la mezcla que incluía una especie leguminosa el contenido proteico (PB) fue superior, a excepción de T/G+SC+M. Por el contrario, la digestibilidad del forraje (D) fue superior en el cultivo de raigrás. Por último, la combinación T/G+SD+O fue la que ofreció el máximo valor de PB, el mínimo de fibra neutro detergente (FND) y, dentro de las parcelas donde se sembró T/G, la máxima digestibilidad. De modo que podría considerarse como el tratamiento más interesante en cuanto a valor nutritivo del forraje (además de su efecto potenciador de la actividad biológica explicado). Además, en muestreos anteriores (datos no mostrados) llevados a cabo en épocas de intensas lluvias, se constató un menor encharcamiento en las parcelas que contenían la mezcla T/G frente a las sembradas con raigrás, bajo todas las combinaciones de laboreo y abonado estudiadas. Esto puede deberse a una mayor capacidad de transpiración de la mezcla T/G, lo que podría ayudar a mitigar los problemas de saturación de agua típicos de la época invernal en zonas lluviosas y suelos de textura fina, como es este caso.

Tabla 1: Valores de producción y de valor nutritivo del forraje. Letras diferentes dentro de una columna indican diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos ($p < 0,05$).

Tratamiento	Producción (t MSha ⁻¹)	Ceniza (%)	PB (%)	FAD (%)	FND (%)	D (%)
R+SC+I	4,7±1,7 ^a	10,2±0,5 ^a	13,5±0,4 ^{ac}	31,8±0,9 ^a	50,0±1,6 ^{abc}	76,2±1,0 ^a
R+SC+O	4,2±0,6 ^a	9,6±0,3 ^{ac}	14,0±1,4 ^{ac}	32,1±1,0 ^a	50,5±1,6 ^{ab}	74,1±1,9 ^{ac}
R+SD+I	2,9±0,5 ^a	9,1±0,2 ^{bc}	14,8±1,4 ^{ac}	32,0±1,2 ^a	50,1±1,7 ^{abc}	73,8±2,0 ^{ac}
R+SD+O	4,1±0,6 ^a	8,2±0,2 ^{bc}	11,6±0,6 ^{ab}	33,0±1,2 ^a	51,5±1,5 ^a	71,3±1,0 ^{ab}
T/G+SC+I	4,5±1,0 ^a	6,4±0,2 ^d	9,8±0,5 ^b	34,4±1,6 ^{ab}	48,1±1,4 ^{abcd}	66,4±2,7 ^b
T/G+SC+O	5,3±1,3 ^a	7,4±0,2 ^e	16,6±1,2 ^{cd}	34,1±1,1 ^a	45,1±1,4 ^{bcd}	69,5±1,1 ^{bc}
T/G+SD+I	3,1±0,9 ^a	7,8±0,1 ^e	18,8±0,6 ^{de}	34,9±1,7 ^{ab}	44,6±3,1 ^{cd}	70,9±2,5 ^{ab}
T/G+SD+O	5,3±0,9 ^a	8,9±0,5 ^{bc}	22,2±1,3 ^e	35,0±1,2 ^{ab}	43,0±0,1 ^d	71,3±1,3 ^{ab}

Conclusiones

Los parámetros biológicos analizados reflejaron con mayor claridad las diferencias originadas por los tratamientos (seis meses después de su aplicación), en comparación con los parámetros físico-químicos analizados.

El empleo de fertilizantes orgánicos (purín) produjo un incremento en la actividad biológica del suelo y en la abundancia de lombrices, mientras que la siembra directa no limitó la producción y tampoco la actividad biológica del suelo. La combinación de ambas técnicas pareció acercar la “huella biológica” del suelo a la del Control inalterado.

La mezcla triticale/guisante forrajero se mostró ligeramente más productiva y rica en proteína bruta, y ambas técnicas de abonado y laboreo demostraron ser viables desde el punto de vista productivo.

Bibliografía

ALLISON, S.D.; VITOUSEK, P.M., 2005. Responses of extracellular enzymes to simple and complex nutrient inputs. *Soil Biol Biochem*, **37**, 937-944.

BURNS, R.G.; DICK, R.P., 2002. *Enzymes in the Environment. Activity, Ecology, and Applications*. Ed. R.G. BURNS & R.P. DICK. Marcel Dekker Inc.. New York (EEUU).

DICK, R.P.; BREACKWELL, 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).

HAYNES, R.J., 1999. Size and activity of the soil microbial biomass under grass and arable management. *Biol Fertil Soils*, **30**, 210-216.

MAPA, 1994. *Métodos oficiales de análisis III*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid (España).

MIJANGOS, I.; PÉREZ, R.; ALBIZU, I.; GARBISU, C., 2006. Effects of fertilization and tillage on soil biological parameters. *Enzyme and Microbial Technology*, **40**, 100-106.

MOORE, J.C.; MCCANN, K.; SETÄLÄ, H.; DE RUITER, P.C., 2003. Top-down is bottom-up: Does predation in the rhizosphere regulate aboveground dynamics?. *Ecology*, **84**, 846-857.

TAYLOR, H.M., 1974. Root behaviour as affected by soil structure and strength. En: *The Plant Root and its Environment*, 271-291. Ed. E.W. CARSON. VA Univ. of Virginia Press. Charlottesville (EEUU).

ZASOSKI, R.J.; BURAU, R.G., 1977. A rapid nitric-perchloric acid digestion method for multielement tissue analysis. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, **8**, 425-436.

ZIEGLER, D.; HEDUIT, M., 1971. *Engrais de ferme: valeur fertilisante, gestion, environnement*. ITP, ITCF, ITEB. Paris (Francia).

EFFECT OF DIFFERENT AGRICULTURAL PRACTICES ON SOIL BIOLOGICAL PARAMETERS AND FORAGE CROPS YIELD

Summary

Traditionally, the study of the effect of different techniques of soil tillage and fertilization on soil properties has been focused on the analysis of soil physical and chemical parameters. Recently, it has been recognized that biological processes are not only intimately linked to the maintenance of soil structure and fertility but are also potentially more sensitive to soil disturbances. Consequently, in order to investigate the medium-term effect of these agricultural practices on soil functioning, a field assay was carried out where two seeding techniques (conventional tillage vs. direct seeding) were combined with two different types of fertilization (cow slurry vs. mineral) for the establishment of two different winter forage crops (Italian

ryegrass vs. triticale/ forage pea mixture). Their effects on soil chemical, physical and biological parameters and on forage corn production and nutritional value were studied. Six months after treatment application, biological parameters proved to be more sensitive than physicochemical parameters to detect changes induced by those practices. Cow slurry, as compared to mineral fertilization, enhanced soil biological activity and abundance of earthworms. Satisfactory results of forage corn production and nutritional value were obtained under both tillage and fertilization techniques. Finally, the triticale/forage pea mixture was slightly more productive and rich in crude protein than Italian ryegrass.

Keywords Biological parameters; cow slurry; direct seeding; soil fertility; soil health

SOBREPASTOREO Y DEGRADACIÓN DE PASTOS DE PUERTO: QUIÉN, CUÁNDO, DÓNDE. RESPUESTAS DEL MODELO DE SIMULACIÓN “PUERTO”

JUAN BUSQUÉ, MANUEL J. MORA, JOAQUÍN BEDIA & BENITO FERNÁNDEZ
Centro de Investigación y Formación Agrarias. C/ Héroe 2 de mayo, 27. Muriedas, 39600
Cantabria.

Telf: +34 942 254045 Fax: +34942269011

* juanbusque@cifacantabria.org

Resumen

El modelo de simulación PUERTO (Busqué y col., 2006) permite estimar espacial y temporalmente la utilización forrajera de ecosistemas complejos, como son los pastos de puerto cantábricos, por distintos tipos de animales en pastoreo. Su aplicación en Sejos (Cantabria), con un pastoreo comunal por parte de un número elevado de cabañas de vacuno y equino, ha permitido localizar las áreas sobrepastoreadas. Además, se ha detectado una relación positiva entre el grado de utilización forrajera de los pastos de *Festuca-Agrostis* y su grado de invasión por lecherina (*Euphorbia polygalifolia*). La estimación de la dinámica de esta relación a lo largo de la estación de pastoreo y según el tipo de ganado responsable ayuda a diseñar sistemas pastorales más equilibrados.

Palabras clave

Euphorbia polygalifolia, pastos de *Festuca-Agrostis*, utilización forrajera, vacuno, equino, matorralización, gestión silvopastoral

Introducción

La heterogeneidad es característica del pastoreo de puertos de montaña, tanto por la existencia de un mosaico de comunidades vegetales de valores pastorales contrastados (Gartzía *et al.*, 2005), como por la posibilidad de coexistencia de distintos tipos de ungulados con diferente capacidad de ingestión, dieta y distribución espacio-temporal (Aldezabal, 2001). Esto implica que la carga ganadera media de un puerto sea una variable de escasa utilidad en su gestión silvopastoral (Mandaluniz *et al.*, 2004).

En los pastos de puerto de Cantabria, el pastoreo estival es fundamentalmente de vacuno y equino, habiendo casi desaparecido el pastoreo de ovino y caprino. Además, este pastoreo es escasamente controlado por el ganadero, manteniéndose únicamente la delimitación de zonas amplias de pastoreo, en la mayoría de casos similares a los alcances tradicionales. Los cambios en las cabañas ganaderas (número de cabezas, especies y razas explotadas, manejo pastoral, etc.) pueden ocasionar desequilibrios en el pastoreo, con infrapastoreo y matorralización en las zonas de peor acceso, y sobrepastoreo en las zonas mejores (Antuña, 1997).

La utilización forrajera (proporción de pasto consumido sobre lo producido desde el comienzo de la estación de crecimiento) es una variable que representa el grado de presión de pastoreo experimentado por un pasto determinado. Valores por encima de niveles de utilización forrajera críticos, diferentes según el tipo de pasto (Rickert, 1996), conducen a procesos degradativos por sobrepastoreo, normalmente representados por la colonización de especies vegetales escasamente apetecibles por los herbívoros presentes (Archer, 1996). También es importante considerar la posible existencia de distinta sensibilidad fenológica de las plantas al pastoreo. Esto se traduciría en respuestas contrastadas de las plantas a la defoliación según el momento de la estación de pastoreo en que ésta se produzca (Kemp, 1999).

El puerto de Sejos, Mancomunidad Campoo-Cabuérniga (Cantabria), ha sido objeto de investigación en los últimos años en referencia a la degradación de los pastos de puerto por la colonización de *Euphorbia polygalifolia*. Estudios experimentales sugieren que el sobrepastoreo de cierto tipo de pasto herbáceo (pastos de *Festuca-Agrostis*) es el factor desencadenante de este proceso degradativo (Busqué *et al.*, 2003). La aplicación del modelo de simulación del pastoreo PUERTO, en las condiciones de pastoreo actuales, ratifica los valores de utilización forrajera obtenidos experimentalmente (Busqué *et al.*, 2006).

Este trabajo pretende verificar, a través de la simulación del modelo PUERTO, la existencia de una relación entre el grado de invasión por *E. polygalifolia* de los pastos de *Festuca-Agrostis*, y su patrón de utilización forrajera por el ganado vacuno y equino.

Materiales y Métodos

Se aplicó el modelo de simulación PUERTO al puerto de montaña de Sejos, Cantabria (2.170 hectáreas, con una altitud media de 1.600 msnm), para la estación de pastoreo de 2003. Para ello, se dispuso de una cartografía de vegetación detallada del puerto a escala 1:2.000, y de la distribución de las distintas cabañas ganaderas (de vacuno y equino) en las distintas zonas del puerto a lo largo de la estación de pastoreo de 2003, según información aportada por los ganaderos. El modelo PUERTO simula el pastoreo de cada grupo de animales (según su especie, raza y estado fisiológico) de cada cabaña ganadera, entre los distintos tipos de pasto en oferta dentro del alcance definido por cada ganadero (Busqué *et al.*, 2006). De los resultados que ofrece el modelo, se usó la utilización forrajera estimada de los pastos denominados de *Festuca-Agrostis* en cada localización concreta y a lo largo de la estación de pastoreo.

A través de un análisis de varianza se estudió la utilización forrajera del pasto, para distintas épocas dentro del periodo de pastoreo (de mediados de junio a mediados de julio; de mediados de julio a mediados de agosto; de mediados de agosto a mediados de septiembre; y de mediados de septiembre a inicios de noviembre), para los dos tipos de ganado –vacuno y equino– existentes, y para distintos niveles de invasión de lecherina del pasto de *Festuca-Agrostis*. Para el análisis se seleccionaron solamente las manchas de vegetación con pasto de *Festuca-Agrostis* y con superficies de entre 0,5 y 2 hectáreas (264 manchas), clasificándose en cuatro clases: 0 (sin lecherina, 124 casos), 1 (con cobertura de lecherina de hasta el 10% de la superficie de la mancha, 91 casos), 2 (con coberturas de lecherina de 10 a 20% de la superficie de la mancha, 25 casos), y 3 (con coberturas de lecherina de más del 20% de la superficie de la mancha, 24 casos). El contraste de igualdad de medias en el análisis de varianza se realizó usando el estadístico de Welch, por no cumplirse el supuesto de homogeneidad de las varianzas. Por esta misma razón, la determinación de las medias diferentes se realizó con la prueba post-hoc de Tamhane (SPSS, 1999).

Resultados y Discusión

Relación grado de invasión de lecherina– utilización forrajera total

La tabla 1 presenta los resultados de utilización forrajera estimados por el modelo PUERTO. Considerando toda la estación de pastoreo, se produjo una relación positiva entre el grado de invasión de lecherina y la utilización forrajera total estimada de los pastos de *Festuca-Agrostis*. Esta relación podría responder a la primera fase de un proceso de pastoreo intenso en manchas dominadas por pasto herbáceo. En estos casos, a medida que la cobertura de lecherina aumenta, también lo hace la presión de pastoreo sobre el pasto herbáceo, ya que éste es cada vez más escaso. Presumiblemente, en una segunda fase, cuando las manchas de pasto pasen a estar dominadas por lecherina, la utilización forrajera del pasto herbáceo disminuirá, ya que el coste de desplazamiento a esas manchas para el ganado será mayor que el beneficio derivado de la ingestión del pasto herbáceo presente (Mandaluniz *et al.*, 2005).

Tabla 1. Estimación de la utilización forrajera media general (columna 3ª), por el equino y por el vacuno de los pastos de puerto de *Festuca-Agrostis* (F-A) del puerto de Sejos (Cantabria) mediante el uso del modelo de simulación PUERTO. Letras diferentes detrás de los números representan valores significativamente diferentes (prueba post-hoc de Tamhane para varianzas desiguales; $p < 0,05$).

Periodo de pastoreo	Grado de invasión lecherina	Utilización forrajera F-A	Utilización forrajera por Equino	Utilización forrajera por Vacuno
Med Jun-Med Jul	0%	0,44a	0,07a	0,37a
	1-10%	0,48b	0,08a	0,40ab
	10-20%	0,49b	0,09a	0,40ab
	>20%	0,50b	0,08a	0,42b
	<i>Sig. Welch</i>	0,003	<i>0,353</i>	0,017
Med Jul - Med Ago	0%	0,19a	0,05a	0,14a
	1-10%	0,20b	0,05a	0,14ac
	10-20%	0,23c	0,07a	0,16b
	>20%	0,21bc	0,05a	0,16bc
	<i>Sig. Welch</i>	<0,001	<i>0,048</i>	<0,001
Med Ago-MedSep	0%	0,07a	0,03a	0,05a
	1-10%	0,08ab	0,04ab	0,05a
	10-20%	0,09b	0,05bc	0,05a
	>20%	0,11c	0,06c	0,06a
	<i>Sig. Welch</i>	<0,001	<0,001	<i>0,070</i>
Med Sep – Ini Nov	0%	0,04a	0,02a	0,02a
	1-10%	0,05ab	0,03b	0,02a
	10-20%	0,06b	0,04b	0,02ab
	>20%	0,08c	0,07c	0,01b
	<i>Sig. Welch</i>	<0,001	<0,001	<0,001
Toda la estación de pastoreo	0%	0,61a	0,14a	0,47a
	1-10%	0,67b	0,17ab	0,49ab
	10-20%	0,71c	0,21b	0,50ab
	>20%	0,75d	0,22b	0,53b
	<i>Sig. Welch</i>	<0,001	<0,001	0,020

Si el sobrepastoreo es el factor promotor de la colonización de la lecherina (Busqué *et al.*, 2003), se puede proponer un proceso de dinámica vegetal, donde tras una invasión de los pastos herbáceos de *Festuca-Agrostis* por lecherina debida al sobrepastoreo (primera fase), se pasa a una matorralización posterior de ericáceas por infrapastoreo (segunda fase). Este modelo de dinámica vegetal viene apoyado por la presencia frecuente de *Euphorbia polygalifolia* en los tipos de vegetación de brezal-tojal cantábrico (Díaz y Fernández-Prieto, 1994).

Relación grado de invasión de lecherina – utilidades forrajeras parciales

En todos los periodos analizados y para todo el ganado, la utilización forrajera del pasto de *Festuca-Agrostis* siguió la misma tendencia ascendente con el grado de invasión de lecherina, aunque por especies ganaderas las tendencias fueron contrapuestas.

Hasta mediados de agosto, la presión de pastoreo fue elevada, causando un descenso rápido de la disponibilidad de pasto, ya limitante para el vacuno. La utilización forrajera de los pastos de *Festuca-Agrostis* por el vacuno, alta en general y creciente según el nivel de invasión de lecherina, indicaría un aprovechamiento proporcional a la productividad de los pastos, mayor en

aquéllos con niveles altos de invasión de lecherina, achacable a sus menores altitudes y pendientes (tabla 2). En el caso del equino, su mayor adaptación morfofisiológica a los pastos de baja biomasa unitaria, le permitieron aprovechar de forma similar todos los tipos de pasto de *Festuca-Agrostis*, contrarrestando parcialmente la tendencia de aprovechamiento marcada por el vacuno.

Tabla 2. Altitudes y pendientes medias de las manchas de pasto de *Festuca-Agrostis* según su grado de invasión por *Euphorbia polygalifolia*. Letras diferentes detrás de los números de cada columna representan valores significativamente diferentes (prueba post-hoc de Tamhane para varianzas desiguales; $p < 0,05$). e.t.: Error típico de la media.

Grado de invasión lecherina	Nº observaciones	Altitud de la mancha de vegetación (m.s.n.m.)		Pendiente de la mancha de vegetación (%)	
		Media	e.t.	Media	e.t.
0%	124	1.550a	12,9	37a	1,2
1-10%	91	1.517a	14,2	32b	1,2
10-20%	25	1.496a	21,4	22c	2,1
>20%	24	1.500a	14,7	21c	1,4
Sig. Welch		0,050		0,003	

A partir de mediados de agosto, la presión de pastoreo disminuyó a niveles muy bajos por la salida del puerto de la mayor parte del ganado vacuno. Adicionalmente, en el modelo se incluyó la existencia de un rebrote vegetativo a mediados de septiembre, característico de los pastos de puerto. En estas circunstancias, la utilización forrajera estimada por parte del vacuno fue siempre muy baja, independientemente del grado de invasión de lecherina en las manchas de pasto. Por el contrario, el equino mantuvo la mayor parte de sus individuos en puerto, encontrándose en esta época una utilización forrajera del pasto de *Festuca-Agrostis* creciente con su grado de invasión de lecherina. La escasez de competencia entre animales por el pasto produjo en el modelo una utilización del pasto proporcional a su productividad.

La utilización forrajera estimada de mediados de septiembre hasta el final de la estación de pastoreo, fundamentalmente la ejercida por el equino, conllevó a alcanzar niveles de utilización anuales por encima del 70% en los pastos de *Festuca-Agrostis* con mayor presencia de lecherina. Se considera que estos niveles superan los considerados críticos (Busqué *et al.*, 2003), favoreciendo, por tanto, la continuación del fenómeno de colonización por lecherina.

Conclusiones

La utilización de modelos de simulación del funcionamiento del pastoreo en áreas de vegetación heterogénea y por distintos tipos de ganado es de gran valor para detectar desequilibrios en la utilización pastoral del territorio. En este sentido, la aplicación del modelo PUERTO en un puerto de la montaña cantábrica ha permitido detectar por qué tipo de ganado, en qué época dentro de la estación de pastoreo y sobre qué tipo de manchas de pasto, es probable que se desarrollen procesos de degradación por sobrepastoreo, en este caso representados por la invasión de la planta *Euphorbia polygalifolia*. En base a estos resultados, parece recomendable acortar el periodo de pastoreo en el puerto de Sejos hasta mediados de septiembre. De esta manera se evitaría alcanzar niveles de utilización forrajera críticos en el pasto de *Festuca-Agrostis* de las manchas de pasto con mayor presencia actual de lecherina.

Bibliografía

ALDEZÁBAL, 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*. Publicaciones del Consejo de Protección de la Naturaleza de Aragón. 317 p. Zaragoza, España.

ANTUÑA, A. 1997. Conservación del paisaje mediante ganado manejado en pastoreo. *En: A.A. RODRÍGUEZ CASTAÑÓN ed. Aprovechamiento agroambiental de pastos comunales*. ASEAVA – ASEAMO – Ayto. de Lena. 123-138.

ARCHER, S. 1996. Assessing and interpreting grass-woody plant dynamics. *En: J. HODGSON; A.W. ILLIUS eds. The ecology and management of grazing systems*. CAB International, Reino Unido, 101-134.

BUSQUÉ, J., MÉNDEZ, S. y FERNÁNDEZ, B. 2003. Estructura, crecimiento y aprovechamiento de pastos de puerto cantábricos invadidos o no por lecherina (*Euphorbia polygalifolia*). *Pastos*, XXXIII (2), 283-303.

BUSQUÉ, J., FERNÁNDEZ, N. & FERNÁNDEZ, B. 2006. A decision support tool to design rangeland sustainable grazing systems. *En: J. LLOVERAS, A. GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ, O. VÁZQUEZ-YÁÑEZ, J. PIÑEIRO, O. SANTAMARÍA, L. OLEA y M.J. POBLACIONES eds. Sustainable Grassland Productivity*. Grassland Science in Europe, vol. 11. Badajoz, 682-684.

DÍAZ, T.E. y FERNÁNDEZ-PRieto, J.A. 1994. La Vegetación de Asturias. *Itinera Geobotánica*, 8, 243-528.

GARTZÍA, M., MARINAS, A., CAMPO, R., GARCÍA-GONZÁLEZ, R. y GÓMEZ, D. 2005. Valoración eco-pastoral de los pastos del puerto de Aísa (Pirineo Occidental). *En: B. DE LA ROZA, A. MARTÍNEZ, A. CARBALLAL eds. Producciones agroganaderas: gestión y conservación del medio natural (volumen II). XLV Reunión Científica de la S.E.E.P.*, Gijón, 817-824.

KEMP, D.R. 1999. Managing grassland composition with grazing. *En: T. BARLOW; R. THORNBURN eds. Proceedings of the Bushcare Grassy Landscapes Conference*. South Australia, 145-152.

MANDALUNIZ, N., IGARZÁBAL, A., RUÍZ, R. y OREGUI, L.M. 2004. Consideraciones sobre el concepto de carga ganadera en los sistemas extensivos y silvopastorales. *En: B. GARCÍA-CRIADO, A. GARCÍA-CIUDAD, B. VÁZQUEZ DE ALDAMA, I. ZABALGOGEAZCOA eds. Pastos y Ganadería Extensiva. XLIV Reunión Científica de la S.E.E.P.*, Salamanca, 371-375.

MANDALUNIZ, N., IGARZÁBAL, A., PÉREZ DE ARENAZA, A. y OREGUI, L.M. 2005. Pastoreo en el Parque Natural de Gorgeia. 1. Oferta y calidad forrajera. *Actas XI Jornadas sobre Producción Animal*, Zaragoza, 198-200.

RICKERT, K.G. 1996. Stocking rate and sustainable grazing systems. *Wageningen Agricultural University Papers*, 96-4, 29-66.

SPSS 1999. SPSS Base 10.0 Applications Guide. SPSS Inc. Chicago, E.E.U.U.

Agradecimientos

El presente trabajo se realizó en el marco del proyecto “RTA02-027”, financiado por el INIA.

OVERGRAZING AND MOUNTAIN GRASSLANDS DEGRADATION: WHO, WHEN, WHERE. ANSWERS OF “PUERTO” SIMULATION MODEL.**Summary**

The simulation model PUERTO (Busqué *et al.*, 2006) allows the estimation of spatial and temporal forage utilisation of different grazing livestock species in complex ecosystems, such as those of the Cantabrian summer rangelands. Its application in Sejos (Cantabria), a communal rangeland grazed by a high number of cattle and horse herds, has been valuable to detect overgrazed areas. From the outputs of the model a positive relationship has also been found between forage utilisation of the *Festuca-Agrostis* pasture community and its degree of invasion by the undesirable species *Euphorbia polygalifolia*. The estimated temporal dynamics of this relationship along the grazing season and according to each livestock species helps in the design of a more sustainable pastoral system.

Keywords

Euphorbia polygalifolia, *Festuca-Agrostis* pasture, forage utilisation, cattle, equids, shrub encroachment, silvo-pastoral management

UTILIZACIÓN DE TÉCNICAS ISOTÓPICAS CON ^{15}N PARA EVALUAR LOS EFECTOS DEL PASTOREO SOBRE EL CICLO DEL NITRÓGENO EN SUELOS DE PASTOS SUBALPINOS

LETICIA SAN EMETERIO¹, ROSA MARIA CANALS¹, MARIA TERESA SEBASTIÀ^{2,3},
MARCELA CUADROS² & DONALD HERMAN⁴

1 Departamento de Producción Agraria, Universidad Pública de Navarra, 31006 Pamplona, Navarra.

leticia.sanemeterio@unavarra.es; rmcansals@unavarra.es

2 Centro Tecnológico Forestal de Cataluña, Pujada del Seminari s/n, 25280 Solsona, Lleida.
marcela.cuadros@ctfc.es

3 ETSEA, Universidad de Lleida, 25198 Lleida
teresa.sebastia@ctfc.es;

4 Laboratory of Soil Microbiology, ESPM - Ecosystem Sciences, 151 Hilgard Hall, University of California, Berkeley, CA 94720-3110.

skyhawk@nature.berkeley.edu

Resumen

El pastoreo tiene generalmente un efecto dinamizador sobre el ciclo del nitrógeno. La mayoría de estudios utilizan las tasas netas o los potenciales de nitrificación para evaluar este efecto y no tienen en cuenta los efectos sobre el consumo microbiano de nitrógeno inorgánico. Hemos utilizado técnicas isotópicas para medir las tasas brutas de nitrificación, mineralización y consumo de N por microorganismos en suelos de pastos subalpinos pirenaicos sometidos a distintas presiones pastantes. Además hemos analizado el potencial de nitrificación y el carbono microbiano para evaluar el efecto del pastoreo sobre las poblaciones microbianas. En general, no se ha observado un efecto dinamizador del pastoreo sobre las tasas brutas de mineralización, nitrificación y consumo de N inorgánico. En cambio, sí se ha detectado un aumento de la población nitrificante en suelos sometidos a pastoreo intenso aunque el tamaño total de la población microbiana, medido como C microbiano, no se ve afectado por el pastoreo.

Palabras clave: ciclo del nitrógeno, pastoreo, tasas brutas, nitrificación mineralización, poblaciones microbianas

Introducción

El pastoreo afecta los ciclos de nutrientes en el suelo a través de su influencia en los mecanismos de retroalimentación entre productores y descomponedores. Bardgett y Wardle (2003) han identificado tres maneras claves por las que el pastoreo controla esta influencia. Primero, los herbívoros regulan la cantidad de materia orgánica que vuelve al suelo, segundo, alteran la calidad de los recursos que entran en el sistema descomponedor y tercero, varían la composición de los grupos funcionales de las comunidades vegetales. El efecto global de los herbívoros se traduce en una aceleración del ciclo de los nutrientes en algunos casos (Frank y Groffman 1998) y en una ralentización en otros (Ritchie et al. 1998).

Respecto al ciclo del nitrógeno, en ecosistemas pastados se observa generalmente una dinamización de los procesos, en concreto de la mineralización, la nitrificación y la desnitrificación (Frank y Groffman 1998, Patra et al. 2005). Para evaluar el efecto del pastoreo en el ciclo del N, estos estudios miden las tasas netas o los potenciales de nitrificación, mineralización o desnitrificación. Sin embargo, las tasas netas pueden representar una pobre aproximación al estado real del ciclo del N en el suelo (Hart et al. 1994a). Las tasas brutas en

cambio, aportan información sobre la producción y el consumo, por lo que ofrecen una visión más detallada de la dinámica del nitrógeno (Davidson et al 1990). Por esta razón, nuestro objetivo es evaluar el efecto del pastoreo en el ciclo del N en suelos de pastos de alta montaña mediante la medición de las tasas brutas de nitrificación, mineralización y consumo de nitrógeno, así como su efecto sobre las poblaciones microbianas mediante la determinación del potencial de nitrificación y del carbono microbiano del suelo.

Material y Métodos

El estudio se realizó en tres parcelas experimentales localizadas en Prat Llong, en el Pirineo leridano (42°12'N 1°31'E) a una altitud de 2140 m. La precipitación media anual es de 1150 mm y la temperatura media anual de 4.5°C. El suelo se clasifica como Lithic Eutrocryepts según los criterios del USDA y su pH es de 4.8. La gestión previa al establecimiento de las parcelas consistía en un pastoreo extensivo de vacuno durante el verano, desde finales de junio o inicio de julio hasta finales de septiembre. Durante los años 2004 al 2006 se gestionaron tres parcelas de 625 m² con los siguientes tratamientos: no pastoreo, pastoreo de baja intensidad (16 vacas/ha durante 2 días) y pastoreo intensivo (48 vacas/ha durante 2 días). Se consideró como tratamiento control el pastoreo extensivo que continuaba ocurriendo en el exterior de las parcelas cercadas.

Los muestreos objeto del presente estudio se realizaron durante el verano del año 2006 en cuatro fechas distintas: antes de la entrada del ganado (20 julio), después de la salida del ganado (25 julio), un mes después del pastoreo (29 agosto) y dos meses después del pastoreo (27 septiembre). En cada fecha de muestreo, se recogieron tres muestras de suelo en cada parcela para realizar los distintos análisis. Las tasas brutas de nitrificación, mineralización y consumo de nitrógeno se midieron mediante técnicas de dilución isotópica con ¹⁵N (Hart et al. 1994b), siguiendo la metodología especificada en Canals et al. (2003). El potencial de nitrificación se estimó según la metodología propuesta por Schmidt y Belser (1982). Las muestras para el análisis del carbono microbiano se recogieron en dos fechas, antes de la entrada del ganado (20 de julio) y a los dos meses (27 de septiembre) y siguieron el método de fumigación con cloroformo (Horwarth y Paul 1994). El carbono orgánico total se dividió entre 0.45 para convertir el C lábil a C microbiano (Beck et al. 1997).

El análisis estadístico se realizó mediante ANOVAS de dos factores: pastoreo y fecha de muestreo. Los datos presentaban una distribución normal y no se realizó ninguna transformación.

Resultados

Los contenidos iniciales de nitrato y amonio no se vieron afectados por la fecha de muestreo ni por el régimen de pastoreo (Figura 1).

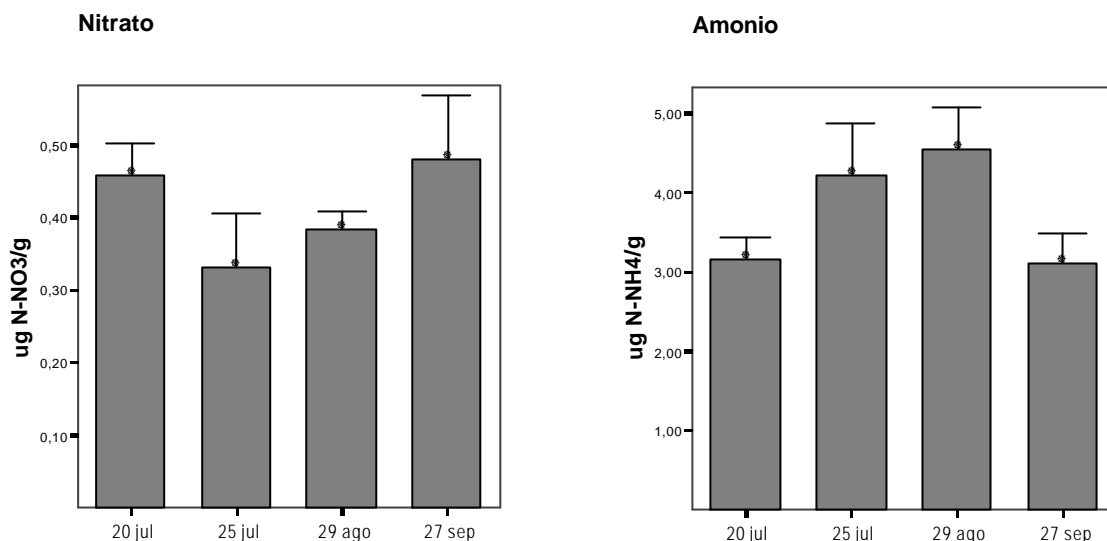


Figura 1. Contenidos iniciales de nitrato y de amonio. Entrada del ganado el 22 de julio. Barras de error representan el error estándar. $n = 12$ para cada fecha de muestreo

Tasas brutas de nitrificación, mineralización y consumo de nitrógeno

Aunque no se detectó ningún efecto significativo de la gestión ganadera o de la fecha de muestreo sobre las tasas brutas de nitrificación, sí que se observó una tendencia a unas mayores tasas brutas de nitrificación al final del verano (Figura 2a). Se constató también la existencia de una relación positiva significativa entre las tasas brutas de nitrificación y la humedad edáfica (R de Pearson = 0,398, $p = 0.009$, Figura 3).

Las tasas brutas de mineralización no mostraron dependencia significativa de la gestión ganadera ni de la fecha de muestreo (Figura 2b). El efecto de la gestión ganadera sobre el consumo de N dependió de si se trataba de nitrato o de amonio. En el caso del nitrato (Figura 2c), no se encontraron efectos significativos ni del pastoreo, ni de la fecha de muestreo. En el caso del consumo de amonio (Figura 2d), se detectó una interacción significativa entre el pastoreo y la fecha de muestreo ($F = 2,956$, $p = 0,013$). En los suelos sometidos a un pastoreo intenso, el consumo de amonio aumentó significativamente inmediatamente después del pastoreo, para descender pasado un mes y volver a recuperarse a los dos meses de la defoliación. Los suelos sometidos a un pastoreo bajo, no presentaron esta subida inmediata del consumo, pero sí el descenso al mes del pastoreo, para recuperarse a los dos meses. Los suelos con pastoreo control y no pastoreados no presentaron variaciones significativas en el consumo de amonio.

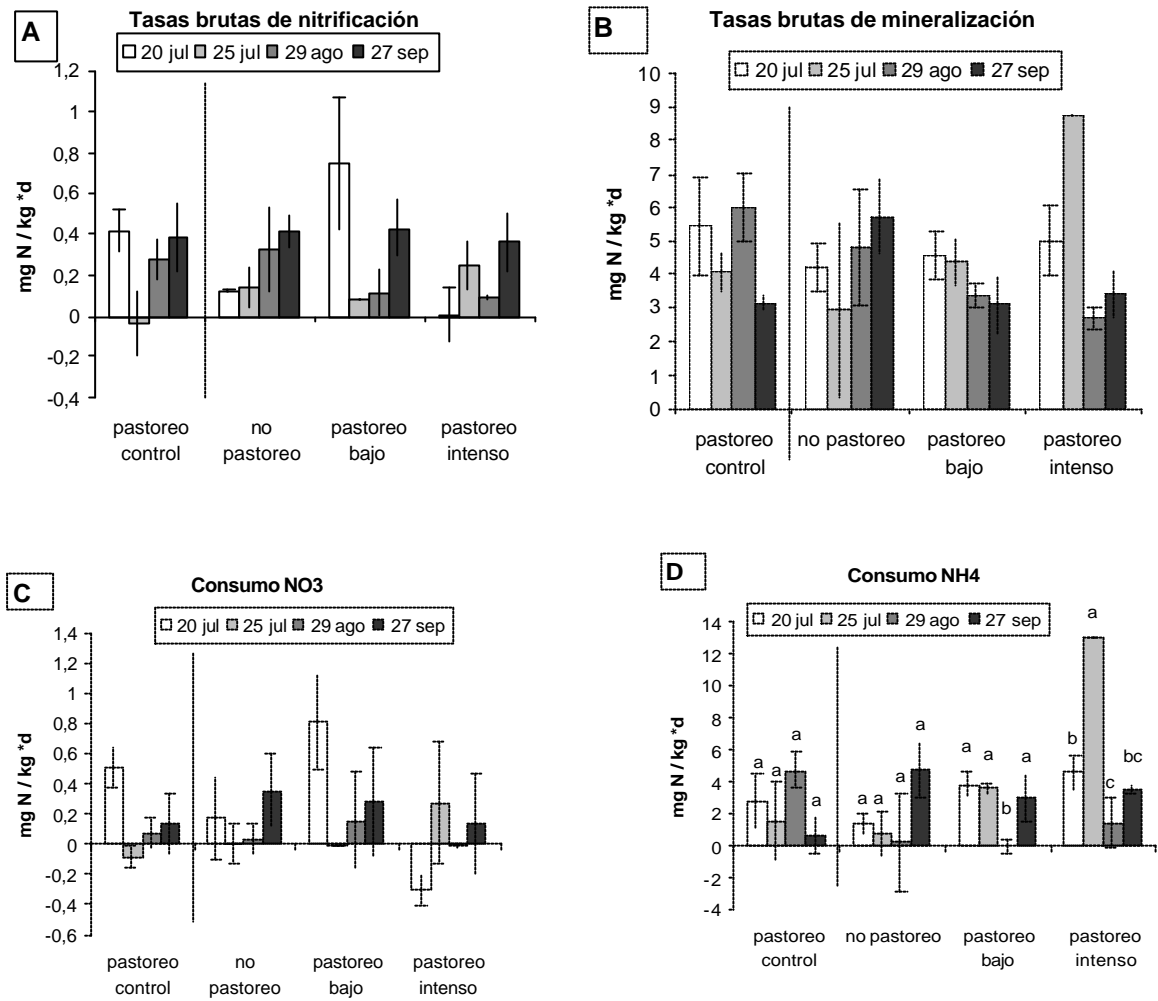


Figura 2. Efecto del pastoreo sobre las tasas brutas de nitrificación y mineralización y consumo de N. El ganado entró en las parcelas el 22 de julio y salió el 24 de julio. Letras distintas dentro de cada tipo de gestión ganadera representan diferencias significativas ($p < 0.05$). Barras de error representan el error estándar.

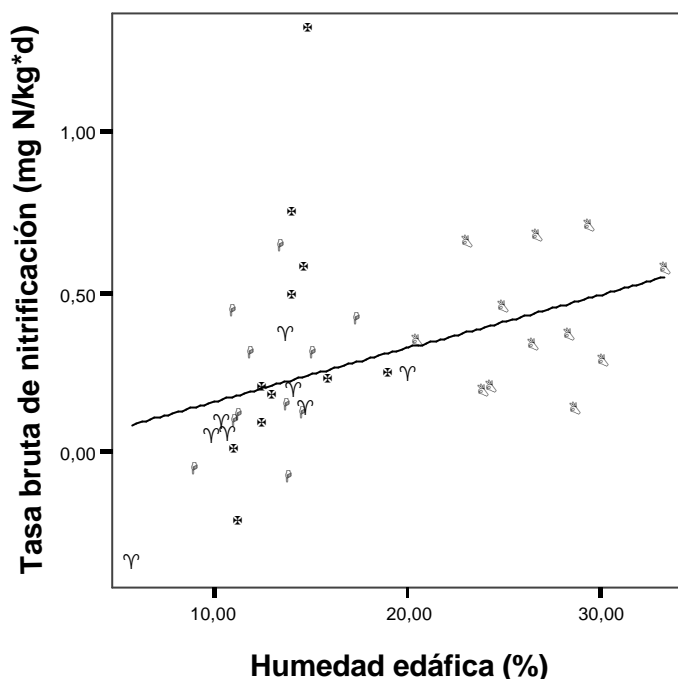


Figura 3. Relación entre la tasa bruta de nitrificación y la humedad edáfica. R de Pearson = 0.398; $p = 0.009$. 20 julio, triángulos rellenos; 25 julio, rombos rellenos; 29 agosto, rombos vacíos; 27 septiembre triángulos vacíos.

Potencial de nitrificación

Se encontró una interacción altamente significativa entre el pastoreo y la fecha de muestreo sobre el potencial de nitrificación de los suelos ($F = 3,185$, $p = 0,007$). En los suelos sometidos a pastoreos bajo e intenso, el potencial de nitrificación presentó una tendencia a aumentar con el tiempo, siendo mucho más evidente en el caso del pastoreo intenso (Figura 4).

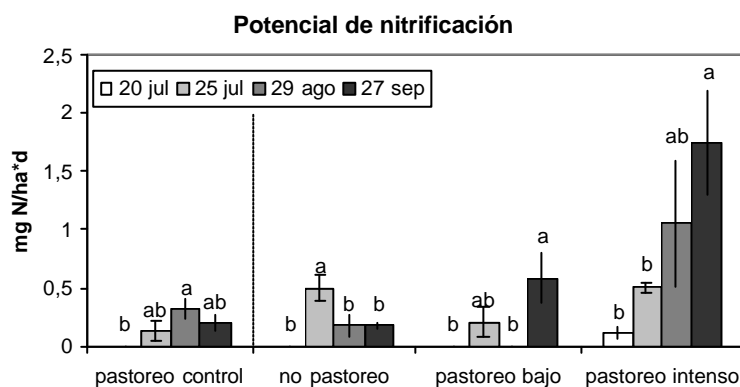


Figura 4. Efecto del pastoreo sobre el potencial de nitrificación. Letras distintas dentro de cada tipo de gestión ganadera representan diferencias significativas ($p < 0.05$). Barras de error representan el error estándar.

Carbono microbiano

No se encontraron efectos significativos del pastoreo o de la fecha de muestreo sobre la biomasa microbiana (Figura 5).

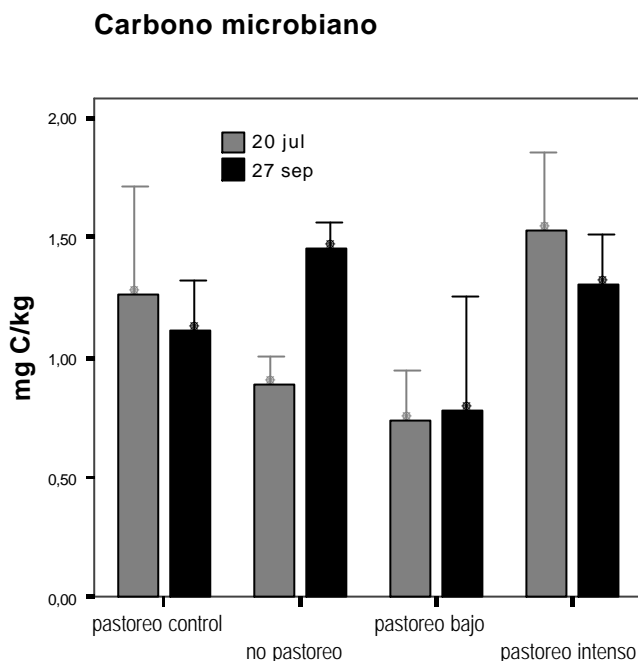


Figura 5. Efecto del pastoreo sobre la biomasa microbiana. Barras de error representan el error estándar.

Discusión

El contenido de nitratos, las tasas brutas de nitrificación y la nitrificación potencial medidas en estos suelos subalpinos son bajas en comparación con los de otras comunidades pascícolas. En estos suelos se produce menos de 0,8 mg de $\text{NO}_3\text{-N/ha*d}$, mientras que en suelos de pastos anuales mediterráneos se produce entre 1,2 mg de $\text{NO}_3\text{-N/ha*d}$ (en primavera-verano) y 4 mg de $\text{NO}_3\text{-N/ha*d}$ (en otoño-invierno) (Herman et al. 2003). Lo mismo ocurre con la nitrificación potencial, mientras que en estos suelos no es mayor de 2 mg $\text{NO}_3\text{-N /ha*d}$, en pastos anuales mediterráneos varía entre 10 mg $\text{NO}_3\text{-N /ha*d}$ en primavera-verano y 17 mg $\text{NO}_3\text{-N /ha*d}$ en otoño-invierno. La relación positiva significativa que se ha encontrado entre la tasa bruta de nitrificación y la humedad edáfica, indica que la humedad es un factor de primer orden en el control de la nitrificación en estos pastos de altitud y que los pulsos observados podrían deberse más a este factor que a la propia gestión pastoral.

En todo caso, 1) las bajas magnitudes de nitrificación detectadas, 2) la complejidad del muestreo y procesado de las muestras, y 3) la importancia de otros factores ambientales (como la humedad), no nos han permitido constatar un efecto dinamizador significativo y consistente del pastoreo en el ciclo del N, aunque sí se constatan ciertas pautas como es el aumento de las poblaciones de nitrificantes en suelos sometidos a un pastoreo intenso, aunque no se traduce en un incremento del tamaño de la población microbiana total.

El laborioso trabajo de campo y la técnica isotópica compleja y costosa dificulta la obtención de un elevado número de réplicas y por lo tanto, la disminución de la variabilidad. Sin embargo, actualmente es la manera más depurada de obtener una visión detallada del flujo del N en suelos.

Bibliografía

BARDGETT, R.D.; WARDLE D.A., 2003. Herbivore-Mediated linkages between aboveground and belowground communities. *Ecology*, **84**, 2258-2268.

BECK, T.; JOERGENSEN, R.G.; KANDELER, E.; MAKESCHIN, F.; NUSS, E.; OBERHOLZER, H.R.; SCHEN, S., 1997. An inter-laboratory comparison of ten different ways of measuring soil microbial biomass C. *Soil Biology and Biochemistry*, **29**, 1023-1032.

CANALS, R.M.; HERMAN, D.H.; FIRESTONE, M.K., 2003. How disturbance by fossorial mammals alters cycling in a California annual grassland. *Ecology*, **84**, 875-881.

DAVIDSON, E.A.; STRARK, J.M.; FIRESTONE, M.K., 1990. Microbial production and consumption of nitrate in an annual grassland. *Ecology*, **71**, 1968-1975.

FRANK, D.A.; GROFFMAN, P.M., 1998. Denitrification in a semi-arid grazing ecosystem. *Oecologia*, **123**, 116-121.

HART, S.C.; NASON, G.E.; MYROLD, D.D.; PERRY, D.A., 1994a. Dynamic of gross nitrogen transformations in an old-growth forest: the carbon connection. *Ecology*, **75**, 880-891.

HART, S.C.; STARK, J.M.; DAVIDSON, E.A.; FIRESTONE, M.K., 1994b. Nitrogen mineralization, immobilization and nitrification. pp 985-1018. En, Weaver, R.W.; Angle, S.; Bottomley, P.; Bezdicek, D.; Smith, S.; Tabatabai, A.; Wollum, A. Eds. *Methods of Soil analysis: microbiological and biochemical properties*. Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin, USA.

HERMAN D.J.; HALVERSON, L.J.; FIRESTONE, M.K., 2003. Nitrogen dynamics in an annual grassland: oak canopy, climate, and microbial population effects. *Ecological Applications*, **13**, 593-604.

HORWARTH, W.R.; PAUL, E.A., 1994. Microbial Biomass. En Weaver, R.W.; Angle, S.; Bottomley, P.; Bezdicek, D.; Smith, S.; Tabatabai, A.; Wollum, A. Eds. *Methods of Soil analysis: microbiological and biochemical properties*. Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin, USA.

PATRA, A.K.; ABBADIE, L.; CLAYS-JOSSERAND, A.; DEGRANGE, V.; GRAYSTONE, S.J.; LOISEAU, P.; LOUAULT, F.; MAHMOOD, S.; NAZARET, S.; PHILIPPOT, L.; POLY, F.; PROSSER, J.I.; RICHAUME, A.; LE ROUX, X., 2005. Effects of grazing on microbial functional groups involved in soil N dynamics. *Ecological Monographs*, **75**, 65-80.

RITCHIE, M.E.; TILMAN, D.; KNOPS, J.M.H., 1998. Herbivore effects on plant and nitrogen dynamics in oak savanna. *Ecology*, **79**, 165-177.

SCHMIDT, E.L.; BELSER, L.W., 1982. Nitrifying bacteria. Pp 1027-1042. En, Page, A.L.; Miller, R.H.; Keeney, D.R. Eds. *Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties*, 2nd Ed. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, USA.

Agradecimientos

Agradecemos la colaboración en el trabajo de campo del personal del Centro Tecnológico Forestal de Cataluña y de Jordi Bartolomé de la Universidad Autónoma de Barcelona. Así mismo agradecemos al Laboratory of Soil Microbiology de la Universidad de California, Berkeley por su ayuda en el análisis de parte de las muestras. El trabajo fue financiado mediante un proyecto MICYT y una beca postdoctoral concedida por el Gobierno de Navarra.

USE OF ¹⁵N ISOTOPIC TECHNIQUES TO EVALUATE THE EFFECT OF GRAZING ON THE N CYCLE IN SUBALPINE GRASSLAND SOILS

Summary

Herbivory usually stimulates the dynamics of the N cycle. To evaluate this accelerating effect, most studies use net rates or nitrification potentials and overlook the effect of grazing on the microbial N consumption. We used isotopic techniques to measure gross rates of nitrification, mineralization, and microbial N consumption in subalpine grassland soils of the Pyrenees, subjected to different grazing intensities. We also measured the nitrification potential and microbial biomass C to assess the effect of grazing on microbial populations. Overall, we did not observe an accelerating effect on gross rates of nitrification, mineralization or inorganic N consumption. However, we detected an increase of nitrifier populations in highly grazed soils, although the microbial population size, measured as microbial C, was not affected by grazing management.

Key words N cycle, grazing, gross rates, nitrification, mineralization, microbial populations

ESTUDIO DIACRÓNICO 1972-2005 DE PASTOS DE PUERTO PIRENAICOS: MANEJO DEL PASTOREO Y COMPOSICIÓN FLORÍSTICA

R. REINÉ, O. BARRANTES, A. BROCA Y C. FERRER

Dpto. Agricultura y Economía Agraria. Universidad de Zaragoza. Miguel Servet, 177. 50013 Zaragoza (España).

Resumen

Con este trabajo se pretende diagnosticar qué repercusiones han tenido en la flora y vegetación de pastos de puerto pirenaicos los cambios en su manejo, a partir de un estudio diacrónico 1972-2005 de inventarios fitosociológicos. Se ha observado una disminución en la cobertura de leguminosas y, consecuentemente en el Valor Pastoral y un aumento de la diversidad vegetal a expensas del grupo “otras”, que han sido atribuidos a un cambio en el manejo: de un pastoreo “rotacional” en rebaño agrupado y con pastor a un pastoreo “continuo” con los animales dispersos.

Palabras clave: Biodiversidad, Valor Pastoral, Vacuno, Pastoreo rotacional, Pastoreo continuo

Introducción

En los pastos mesófilos y de montaña, caso de los pastos de puerto pirenaicos, las variaciones en la composición florística dependen tanto o más del manejo y de la historia de este manejo, que de los factores naturales del medio (Vandvick y Birks, 2002), al contrario de lo que ocurre en los pastos secos y húmedos (Pykälä, 2004). Entre los factores de manejo, el método de pastoreo influye mucho en la composición botánica de la cubierta vegetal (Osoro *et al.*, 2000), a través de la presión de selección y en función del fisiologismo vegetal y, por tanto, en la biodiversidad. Por razones muy diversas de raíz socio-económica, el manejo del ganado en los puertos del Pirineo ha sufrido algunas modificaciones en los últimos 30-35 años, y con este trabajo se pretende diagnosticar las repercusiones sobre la flora y vegetación de dichos cambios. Para ello se ha efectuado un estudio diacrónico, repitiendo en 2005 inventarios fitosociológicos realizados por uno de los autores en 1972 (Ferrer-Benimeli, 1981), con el fin de detectar posibles diferencias ocurridas durante estos 33 años y tratar de explicarlas a la vista de los cambios producidos por la gestión ganadera de estos pastos.

Metodología

El estudio se ha llevado a cabo en pastos de puerto del municipio de Panticosa (Pirineo de Huesca), y en concreto en los pastos de vacuno (unas 970 ha) situados al pie de la Sierra de Tendeñera. Son pastos que, por su altitud (1550-2100 m), suave topografía y alto recubrimiento del suelo han sido explotados desde los años 1970 sólo por vacuno (antes también por mular). Al ganado ovino se le reservan los pastos de cotas más altas, pendientes más acusadas y, en general, con gran proporción de suelo desnudo, no siendo habitual el pastoreo mixto vacuno-ovino de las mismas superficies (Ocaña, 1978). La información sobre censos ganaderos se ha obtenido de: Ocaña *et al.*, 1978 (el de 1972); Censo agrario 1989-1999 del Instituto Aragonés de Estadística; Directorio Ganadero del Gobierno de Aragón (1993-2001); y Oficina Comarcal Agroalimentaria de Sabiñánigo (el de 2006). En cuanto al manejo, se ha utilizado información bibliográfica (Ocaña, 1978), encuestas a ganaderos realizadas en 2005 y 2006 y observaciones de campo.

Durante el verano de 2005 se realizaron 30 inventarios fitosociológicos en los mismos lugares muestreados por Ferrer en el año 1972 y con la misma metodología. La localización exacta de

los puntos de muestreo se efectuó con la ayuda de un GPS Garmin. La cobertura de cada especie se calculó prescindiendo de las especies con mera presencia (+), transformando (Van der Maarel, 1979) los índices fitosociológicos de abundancia-dominancia a porcentajes (1=5%, 2=17,5%, 3=37,5%, 4=62,5 y 5=87,5%), y llevando posteriormente los datos al 100%. A partir de estos valores se calcularon, en cada uno de los 60 inventarios, las coberturas de gramíneas, leguminosas y “otras” y el Valor Pastoral (Daget y Poissonet, 1972). Considerando también las especies de mera presencia (+=0,1%) se calcularon la riqueza florística (número de especies por inventario) y el índice de diversidad de Shannon-Weaver (H') (Magurran, 1988).

Para comparar estadísticamente los resultados obtenidos en los muestreos de 1972 y de 2005, se ha utilizado en todos los casos la prueba U de Mann-Whitney (ANOVA no paramétrico por rangos para dos muestras independientes) (Zar, 1984).

Resultados y discusión

La Tabla 1 muestra las especies que presentaron mayor cobertura en 1972 (superior a 3% de media), constatándose que no se han observado diferencias significativas con la que presentaban en 2005. En la Tabla 2 se consideran algunas especies sobre las que contamos con información bibliográfica referente a su reacción ante el pastoreo (beneficiadas o perjudicadas por él), con el fin de contrastar dicha información con las diferencias encontradas entre 1972 y 2005. El resultado ha sido muy diverso: especies teóricamente beneficiadas por el pastoreo y que en nuestro caso no presentan diferencias significativas entre 1972 y 2005 (*A. capillaris*, *C. acaule*, *C. eriophorum*, *F. rubra*, *P. media*, *T. repens*) o que sí aumentan significativamente (*A. millefolium*, *G. verum*); especies teóricamente perjudicadas por el pastoreo y que no presentan diferencias significativas entre 1972 y 2005 (*B. media*, *P. alpina*, *T. pratense*) o que, contrariamente, aumentan significativamente (*P. officinarum*, *P. lanceolata*). De todo lo anterior se deduce que, considerando especies individualizadas, los cambios florísticos de estos pastos en el período estudiado son inapreciables, confirmando que en ellos hay una gran estabilidad a corto y medio plazo (García-González *et al.*, 1998).

Tabla 1: Comparación 1972-2005 de las especies con cobertura superior a 3% en 1972 (n=30+30 inventarios). Especies ordenadas de mayor a menor cobertura (%). Promedio (\bar{x}), desviación típica (sd) y significación del Test U de Mann Whitney (P); ns: diferencia no significativa.

	1972		2005		P	
	\bar{x}	sd	\bar{x}	sd		
<i>Festuca rubra</i>	23,0	19,0	26,1	12,9	0,287	ns
<i>Trifolium alpinum</i>	9,7	14,6	5,3	8,6	0,521	ns
<i>Trifolium pratense</i>	7,4	16,6	6,3	8,8	0,117	ns
<i>Nardus stricta</i>	6,2	11,3	6,2	9,0	0,254	ns
<i>Plantago media</i>	5,8	9,9	3,4	5,3	0,899	ns
<i>Trifolium montanum</i>	5,6	11,5	3,2	5,4	0,478	ns
<i>Trifolium repens</i>	5,4	13,7	1,3	3,8	0,732	ns
<i>Festuca eskia</i>	3,9	12,8	4,9	13,9	0,223	ns
<i>Poa alpina</i>	3,8	6,4	0,8	0,9	0,646	ns
<i>Rhinanthus pumilus</i>	3,4	12,8	0,6	2,3	0,379	ns
<i>Plantago alpina</i>	3,4	7,7	2,6	6,4	0,945	ns
<i>Agrostis capillaris</i>	3,3	6,4	2,4	3,4	0,365	ns

Buscando matices sobre la presión ganadera, se ha considerado el caso de *N. stricta* como especie “indicadora”. Es conocida la poca palatabilidad de esta especie, que el ganado ovino, muy selectivo, rechaza totalmente, por lo que los pastos van siendo progresivamente invadidos

por *N. stricta* (Grant *et al.*, 2005). Sin embargo, las vacas tienen menos eficacia que las ovejas para evitar esta especie y además se ven obligadas a pastarlas cuando el pasto es raso, por lo que el vacuno controla el *N. stricta*, reduce su biomasa y evita su proliferación (Osoro *et al.*, 2000; Taüll y Sebastià, 2002), habiéndose cuantificado reducciones en la cobertura del 46% (Grant *et al.*, 1996). En nuestro caso se observa (Tablas 1 y 2) una cobertura media de 6,2% tanto en 1972 como en 2005. Podría deducirse por tanto que la carga ganadera de vacuno evita la expansión de

Tabla 2: Comparación 1972-2005 de coberturas medias (%) (n=30+30 inventarios) de algunas especies sobre las que existe información bibliográfica sobre los efectos del pastoreo: (1) García-González *et al.*, 1998; (2) Grant *et al.*, 1996; (3) Jutila, 1999; (4) Mendarte *et al.*, 2003; (5) Osoro *et al.*, 2000; (6) Pavlu *et al.*, 2005; (7) Taüll y Sebastià, 2002. Promedio (\bar{x}), desviación típica (sd) y significación del Test U de Mann Whitney (P) ; ns: diferencia no significativa; *P<0,05; **P<0,01; ***P<0,001.

	1972		2005		P	Efectos del pastoreo	
	\bar{x}	sd	\bar{x}	sd		Beneficio	Perjuicio
<i>Achillea millefolium</i>	0,3	0,9	2,5	3,2	0,0001	***	(1)
<i>Agrostis capillaris</i>	3,3	6,4	2,4	3,4	0,3645	ns	(2,4)
<i>Anthoxanthum odoratum</i>	0,0	0,0	0,3	0,7	0,0106	*	(2) (3)
<i>Briza media</i>	0,0	0,0	0,1	0,3	0,3173	ns	(1)
<i>Cirsium acaule</i>	0,0	0,0	0,1	0,3	0,1538	ns	(1)
<i>Cirsium eriophorum</i>	0,1	0,3	1,7	5,1	0,0807	ns	(1)
<i>Festuca rubra</i>	23,0	18,9	26,1	12,8	0,2869	ns	(3,4)
<i>Galium verum</i>	1,5	3,6	5,4	5,3	0,0000	***	(3)
<i>Nardus stricta</i>	6,2	11,3	6,2	8,7	0,2536	ns	(1,3) (2, 5, 7)
<i>Pilosella officinarum</i>	0,8	2,5	1,5	2,9	0,0101	*	(1)
<i>Plantago alpina</i>	3,4	7,7	2,6	6,4	0,9454	ns	(1)
<i>Plantago lanceolata</i>	0,2	1,2	0,4	0,7	0,0162	*	(6)
<i>Plantago media</i>	5,8	9,9	3,4	5,3	0,8986	ns	(1)
<i>Trifolium pratense</i>	7,4	16,6	6,3	8,8	0,1174	ns	(1)
<i>Trifolium repens</i>	5,4	13,7	1,3	3,8	0,7324	ns	(3, 4, 6)

N. stricta pero no reduce su cobertura, lo que indicaría que dicha carga ha sido simplemente moderada durante todo el período estudiado; en efecto, del orden de 0,32 UGM/ha/120días. En la Fig. 1 se refleja la evolución 1972-2005 del censo de ganado vacuno de Panticosa, pudiendo observarse que ha ido variando poco, entre 200 y 260 hembras reproductoras. Dado que estos puertos son exclusivos de vacuno, se puede concluir que, con respecto a la carga ganadera, entendida como UGM/ha/verano, tampoco ha habido cambios relevantes.

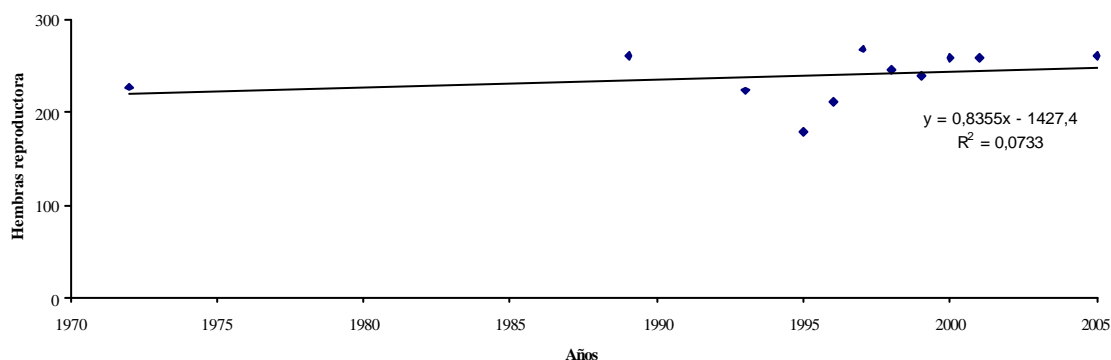


Figura 1: Evolución del censo ganadero 1972-2005 de vacuno en Panticosa (Pirineo aragonés),

expresado en hembras reproductoras (madres y novillas de reposición). Diversas fuentes.

Las cosas cambian sustancialmente si se considera la flora en su conjunto (Tabla 3). En efecto, se observa que la cobertura de gramíneas se ha mantenido en el período estudiado (42,2% en 1972 y 42,6% en 2005), pero que se ha reducido significativamente la cobertura de leguminosas (pasando de 32,5% a 19,2%) y, paralelamente, ha aumentado también significativamente la cobertura de “otras” especies (de 25,4% a 38,2%). La consecuencia de lo anterior es un descenso significativo del Valor Pastoral (de 38,3 a 30,0) atribuible a la disminución de las leguminosas, y un aumento, también significativo, de la diversidad (de 2,45 a 3,36) imputable al aumento de “otras”. Dado que la carga ganadera, como se ha dicho, no ha variado ostensiblemente, habría que buscar otras razones que expliquen estos cambios. Los autores proponen la hipótesis de que estas diferencias pueden atribuirse a los cambios en el manejo del ganado. En efecto hasta 1988, todo el ganado de vacuno de Panticosa se conducía en un solo rebaño del orden de 450 cabezas (madres, novillas de reposición, terneros y sementales) que pastaba más o menos agrupado, con vigilancia continua de pastor, y moviéndose por el puerto a lo largo del verano en un recorrido “rotacional” (Ocaña, 1978) y con cargas “instantáneas” altas (UGM/ha/momento concreto). Desde 1988, el ganado es subido a puerto sin pastor, lo que implica que las vacas pasten muy libres, dispersas, en “pastoreo continuo”. Este último sistema se ha visto reforzado por un cercado perimetral del puerto realizado en el período 2001-2004.

Con el manejo antiguo (rebaño reunido) se minimizaba el pastoreo selectivo y, además, con la rotación se daba tiempo a rebrotar a las especies entre dos defoliaciones consecutivas (Guretzky *et al.*, 2005). Por otro lado, según estos autores y Hodgson *et al.* (1994), las vacas muestran preferencia por zonas con alta abundancia de hojas frente a tallos, componentes vivos frente a muertos y leguminosas frente a gramíneas. Es cierto que, a principios de verano, dominan las gramíneas, de fenología más temprana, y que, estando tiernas, constituyen la alimentación fundamental de las vacas (Aldezábal, 2001). Pero es un hecho claramente observable que a mitad de verano pueden verse ya manchas de gramíneas poco pastadas de 20-30 cm de alto, más o menos amarillentas, con dominancia de tallos y componentes muertos, y manchas fuertemente pastadas de 2-5 cm, de color verde, con dominancia de especies más apetecibles (leguminosas fundamentalmente). Ello es una característica del pastoreo “continuo” (Guretzky *et al.*, 2005) y de la insistencia en la defoliación de las especies más apetecibles, impidiendo su rebrote, lo que podría explicar la disminución encontrada en la cobertura de leguminosas a lo largo del período estudiado. El aumento en la cobertura de “otras” con el pastoreo “continuo” y la correlación positiva entre dichas especies y la diversidad también es referido por Guretzky *et al.* (2005).

Tabla 3: Comparación 1972-2005 de diversos parámetros (n=30+30 inventarios) considerando la vegetación en su conjunto. Promedios (\bar{x}), desviación típica (sd), significación del Test U de Mann Whitney (P) y diferencia porcentual (?) con respecto a 1972; ns: diferencia no significativa; *P<0,05; **P<0,01; ***P<0,001.

	1972		2005		P	? (%)
	\bar{x}	sd	\bar{x}	sd		
Gramíneas (cobertura %)	42,2	21,9	42,6	16,0	0,9764	ns
Leguminosas (cobertura %)	32,4	21,8	19,2	11,7	0,0141	*
Otras (cobertura %)	25,4	19,4	38,2	18,1	0,0060	**
Valor Pastoral (VP)	38,3	13,8	30,0	9,7	0,0095	**
Número de especies/inventario	24,2	7,9	28,2	7,8	0,0622	ns
Diversidad Shannon (H')	2,4	0,6	3,4	0,5	0,0000	***

Conclusión

No habiéndose registrado cambios en la carga ganadera (UGM/ha/verano) de los pastos de puerto estudiados durante el período 1972-2005, hemos atribuido la disminución en la cobertura de leguminosas y, consecuentemente en el Valor Pastoral, a un cambio en el manejo: de un pastoreo “rotacional” en rebaño agrupado y con pastor a un pastoreo “continuo” con los animales dispersos. Si bien ello ha implicado indudables mejoras en la calidad de vida de los ganaderos y un aumento de la diversidad vegetal a expensas del grupo “otras”, el problema de la pérdida de valor pastoral de estas comunidades vegetales debería ser abordado en futuros estudios.

Agradecimientos

Deseamos agradecer a la Dra. Ana Olaizola y a la Dra. Asunción Usón su ayuda con los censos ganaderos y el trabajo de campo, respectivamente. A los ganaderos del área de estudio, muy especialmente a D. Luis Pueyo, su cordial acogida, información facilitada y su ayuda en el trabajo de campo. A D. Sergio Gonzalo Peco, becario de colaboración del Departamento, su ayuda en el trabajo de campo. Al personal de la Oficina Comarcal Agroambiental (OCA) de Sabiñánigo la información facilitada sobre censos ganaderos y manejo del ganado. Este trabajo ha sido realizado en el marco del Proyecto “Cambios en la composición florística y la vegetación de los pastos de puerto del Valle de Tena (Huesca) (1957-2005) en relación con la gestión ganadera”, cofinanciado por la Universidad de Zaragoza y por Ibercaja (Convocatoria de Proyectos de Investigación Ibercaja Mod. A).

Referencias bibliográficas

- ALDEZÁBAL, A., 2001. *El sistema de pastoreo del Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido (Pirineo Central, Aragón)*. Publ. del Consejo de Protección de la Naturaleza de Aragón. Serie Investigación. Zaragoza. 317 pp.
- DAGET, P.; POISSONET, J., 1972. Un procédé d'estimation de la valeur pastorale des paturages. *Fourrages*, **49**, 31-39.
- FERRER-BENIMELI, C., 1981. *Estudio geológico, edáfico y fitoecológico de la zona de pastos del Valle de Tena (Huesca)*. Publicaciones de la Institución “Fernando el Católico” (CSIC), Zaragoza, núm. 805, 304 pp.
- GARCÍA-GONZÁLEZ, R.; GÓMEZ-GARCÍA, D.; ALDEZÁBAL, A., 1998. Resultados de 6 años de exclusión del pastoreo sobre la estructura de comunidades del *Bromion erecti* y *Nardion strictae* en el P.N. de Ordesa y Monte Perdido. Actas de la XXXVIII Reunión Científica de la SEEP, Soria, 55-59.
- GRANT, S.A.; TORVELL, L.; SIM, E.M.; SMALL, J.L.; ARMSTRONG, R.H., 1996. Controlled grazing studies on *Nardus* grassland: effects of between-tussock sward height and species of grazer on *Nardus* utilization and floristic composition in two fields in Scotland. *Journal of Applied Ecology*, **33**: 1053-1064.
- GURETZKY, J.A.; MOORE, K.J.; BRUMMER, E.C.; BURRAS, C.L., 2005. Forage and Grazing Lands. Species Diversity and Functional Composition of Pastures that Vary in Landscape Position and Razing Management. *Crop Science*, **45**: 282-289.
- HODGSON, J.; CLARK, D.A.; MITCHELL, R.J., 1994. Foraging behaviour in grazing animals and its impact on plant communities. In: G.C. Fahey *et al.* (Eds.) *Forage quality, evaluation and utilization*. ASA, CSSA and SSSA, Madison, WI.

JUTILA, H., 1999. Effect of grazing on the vegetation of shore meadows along the Bothnian Sea, Finland. *Plant Ecology*, **140**: 77-88.

MAGURRAN, A.E. 1988. *Ecological diversity and its measurement*. Princenton University Press. 179 pp. New Jersey (USA).

MENDARTE, S.; AMEZAGA, I.; ALBIZU, I.; IBARRA, A.; ONAINDIA, M., 2003. Efecto de la orientación geográfica y el movimiento del ganado en la biodiversidad de los pastos de montaña del Parque Natural de Aralar. *Pastos*, **XXXIII(2)**: 267-281.

OCAÑA, M. (Ed.), 1978. *Ensayo de planificación ganadera en Aragón. Estudio del ecosistema pastoral del Pirineo aragonés y planificación técnico-económica de su explotación*. Publicaciones de la Institución “Fernando el Católico” (CSIC), Zaragoza, núm. 671, 435 pp.

OSORO, K.; CELAYA, R.; MARTÍNEZ, A.; ZORITA, E., 2000. Pastoreo de las comunidades vegetales de montaña por rumiantes domésticos: producción animal y dinámica vegetal. *Pastos*, **XXX(1)**: 3-50.

PAVLU, V.; HEJCMAN, M.; PAVLU, L.; GAISLER, J.; NEZERKOVA, P.; ANDALUZ, M.G. 2005. Vegetation changes after cessation of grazing management in the Jizerské Mountains (Czech Republic). *Ann. Bot. Fennici*, **42**: 343-349.

PYKÄLÄ, J., 2004. Cattle grazing increases plant species richness of most species trait groups in mesic semi-natural grasslands. *Plant Ecology*, **175**: 217-226.

TAÜLL, M.; SEBASTIÀ, M.T., 2002. Estructura y productividad de diversas comunidades en el Pirineo Central según el tipo de pastoreo. In: Chocarro, C., Santiveri, F., Fanlo, R., Bovet, I. y Lloveras, J.: *Producción de pastos, forrajes y céspedes*. Edicions de la Universitat de Lleida, 183-188.

Van der MAAREL, E. 1979. Transformation of cover-abundance values in phytosociology and its effects on community similarity. *Vegetatio*, **39(2)**, 97-114.

VANDVICK, V.; BIRKS, H.J.B., 2002. Partitioning floristic variance in Norwegian upland grasslands into within-site and between-site components: are the patterns determined by environment or by land-use?. *Plant Ecology*, **162**: 233-245.

ZAR, J.H. 1984. *Biostatistical análisis*. Prentice-Hall International Editions. 718 pp. New Jersey (USA).

DIACHRONIC STUDY 1972-2005 OF PYRENAEAN MOUNTAIN PASTURES: GRAZING MANAGEMENT AND FLORISTIC COMPOSITION

Summary

The aim of this work was to diagnose the effects of the grazing management on the flora and vegetation of Pyrenean mountain pastures. This work has been performed by means of a 1972-2005 diachronic study with floristic inventories. A decrease in the legume cover and Pastoral Value has been found and, at the same time, an increase in the “other” species. These effects have been attributed to a change in the management: from a “rotational stocking” with grouped herds with a herder to a continuous stocking with scattered cattle.

Key words : Biodiversity, Pastoral Value, Cattle, Rotational stocking, Continuous stocking

PRODUCCIÓN Y CALIDAD DEL MAÍZ FORRAJERO EN EL ENTORNO DEL MOMENTO DE ENSILADO

LUCÍA CARUNCHO-PICOS, MARÍA J. BANDE-CASTRO, JAIME FERNANDEZ-PAZ & JUAN PIÑEIRO-ANDIÓN

Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo. Apartado 10. E-15080 A Coruña (España)

Resumen

La metodología utilizada en Galicia para la evaluación de variedades de maíz forrajero obliga a cosechar cada variedad en el momento en que el grano está en estado ‘pastoso-vítreo’ o ‘línea de leche a 1/3-1/2 del ápice’, lo que implica realizar hasta tres controles semanales durante aproximadamente un mes y medio, con el consiguiente elevado coste en mano de obra y desplazamientos a los lugares de ensayo. Por ello, se ha visto necesario poner a punto una metodología que permita la recogida de todo el ensayo de una localidad determinada en una o dos fechas, lo que requiere disponer de una ecuación que permita corregir los distintos parámetros de producción y calidad medidos en momento del corte, con objeto de estimar los que las distintas variedades tendrían en el supuesto de que se hubiesen cortado en el estado estimado como óptimo. Con el objetivo de conseguir esta ecuación, se ha establecido un ensayo en el que se utilizaron dos variedades de distinta precocidad, que se cosecharon a intervalos de 10 días en siete fechas diferentes, establecidas de modo que el intervalo de 60 días habido entre la primera y la última fecha incluyese el paso de la variedad por el estado óptimo para ensilar.

Los resultados generados han permitido conseguir ecuaciones lineales y cuadráticas que se ajustan muy bien a la evolución del contenido en materia seca y de la producción de la materia orgánica digestible, respectivamente, en función del número de días transcurridos desde el uno de agosto. Se considera necesario repetir el experimento en otros años y localidades con objeto confirmar estos resultados preliminares en más ambientes.

Palabras clave: Valor agronómico, metodología de evaluación.

Introducción

En 1999 se inició una red de evaluación de variedades de maíz forrajero en Galicia, con el objetivo de conocer el valor agronómico de las variedades que las Casas Comerciales venden en la actualidad o prevén vender en el futuro inmediato en el mercado gallego. El programa está diseñado para realización de cuatro campos experimentales al año en cuatro Comarcas Rurales de Galicia: 1) A Mariña Oriental (Noreste de Lugo), 2) Sarria (Centro-sur de Lugo), 3) Deza (Noreste de Pontevedra) y Ordes (Centro de A Coruña). Los resultados se publican cada año en un documento de síntesis, que se distribuye en forma de díptico a Empresas de Semillas, Oficinas Agrarias Comarcales y Servicios Técnicos de la Consellería do Medio Rural, Servicios Técnicos de Cooperativas y Agricultores, alcanzándose una tirada anual de 4000 ejemplares. El último publicado ha sido recientemente distribuido (CMR, 2007). Sobre cada variedad se publica la información siguiente: Días s-c (número de días que van de siembra a recolección para ensilar); altura de la planta; producción por hectárea, expresada en t de materia seca y de materia orgánica digestible; porcentaje de mazorca sobre el total de la planta; digestibilidad de la materia orgánica de la planta entera; índice productivo (valor en tanto por ciento sobre la producción media de tres variedades testigo); contenido en proteína bruta; número de años en que la variedad fue ensayada y casa que la comercializa.

La red gallega surgió después de un largo debate para el establecimiento de un protocolo experimental en el que participaron: 1) Servicio de Producción Vegetal (hoy Servicio de Producción Vegetal Sostenible y Sanidad Vegetal), 2) Servicio de Extensión Agraria (hoy

Servicio de Transferencia Tecnológica, Estudios y Publicaciones), 3) Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo, y 4) Asociación Gallega de Cooperativas Agrarias. El debate culminó con el ‘Protocolo para la evaluación de maíz forrajero en Galicia’ (CAGPA, 1999), para lo que se contó con la experiencia previa del Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agrario (SERIDA) de Asturias, que empezó con este programa en 1996 (Martínez, 1999; Martínez *et al.*, 1999), y del Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo (CIAM), en el que se abarcan aspectos de agronomía y mejora genética (Moreno, 1999) y valor nutritivo de forrajes (Flores, 1999). La relación inicial con el SERIDA se amplió a NEIKER (País Vasco), Diputación Foral de Álava, IRTA (Cataluña), ITG-Ganadero y Agrícola (Navarra), lo que dio lugar a la creación de un grupo de trabajo que se reúne cada año para intercambiar información.

Con el paso del tiempo, se han ido encontrando problemas de orden práctico en la metodología de evaluación que se utiliza. El inconveniente principal es el momento de la recolección porque la metodología actual obliga a una recogida escalonada de las distintas variedades, ya que se cosechan en el estado ‘pastoso-vítreo’ o ‘línea de leche a 1/3-1/2 del ápice’, lo que implica realizar hasta tres controles semanales durante aproximadamente un mes y medio, con el consiguiente elevado coste en mano de obra y desplazamientos a los lugares de ensayo, y el posible riesgo de no actuar en el momento previsto debido a variaciones climatológicas inesperadas, asociadas a la disponibilidad de recursos humanos, siempre limitados.

Por ello, se ha visto necesario poner a punto una metodología que permita la recogida de todo el ensayo de una localidad determinada en una o dos fechas, lo que requiere disponer de una ecuación para corregir los distintos parámetros de producción y calidad medidos en momento del corte, con objeto de estimar los valores que las distintas variedades tendrían en el supuesto de que se hubiesen cortado en el estado óptimo para ensilar.

Con el objetivo de conseguir esta ecuación, se ha establecido un ensayo en una de las localidades de la red experimental, en el que las variedades sembradas se cosecharon cada 10 días en siete fechas diferentes, establecidas de modo que el intervalo de 60 días habido entre la primera y la última fecha incluyese el paso de la variedad por el estado ‘pastoso-vítreo’.

Está previsto que este ensayo se repita en más años y en más localidades de la red, con objeto de disponer de un ajuste más robusto que represente una amplia variabilidad ambiental.

Materiales y métodos

El ensayo se localizó en Xanceda (Mesía), en el interior de la provincia de A Coruña, a 360 m de altitud, sobre un suelo profundo, de alta fertilidad química, desarrollado sobre esquistos de Órdenes. Los resultados del análisis de suelo previo al abonado del ensayo fueron: pH (H_2O) 5,7, P (Olsen, extraído en CO_3HNa) 90 mg kg^{-1} , K (extraído en NH_4NO_3) 369 mg kg^{-1} , saturación por aluminio del complejo de intercambio catiónico 0,1 (Al CIC^{-1}). Antes del maíz hubo una pradera, que se roturó en el invierno 2005-2006. En la fase de preparación del suelo se abonó con 150 $kg ha^{-1}$ de P_2O_5 , 250 $kg ha^{-1}$ de K_2O y 125 $kg ha^{-1}$ de N. El abonado se complementó en cobertera con 50 $kg ha^{-1}$ de N. Asimismo, se aplicaron antes de la siembra 40 $kg ha^{-1}$ de un insecticida comercial con una riqueza del 5% en clorpirifos, para la defensa contra gusanos del suelo, y 5 L ha^{-1} de un herbicida comercial con una riqueza (peso/volumen) del 35 % en alacloro y del 20 % en atrazina, para la defensa contra la vegetación espontánea.

Se eligieron las variedades ‘Magellan’ y ‘Conca’, ambas de ciclo corto (FAO 200-300), pero de distinta precocidad, que habían sido evaluadas previamente en la red experimental de Galicia. Los datos previos indican que los días que deben transcurrir de siembra a recolección (“Dias s-c”) son 123 para ‘Magellan’ y 135 para ‘Conca’ (CMR, 2007).

El diseño experimental fue en parcelas divididas con 3 repeticiones, con un total de 14 tratamientos (2 variedades x 7 fechas de corte). Se asignó la variedad a la parcela principal y la

fecha de corte a la subparcela, de 1,8 m x 6,5 m, que consistía en tres líneas de 6,5 m de longitud separadas 60 cm. La densidad inicial de siembra fue 180 000 plantas ha⁻¹. Al final y principio de cada parcela principal se estableció una subparcela extra de las mismas dimensiones, que sirvió de borde. La siembra se realizó el 16/05/2006. Se realizó un aclareo cuando las plantas tenían 4-5 hojas para dejar una densidad final de 90 000 plantas ha⁻¹.

La recolección de cada variedad se escalonó en siete fechas distintas con intervalos previstos de 10 días entre corte y corte, que en realidad variaron de 9 a 11 días para evitar recoger en sábado o domingo. La primera fecha de recolección de cada variedad se hizo 25 días después de haberse producido la floración femenina, que en ‘Magellan’ fue el 16/07 y en ‘Conca’ el 26/07. Las fechas de recolección escalonada fueron 10/08, 21/08, 30/08, 08/09, 19/09, 29/09 y 09/10 para ‘Magellan’ y 21/08, 30/08, 08/09, 19/09, 29/09, 09/10 y 19/10 para ‘Conca’

Para la medición de la producción, se cortó la línea central de cada parcela a unos 20 cm de altura, y se pesó su producción en verde en el campo, inmediatamente después del corte. Posteriormente se tomaron 10 plantas al azar de esa línea central, se separaron las mazorcas y se pesaron por separado en dos fracciones 1) Paja, que incluye penacho, tallo, hojas y espigas y 2) Mazorca, que incluye grano y zuro. Después de pesadas, se picaron por separado en una trituradora “Viking”. Del material picado se tomó una muestra de algo más de un kilogramo, que se transportó a laboratorio en bolsa de plástico herméticamente cerrada.

En el laboratorio se determinó el contenido en materia seca por desecación de 500 g de paja y de 1000 g de mazorca en estufa de aire forzado “Unitherm” durante 18 h a 80 °C. Posteriormente, las muestras se molieron en molino de martillos “Christy and Norris” con tamiz de 1 mm. Sobre las muestras secas y molidas se determinó el contenido materia seca, por eliminación de la humedad residual a 100 °C, y el contenido en materia orgánica y cenizas, por combustión a 475 °C, en analizador termogravimétrico “LECO-MAC500”. Los contenidos en proteína bruta (PB), fibra ácido detergente (FAD), fibra neutro detergente (FND), carbohidratos no estructurales totales (CNET) y carbohidratos solubles en agua (CSA), así como la digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica (IVDMO) de las fracciones mazorca y paja se determinaron mediante NIRS (Near Infrared Reflectance Spectroscopy) en un espectrofotómetro NIRSystem 6500 (Foss NIRSystem, Inc., Silver Spring, Washington, USA), en cámara isoterma, con módulo alimentador giratorio y equipado con el programa WinISI II v. 1.5 (Infrasoft International, Port Matilda, PA, USA), utilizando las calibraciones desarrolladas en el CIAM para mazorca y paja de maíz, según lo descrito Campo y Moreno-González (2003).

Resultados y discusión

En este trabajo se presentan solamente los resultados sobre la evolución del contenido en materia seca (CMS), la digestibilidad de la materia orgánica (DMO) y la producción por hectárea de materia orgánica digestible (MOD), por entender que son los de mayor relevancia.

Variación del contenido en materia seca, de la digestibilidad y de la producción

El efecto de la fecha de recolección sobre el CMS, la DMO y la producción de MOD ha dado lugar a diferencias estadísticamente significativas para cada una de las dos variedades (Tabla 1). El CMS aumentó de forma continua en la variedad ‘Magellan’ con el avance de las fechas de corte, a medida que la planta fue adquiriendo un mayor grado de madurez. La evolución del CMS de ‘Conca’ mostró una variación similar, si se exceptúa el último corte, que tuvo lugar el 19 de octubre, fecha en la que se observa un descenso con respecto al valor de la fecha inmediatamente anterior. Este descenso se atribuyó a que la planta estaba muy mojada en el momento de la recolección. Dado que ya había llovido el día anterior a la fecha prevista para el corte y que las predicciones seguían dando lluvias para los días siguientes se decidió cosechar, a pesar de que la planta estaba muy mojada. En la zona del ensayo se han recogido 12, 38, 21 y 17 mm de lluvia los días 18, 19, 20 y 21 de octubre 2006, respectivamente.

La DMO fue más baja en la primera fecha de corte de 'Conca' y en las dos primeras de 'Magellan'. A partir del 30/09 el valor de la DMO de ambas variedades se estabilizó en el intervalo 71,0 %-73,3 %, lo que confirma lo señalado por Moreno-González (1982) en el sentido de que "la digestibilidad del maíz es independiente del momento de corte". Conviene señalar que cuando hace esta afirmación se refiere a la variación de la digestibilidad entre el estado 'lechoso-pastoso' y el 'vítreo'.

La producción de MOD aumentó con el paso del tiempo en las seis primeras fechas para descender en la última (Tabla 2), con excepción de una caída de la producción experimentada el 08/09 por 'Magellan', que se atribuyó a la heterogeneidad del suelo experimental, que afectó negativa y simultáneamente a las tres repeticiones de esta variedad en esta fecha.

Tabla 1. Contenido en materia seca (MS, %), digestibilidad de la materia orgánica (DMO, %) y producción total, expresada en materia orgánica digestible (Producción MOD, t ha⁻¹ MOD) de las variedades 'Magellan' y 'Conca' en las diferentes fechas de corte.

Variedad y fecha corte	MS (%)	DMO (%)	Producción MOD
'Magellan'			
10/08/2006	21,5	68,1	9,5
21/08/2006	27,2	68,6	12,0
30/08/2006	30,4	71,0	14,4
08/09/2006	37,6	72,1	14,0
19/09/2006	39,5	72,7	16,0
29/09/2006	43,8	72,4	16,8
09/10/2006	47,6	72,4	14,6
Nivel significación ¹	***	**	***
'Conca'			
21/08/2006	24,8	65,4	10,7
30/08/2006	27,3	71,7	14,2
08/09/2006	31,7	72,0	15,4
19/09/2006	35,7	73,3	18,4
29/09/2006	38,7	71,9	19,5
09/10/2006	46,7	72,9	20,2
19/10/2006	43,6	72,9	18,6
Nivel significación ¹	***	***	***

¹ Nivel de significación de la diferencias: *(p<0,05), ***(p<0,001)

Ecuaciones de evolución del contenido en materia seca

Se pone énfasis en conocer la evolución del CMS porque suele estar muy relacionado con el estado de madurez del grano, asumiéndose que oscila entre el 28 y 32 % cuando la 'línea de leche' está a 1/3-1/2 del ápice (CAGPA, 1999). Por otro lado, algunos autores indican que el momento óptimo para la recogida del maíz forrajero es cuando la planta alcanza un contenido en materia seca entre el 30 y el 35% (Moreno-González y García-González, 1982). Teniendo esto en cuenta, el criterio para decidir el momento más adecuado de la cosecha podría variar del actual, que se fija en la madurez del grano, a otro en que la referencia sería el CMS de la planta. La variación del CMS (Tabla 2) se ajustó muy bien a las líneas rectas siguientes (Figuras 1 y 2):

$$\%MS_{\text{magellan}} = 18,17 + 0,4303x \quad (R^2 = 0,99)$$

$$\%MS_{\text{conca}} = 14,85 + 0,4285x \quad (R^2 = 0,97) \quad (x = \text{días transcurridos desde uno de agosto})$$

Para el ajuste de las ecuaciones anteriores se utilizaron todos los datos en el caso de 'Magellan' y todos menos el del 19/10 en el caso de 'Conca', porque las plantas estaban muy mojadas, y se estimó que este dato no representaba bien la realidad del estado natural de la planta.

Si esta información se consolidase en años venideros y en otras localidades, estas ecuaciones serían una buena herramienta para predecir el momento en que la planta alcanzaría un CMS, en caso de que haya sido cortada antes o después de este momento.

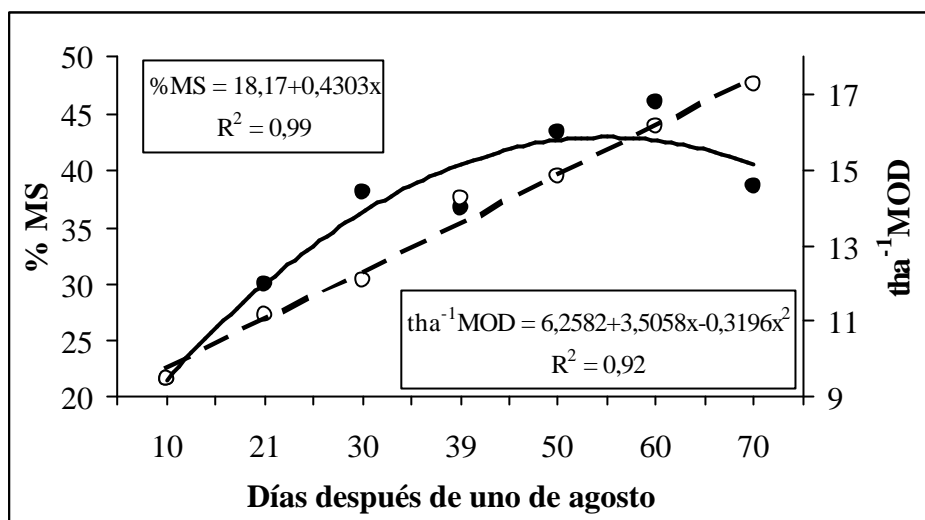


Figura 1. Evolución del contenido en materia seca (o) y de la producción de materia orgánica digestible (●) de la variedad 'Magellan', y curvas ajustadas de primero (---) y segundo grado (—), respectivamente.

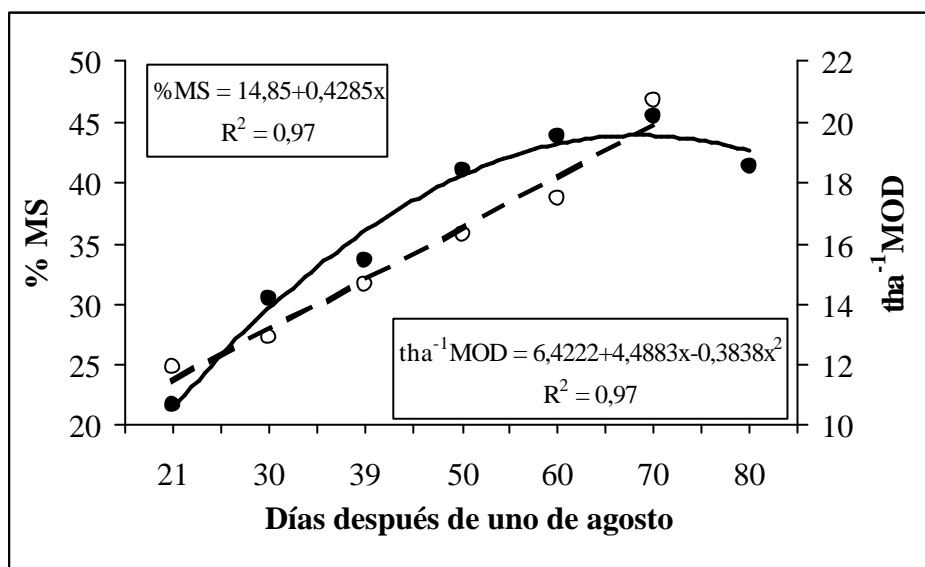


Figura 2. Evolución del contenido en materia seca (o) y de la producción de materia orgánica digestible (●) de la variedad 'Conca', y curvas ajustadas de primero (---) y segundo grado (—), respectivamente.

Ecuaciones de evolución de la producción de materia orgánica digestible

Se ha elegido esta variable porque integra la producción de materia seca y la digestibilidad de la materia orgánica, siendo en este momento la variable que se estima más importante para elegir una variedad después de haber decidido el grupo de precocidad a sembrar. En ella se basa el cálculo del Índice Productivo (IP) que se publica en el díptico que se distribuye en Galicia.

La variación de la producción de MOD observada en la Tabla 2 se ajustó muy bien a las ecuaciones de segundo grado siguientes (Figuras 1 y 2):

$$t \text{ ha}^{-1} \text{ MOD}_{\text{magellan}} = 6,2582 + 3,5058x - 0,3196x^2 \quad (R^2 = 0,92)$$

$$t \text{ ha}^{-1} \text{ MOD}_{\text{conca}} = 6,4222 + 4,4883x - 0,3838x^2 \quad (R^2 = 0,97)$$

(x = días transcurridos desde uno de agosto)

Para el ajuste de las ecuaciones anteriores se utilizaron todos los datos disponibles. Como en el caso del contenido en materia seca, los resultados son prometedores, a la espera de lo que ocurra en otros años y en otras localidades.

Una vez que se dispusiese de las ecuaciones definitivas, el proceso de corrección de datos sería: 1) Determinar el contenido en materia seca en el momento de corte de una determinada variedad, 2) Calcular el día en que esa variedad alcanzaría el contenido que se establezca como óptimo para la recolección, 3) Calcular la producción de MOD cosechada, y 4) Corregir esta cifra teniendo en cuenta la ecuación de evolución de la producción de MOD, para llevarla al día calculado en 2.

Conclusiones

La información analizada anteriormente permite concluir provisionalmente que:

1. Una vez conocido el contenido en materia seca de una variedad en el momento del corte, es posible estimar con bastante precisión la fecha en que alcanzaría el valor establecido como óptimo para realizar el corte para ensilar.
2. Una vez conocida esta fecha, es también posible corregir con bastante precisión la producción de materia orgánica digestible obtenida en el momento del corte para llevarla al valor que tendría en el momento óptimo previsto para el corte de silo.

Bibliografía

CAGPA (Consellería Agricultura, Gandería e Política Agroalimentaria), 1999. Protocolo para la evaluación de maíz forrajero. En: *Xornada Técnica sobre Mellora, Avaliación e Uso do Millo Forraxeiro*, 24-32. Centro de Investigacións Agrarias de Mabegondo. A Coruña (España)

CAMPO, L.; MORENO-GONZÁLEZ, J., 2003. Evaluación del rendimiento, digestibilidad y otros caracteres de maíz forrajero en diferentes fechas de recolección. *Actas de la LXIII Reunión Científica de la SEEP*, 277-283.

CMR (Consellería do Medio Rural), 2007. *Valor agronómico de variedades comerciales de millo forraxeiro en Galicia (Período 1999-2006). Actualización 2007*. Díptico. Consellería do Medio Rural. Xunta de Galicia. Santiago de Compostela (España).

FLORES CALVETE, G., 1999. Estimación do valor enerxético do ensilado do millo. En: *Xornada Técnica sobre Mellora, Avaliación e Uso do Millo Forraxeiro*, 16-23. Centro de Investigacións Agrarias de Mabegondo. A Coruña (España).

MARTINEZ MARTÍNEZ, A., 1999. Ensayos de variedades de maíz forrajero en Asturias. En: *Xornada Técnica sobre Mellora, Avaliación e Uso do Millo Forraxeiro*, 24-32. Centro de Investigacións Agrarias de Mabegondo. A Coruña (España).

MARTINEZ MARTÍNEZ, A.; DE LA ROZA DELGADO, B.; MARTÍNEZ FERNÁNDEZ, A., 1999. Comportamiento agronómico de variedades comerciales de maíz forrajero empleadas para forraje en distintas zonas edafoclimáticas de Asturias. *Actas de la XXXIX Reunión Científica de la SEEP*, 233-238.

MORENO-GONZÁLEZ, J., 1982. El maíz forrajero: una opción en las explotaciones ganaderas. *Pastos*, **XII**, 157-170.

MORENO-GONZÁLEZ J. y GARCÍA-GONZÁLEZ J.J., 1982. *Cultivo del maíz en las zonas húmedas de España*. Hojas divulgadoras. N° 6/82. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Publicaciones de Extensión Agraria. Madrid (España).

MORENO GONZÁLEZ, J., 1999. El papel del maíz forrajero en la intensificación de la producción forrajera. Su mejora genética. En: *Xornada Técnica sobre Mellora, Avaliación e Uso do Millo Forraxeiro*, 3-15a. Centro de Investigacións Agrarias de Mabegondo. A Coruña (España).

Agradecimientos

Los autores agradecen la financiación recibida del Plan Gallego de Investigación Desarrollo e Innovación Tecnológica, proyecto n° PGIDIT03RAG50303PR. Agradecen, asimismo, la ayuda de D. Benigno Tubío y del personal de campo y laboratorio del CIAM.

YIELD AND QUALITY OF FORAGE MAIZE AROUND SILAGE HARVESTING

Summary

The methodology used in Galicia (NW Spain) to evaluate forage maize varieties is very labour demanding because each variety must be harvested when the milk line is at 1/3-1/2 from the grain apex. So, there is a need to find a method that would allow simplifying field work and cut the whole experiment in one of two given days. To do this an equation is required in order to correct the figures obtained and estimate those that the variety would achieve if cut at optimum stage. A trial was established to investigate yield and quality variation around harvesting optimum stage for silage making and search for a fitted curve which would allow to correct the figures. Two varieties of different earliness were sown and harvested at ten days intervals, starting and finishing cuttings before and after the estimated optimum stage. High determination coefficient linear and quadratic curves were fitted to dry matter content and digestible organic matter yield data that would be a good tool to make the corrections, if they were confirmed in future experiments repeated in the coming years and in more sites.

Key words : Value for cultivation and use, evaluation methodology.

PRIMEROS PASOS EN LA GESTIÓN DE ESTIÉRCOLES Y PURINES EN UNA EXPLOTACIÓN DE VACUNO DE LECHE

N. Aguirre, J.M^a Cendoya, S. Marijuán y L. Nafarrate

Dpto. de gestión. SERGAL S.Coop. E-mail: sergal@sergal.net.

Introducción:

Durante el año 2006 y desde SERGAL S. Coop. en colaboración con U.A.G.A., Diputación Foral de Álava y Gobierno Vasco se desarrolló el “*Estudio de gestión de deyecciones ganaderas de Álava*”.

Este estudio surge como respuesta a la inquietud del sector por la gestión de las deyecciones que produce y con la premisa de que Álava tiene superficie más que suficiente para absorber los estiércoles y purines que produce según el “*Inventario de residuos orgánicos de la Comunidad Autónoma del País Vasco. Año 2001*”, realizado por NEIKER (Pinto *et al.*, 2002)

El objetivo final del estudio es utilizar los subproductos orgánicos ganaderos como recurso para la fertilización de praderas y tierras de cultivo; reciclar estos residuos evitando problemas medioambientales y optimizar el coste de su eliminación.

Para conseguir estos objetivos se presentó un plan de actuación y un modelo organizativo basado principalmente en la adecuación de las infraestructuras para minimizar al máximo la producción de subproducto a gestionar y optimizar su valorización agrícola.

Pasos seguidos:

El estudio se dividió en tres grandes apartados: **ANALIZAR, EVALUAR y PROPONER.**

1. ANALIZAR la situación de las explotaciones ganaderas de Álava, relacionando su capacidad de generación, almacenamiento y reciclaje de estiércoles y purines.

Para ello, se desarrolló un cuestionario y se visitaron 217 explotaciones de distintas actividades: vacuno de leche, vacuno de carne, ovino de carne y ovino de leche, porcino y cunícola. De esta manera, se obtuvo una aproximación a la situación real sobre cómo se gestionan los purines y estiércoles en las explotaciones.

2. EVALUAR, en relación con la normativa vigente las deficiencias del sistema utilizado por las diferentes explotaciones.

Una vez consultada la normativa europea, estatal y autonómica, se tomó el **DECRETO 141/2004, del 6 de julio, por el que se establecen las normas técnicas, higiénico-sanitarias y medioambientales de las explotaciones ganaderas**, como pauta legislativa a seguir por todas las explotaciones ganaderas en el punto de la gestión de purines y estiércoles.

En un paso posterior, se comparó la situación real con el decreto, concluyendo en una serie de alegaciones al mismo para acercarlo más al manejo diario en la explotación.

Finalmente, se presentó un Plan de Actuación para el año 2007, considerando que el primer punto en toda gestión de deyecciones es determinar el volumen que se produce y minimizarlo tanto en cantidad como en su carácter contaminante.

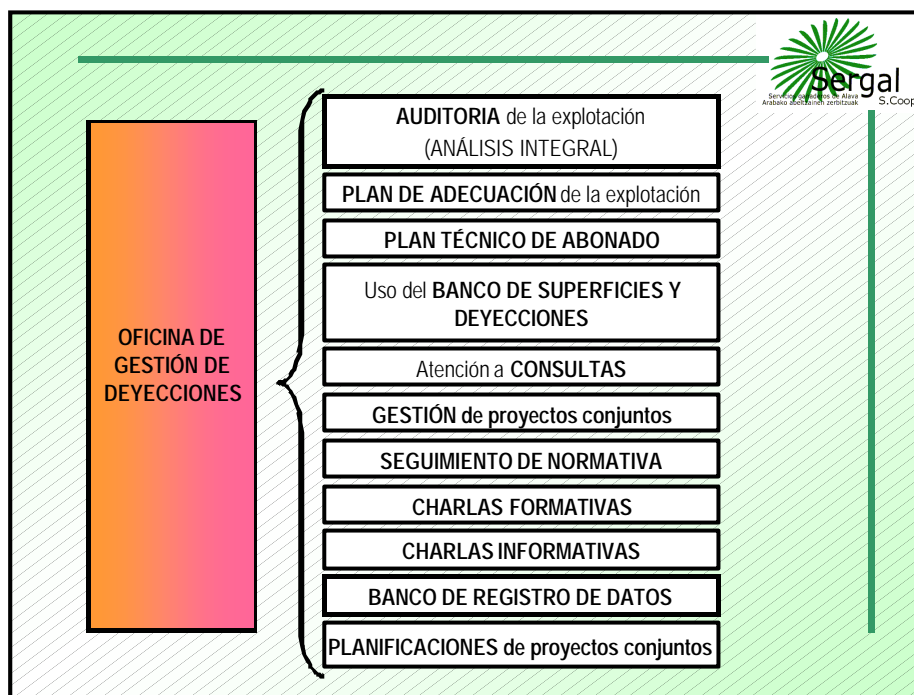


Figura 1. Esquema del Modelo organizativo planteado

3. PROPONER un modelo organizativo para la gestión de purines capaz de poner en marcha los medios técnicos y humanos con el fin de optimizar la gestión de los subproductos ganaderos tanto a nivel de explotación como en zonas externas a ella.

Como propuesta final del estudio, y partiendo del Plan de Actuación presentado, se desarrolló la siguiente oferta de Modelo Organizativo (Figura 1.)

Teniendo en cuenta el esquema de lo que sería un Programa de Producción y Gestión de Purines y Estiércoles (Figura 2) y a partir de la creación de lo que se ha denominado “Oficina de Gestión de Deyecciones” se ofertan una serie de servicios con los que se pretende cubrir toda la demanda del sector ganadero.

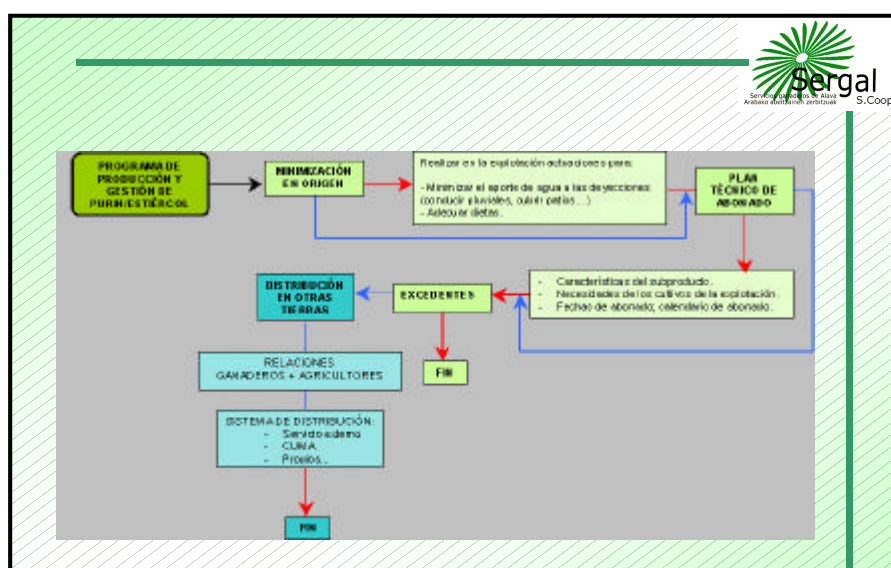


Figura 2. Programa de Producción y Gestión de Purines y Estiércoles.

Así los servicios propuestos son:

Auditoria de la explotación o Análisis integral de la misma: con esta auditoria se realizará un diagnóstico de la explotación en cuanto a infraestructuras, a los usos que se dan a los purines y estiércoles y a los medios de distribución con los que cuentan. Dentro de este servicio se añade un Plan Técnico de Abonado como alternativa al uso que se hace de las deyecciones ganaderas y analíticas tanto de suelos como de deyecciones (purines y estiércoles). De esta Auditoria resultarán una serie de medidas correctoras que por medio de un **Plan de Adecuación** se llevarán a cabo dentro de la explotación.

Plan Técnico de Abonado con el que se pretende controlar cuándo, cuánto y a dónde se distribuye, evitando sobreabonados y prácticas no adecuadas.

Banco de superficie y deyecciones gracias al cual se pone en contacto deyecciones con superficie bien de agricultores, otros ganaderos, juntas administrativas.... En principio este servicio surge para momentos puntuales ya que si se realizaran en cada explotación las modificaciones propuestas en la Auditoria en principio no debería haber más que problemas puntuales.

Atención a Consultas.

Planificaciones y gestión de proyectos conjuntos: planificación de usos conjuntos (entre varios ganaderos) de maquinaria para la distribución o tratamiento de las deyecciones y la gestión de estos proyectos.

Seguimiento de la Normativa: que afecta a las explotaciones en cuanto a deyecciones ganaderas, participando en los foros que sea necesario, presentando alegaciones...

Charlas formativas e informativas sobre temas de interés: Normativa, valor agronómico de las deyecciones, consecuencias ambientales, productivas, del mal uso de las deyecciones, compostaje...

Banco de registro de datos: con los datos obtenidos de todos los servicios se irá generando un banco de datos.

Si nos detenemos en el Plan de Adecuación de la explotación a las mediadas correctoras resultantes de la Auditoria, queda claro que los ganaderos deberán hacer una serie de inversiones tanto para cumplir normativa como para mejorar el manejo diario.

Estas inversiones se estimaron teniendo en cuenta las 646 explotaciones ganaderas de más de 20 UGM que hay en Álava y los siguientes requisitos:

- Estercolero cubierto y separado de las instalaciones donde se aloje el ganado. La solera será impermeable, con pendiente para escurrido de líquidos que se canalizarán a una fosa de recogida.
- Fosa de purines estanca.
- Capacidad mínima de almacenamiento de 5 meses.
- Los silos de obra, deberán tener suelos impermeables y mantenerse en perfecto estado de estanqueidad, una pendiente mínima del 2% para permitir la evacuación de los fluidos de ensilaje hacia las fosas de almacenamiento específicas o en su defecto a las fosas de purines.
- Utilizar medidas de minimización; cubrir patios, minimizar el consumo de agua en la limpieza de las salas de ordeño, cubrir fosas si fuera necesario...
- Eliminar malos olores.
- Otras mejoras

El total de las inversiones, según la estimación que se hizo desde Sergal S.Coop. asciende a 22.573.200 €

Teniendo en cuenta el importe y la situación del sector queda clara la necesidad de un PLAN DE AYUDAS ESPECÍFICO.

Resultados y discusión:

A modo de caso práctico, se introduce dentro del esquema ANALIZAR-EVALUAR-PROPONER una explotación de vacuno de leche.

1. ANALIZAR:

En un análisis general de la explotación se puede decir que se trata de una explotación situada fuera de la zona vulnerable y con licencia de actividad (el 91% de las explotaciones de vacuno de leche en Álava no tienen licencia de actividad o la están tramitando).

La explotación cuenta con un total de 131 cabezas de ganado (Tabla 1).

Tabla 1: Censo de la explotación

Nºcabezas	
Hembras hasta 12 meses de edad	31,00
Hembras de 12 meses al parto	23,00
Hembras paridas	77,00
Machos	0,00
TOTAL	131,00

Las hembras paridas están estabuladas todo el año, el resto de cabezas lo están durante seis meses.

En cuanto al **tipo de deyecciones** que se produce, las hembras hasta los doce meses de edad están sobre cama caliente (paja) y las deyecciones que producen son en forma de estiércol.

El resto de cabezas (hembras de doce meses al parto y las paridas) producen purín.

Para su **almacenamiento**, la explotación no cuenta con estercolero por lo que acumula el estiércol en un montón en la calle hasta su distribución como abono orgánico. No obstante, el purín sí es almacenado de forma adecuada utilizando dos fosas de purines, una de 648 m³ (A) y otra de 200 m³ (B), ambas descubiertas.

La **superficie** con la que trabaja la explotación es de 64,39 has repartidas entre maíz (5,50 has), pradera (57,41 has) y una pequeña superficie dedicada a forestal (1,48 has).

Como **aportes externos** de agua a las fosas de purines hay que tener en cuenta la pluviometría de la zona (Figura 3).

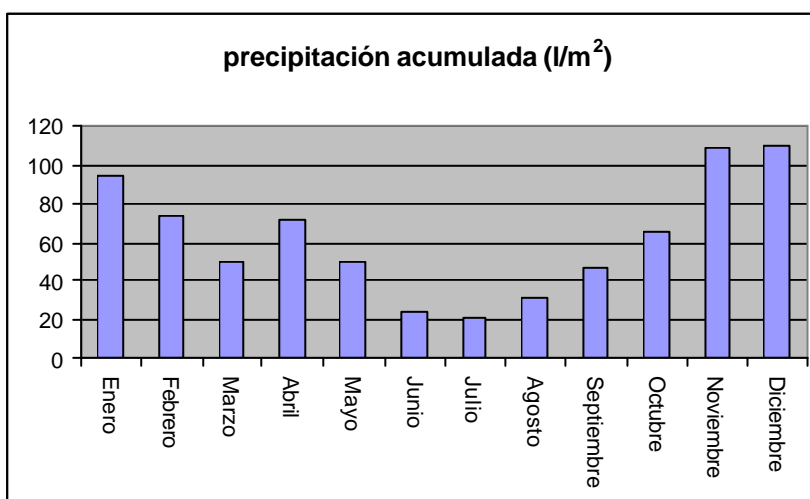


Figura 3: Precipitación acumulada (l/m²)

Por tanto la fosa A, a parte de purín, recoge:

- Agua procedente de patios descubiertos con una superficie de 130 m², lo que supone un aporte suplementario a la fosa de purines de **97,31 m³**
- Agua de limpieza de la máquina de ordeño y de limpieza de la sala de ordeño: **200,73 m³/año**
- Agua de lluvia directa: **161,68 m³/año.**
- Agua proveniente de los silos: **332,36 m³/año.**

Total de aportes externos = 792,08 m³/año

La fosa B, a parte de purín, recoge:

- Agua de lluvia directa: **50,15 m³/año**

Total de aportes externos = 50,75 m³/año

En lo que se refiere a la utilización del purín y del estiércol generados en la explotación, ambos son utilizados como abono orgánico que es distribuido en todas las fincas (de maíz y prado/pasto) principalmente antes de la siembra del maíz.

La distribución se lleva a cabo con cisterna en el caso del purín y con carro esparcidor en el caso del estiércol. En invierno, y por la dificultad de entrar a las fincas, utiliza un cañón que lo sitúa en el camino con el que riega la finca con purín.

Además de este aporte de abono orgánico realiza otra fertilización suplementaria con abono mineral (este hecho sucede en el 97% de las explotaciones de vacuno de leche).

Finalmente hay que añadir en este análisis que la época del año en la que tiene mayores problemas es el invierno ya que la fosa se llena antes por la lluvia en lo que coincide con el 76% de las explotaciones de vacuno de leche. No ha tenido denuncias ni reclamaciones y considera que el compostaje o un servicio externo de distribución le ayudarían en la gestión de las deyecciones.

2. **EVALUAR**; en relación con la normativa vigente (**DECRETO 141/2004, del 6 de julio**) las deficiencias del sistema utilizado por las diferentes explotaciones.

Los requisitos legales son:

- Estercolero cubierto y separado de las instalaciones donde se aloje el ganado. La solera será impermeable, con pendiente para escurrido de líquidos que se canalizarán a una fosa de recogida.
- Fosa de purines estanca.
- Capacidad mínima de almacenamiento de 3 meses.
- Los silos de obra, deberán tener suelos impermeables y mantenerse en perfecto estado de estanqueidad, una pendiente mínima del 2% para permitir la evacuación de los fluidos de ensilaje hacia las fosas de almacenamiento específicas o en su defecto a las fosas de purines.

Tabla 2.

NORMATIVA					
	Nºcabezas	m³ est/año	m³ pu/año	u.g.e.r.	1Ha/u.g.e.r.
Hembras hasta 12 meses de edad	31,00	93,60	104,00	15,50	3,10
Hembras de 12 meses al parto	23,00	63,00	182,00	11,50	2,30
Hembras paridas	77,00	90,00	1.340,00	77,00	15,40
Machos	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TOTAL	131,00	246,60	1.626,00	104,00	20,80

**1626/4= 406,2 m³ de almacenamiento para 3 meses. Fosa de purines 648 m³
 **Necesita 20,8 Has para poder distribuir el purín y el estiércol. Tiene 39,74 Has.
****Necesita un estercolero de 372/4 = 93 m³ (capacidad para 3 meses)**

Teniendo en cuenta la situación de la explotación (Tabla 2), para cumplir normativa debería construir un estercolero para un almacenamiento mínimo de 3 meses. Esta inversión tiene un coste de: 14.880 €

Para cumplir normativa debe hacer una inversión de 14.880 €

3. PROPONER: El modelo organizativo que se propuso no sólo tiene en cuenta el cumplimiento de la normativa sino que pretende dar un paso más hacia la GESTIÓN INTEGRAL, esto es; Desde la minimización en origen de caudales y componentes limitantes hasta los métodos de valorización final, teniendo en cuenta los aspectos organizativos y tecnológicos. (Xavier Flotats i Ripoll)

El primer paso es aplicar unos datos más reales de cantidades excretadas y volver a contabilizar el volumen generado. A falta de análisis reales se usan los datos utilizados en el “Inventario de residuos orgánicos de la Comunidad Autónoma del País Vasco. Año 2001” Realizado por NEIKER. (Tabla 3)

Tabla 3.

SEGÚN manejo					
	Nºcabezas	m ³ est/año	m ³ pu/año	UFN/año	
Hembras hasta 12 meses de edad	31.00	83.20	140.40	519.90	
Hembras de 12 meses al parto	23.00	56.00	245.70	909.37	
Hembras paridas	77.00	160.00	1.809.00	6.694.10	
Machos	0.00	0.00	0.00	0.00	Has neces.
TOTAL	131,00	299,20	2.195,10	8.123,37	40,62

En este punto los requisitos que se tienen en cuenta son:

- Estercolero cubierto y separado de las instalaciones donde se aloje el ganado. La solera será impermeable, con pendiente para escurrido de líquidos que se canalizarán a una fosa de recogida.
- Fosa de purines estanca.
- Capacidad mínima de almacenamiento de 5 meses.
- Los silos de obra, deberán tener suelos impermeables y mantenerse en perfecto estado de estanqueidad, una pendiente mínima del 2% para permitir la evacuación de los fluidos de ensilaje hacia las fosas de almacenamiento específicas o en su defecto a las fosas de purines.
- Utilizar medidas de minimización; cubrir patios, minimizar el consumo de agua en la limpieza de las salas de ordeño, cubrir fosas si fuera necesario...
- Eliminar malos olores.

Así, la explotación para adecuar sus infraestructuras tanto a normativa como al manejo diario debe realizar unas inversiones de: 19.947 € para la construcción de un estercolero con una capacidad de 5 meses y 18.700 € en cubrir los 130 m² de patios descubiertos. Por otro lado debería tener en cuenta el aporte desmesurado de agua que va de los silos a la fosa de purines. La canalización directa entre ambas construcciones para la recogida de efluentes del ensilado supone una entrada desmesurada de agua de lluvia fácilmente subsanable; evitar la entrada directa de la lluvia a la rejilla de comunicación.

Para cumplir normativa y mejorar el manejo de las deyecciones debe hacer una inversión de 38.647 €

Una vez realizadas estas inversiones, para un cálculo más adecuado del almacenamiento necesario en el caso del purín y de la superficie necesaria para distribuirlo, se realiza un Plan Técnico de Abonado.

Actualmente, la fosa A la utiliza de la siguiente manera:

MES	cabezas purín	UGM	APORTE EXTERNO	PURÍN	ENTRADA (m ³)	ENTRADA acumulada (m ³)	SALIDA (m ³)	SALIDA (UFN)
ENERO	67,00	67,00	91,34	150,75	242,09	242,09	0	
FEBRERO	67,00	67,00	74,53	150,75	225,28	467,36	0	
MARZO	67,00	67,00	56,15	150,75	206,90	674,26	648	1673,33
ABRIL	67,00	67,00	73,74	150,75	224,49	250,75	0	
MAYO	67,00	67,00	55,99	150,75	206,74	457,49	0	
JUNIO	67,00	67,00	36,04	150,75	186,79	644,28	648	1673,33
JULIO	67,00	67,00	33,56	150,75	184,31	180,58	0	
AGOSTO	67,00	67,00	41,38	150,75	192,13	372,71	0	
SEPTIEMBRE	67,00	67,00	54,13	150,75	204,88	577,59	0	
OCTUBRE	67,00	67,00	68,60	150,75	219,35	796,94	648	2231,10
NOVIEMBRE	67,00	67,00	102,48	150,75	253,23	402,16	0	
DICIEMBRE	67,00	67,00	104,20	150,75	254,95	657,11	0	
	804,00		792,11	1.809,00	2.133,75	5.013,87	1.944,00	5.577,75

** Según esto en Diciembre se tiene que vaciar la fosa.

Aunque la medida más eficaz es la de ampliar la capacidad de la fosa, también es la medida más compleja. Así que se tiene en cuenta la posibilidad de eliminar el máximo todos los aportes externos de agua que van a la fosa. De esta manera la nueva situación es la siguiente:

MES	cabezas purín	UGM	APORTE EXTERNO	PURÍN	ENTRADA (m ³)	ENTRADA acumulada (m ³)	SALIDA (m ³)	SALIDA (UFN)
ENERO	67,00	67,00	37,13	150,75	187,88	187,88	0	0
FEBRERO	67,00	67,00	32,53	150,75	183,28	371,16	0	0
MARZO	67,00	67,00	27,51	150,75	178,26	549,42	648	1673,33
ABRIL	67,00	67,00	32,32	150,75	183,07	84,48	0	0
MAYO	67,00	67,00	27,46	150,75	178,21	262,70	0	0
JUNIO	67,00	67,00	22,01	150,75	172,76	435,46	0	0
JULIO	67,00	67,00	21,33	150,75	172,08	607,54	648	2231,10
AGOSTO	67,00	67,00	23,47	150,75	174,22	133,75	0	0
SEPTIEMBRE	67,00	67,00	26,95	150,75	177,70	311,46	0	0
OCTUBRE	67,00	67,00	30,91	150,75	181,66	493,12	648	1673,33
NOVIEMBRE	67,00	67,00	40,17	150,75	190,92	36,04	0	0
DICIEMBRE	67,00	67,00	40,64	150,75	191,39	227,44	0	0
	804,00		362,44	1.809,00	1.800,28	3.141,41	1.944,00	5.577,75

Como se puede observar la capacidad de la fosa ahora es la adecuada pudiendo incluso pasar todo el invierno sin tener que vaciar la fosa en los meses de mayor pluvio metría.

Haciendo lo mismo en la fosa B, se observa que esta si tiene la capacidad adecuada.

En lo que se refiere al aporte de los abonos a los cultivos, de la superficie con la que cuenta la explotación hay un 30% en la que por normativa no puede distribuir purines ni estiércoles, por lo que la superficie útil es de 45,07 has.

La recomendación sería por finca y a modo de ejemplo para una pradera con una superficie útil de 2 has, en la que se realizan 2 cortes de silo y pastoreos, el primer corte de 5 toneladas MS/ha (56.000 kg de hierba) y el segundo de 3 toneladas de MS/ha (34.000 kg de hierba) sería la siguiente:

- Entre febrero y marzo se distribuirán 52.000 litros de purín cubriendo el resto de necesidades con abono mineral, aportando 86 kg de nitrógeno y 114 kg de potasio.

- Entre mayo y junio se distribuirán 34.000 litros de purín cubriendo el resto con abono mineral aportando, 86 kg de nitrógeno y 172 kg de potasio.
- En septiembre y octubre se hace un último aporte de 34.000 litros de purín.

Si se tiene en cuenta el Coeficiente de Equivalencia (efecto directo y retardado) de abono orgánico a mineral se podrá hacer una primera estimación económica de manera que:

Aporte de purín = 120 m³ lo que equivale a 60 m³/ha

120 m³ * 3,7 kg N/m³ = 444 kg N; 444 kg N * 0,35 + 444 * 0,40 = **488,4 U.F.N.**

120 m³ * 1,9 kg P₂O₅/m³ = 228 kg P; 228 kg P₂O₅ * 0,85 = **193,8 U.F.P.**

120 m³ * 3,8 kg K₂O/m³ = 456 kg K; 456 kg K₂O * 1,00 = **456 U.F.K.**

Este aporte comparado con el precio del abono mineral tiene un coste aproximado de : **495,52 €**
Además anualmente la explotación produce 1.809 m³ de purín con un valor de **5.452,44 €** si se compara con el abono mineral y del mismo modo, en la explotación se producen 299,20 toneladas de estiércol al año el cual tiene un valor aproximado de **1.734,43 €**

Conclusiones:

Como principales conclusiones del trabajo se pueden enumerar:

- Antes de optar por grandes soluciones conjuntas hay que tener en cuenta qué sucede dentro de cada explotación.
- La gestión de las deyecciones empieza por una gestión integrada partiendo siempre de la minimización del volumen a almacenar.
- La gestión de las deyecciones es un trabajo conjunto entre el ganadero y el técnico.
- El Plan de Abonado es una herramienta útil para toda explotación; determina el manejo del abonado de las fincas y el almacenamiento necesario.
- Todas las medidas tienen un coste económico que repercute en el coste de producción, en este caso en el litro de leche.
- Las explotaciones ganaderas no sólo deben cumplir una normativa sobre deyecciones sino que debe preocuparse por lo que producen (características y cantidad) y de cómo gestionarlo.

Bibliografía:

CAMPOS POZUELO, E.; PALATSI CIVIT, J.; ILLA ALIBES, J.; SOLE MAURI, F.; MAGRI ALOY, A.; FLOTATS RIPIO, X., 2004. Guia dels tractaments de les dejeccions ramaderes. Lleida.

MERINO MERINO, D.; BERANO URDANGARIN, N. 2006. Cuantificación y caracterización de los residuos ganaderos de Guipúzcoa. Laboratorio Agroambiental de Fraisoro. Zizurkil (Guipúzcoa).

IRANETA, I.; SANTOS, A.; ABAIGAR, A. 2002. Purín de porcino ¿fertilizante o contaminante?. Navarra Agraria Nº **132**, 9-26.

PEREZ DE CIRIZA, J.J. 2005. Elección de la cisterna de purín y sus equipamientos de reparto. Navarra Agraria Nº **145**, 5-10.

PINTO, M.; LEKUONA, A.; BESGA, G.; NEIKER. 2002. Inventario de residuos orgánicos de la Comunidad Autónoma del País Vasco. Año 2001. Vitoria-Gasteiz.

FIRST STEPS IN MANURE AND SLURRY MANAGEMENT IN A DAIRY FARM

Summary:

During the year 2006 and from SERGAL S. Coop. in collaboration with U.A.G.A., Diputación Foral de Alava and Basque Government developed the 'Study of management of dung of Alava'.

This study arises as response to the worry of the sector for the management of the manures that produces and with the premise of which Alava has surface more than sufficient to absorb the dung that produces according to the "Inventory of organic residues of the Autonomous Community of the Basque Country. Year 2001 ", realized by NEIKER (Pinto et al., 2002)

The final aim of the study is to use the manures for the fertilization of meadows and farming lands; to recycle these by-products avoiding environmental problems and to optimize the cost of their elimination.

To obtain this aims there appeared a plan of performance and an organizational model based principally on the adequacy of the infrastructures to minimize the production of by-product to managing and optimizing their agricultural appraisalment.

Finally, there is chosen a farm of cows of milk and there is done an analysis of its situation as for management of dungs offering an alternative to the current managing.

As conclusion, there remains clear the need of an integrated management of the manures inside the farm and the importance of the minimization of the production of by-products.

Key words: Dung, manure, integrated management, minimization and external contributions.

LOCALIZACIÓN DE PASTOS Y EXPLOTACIONES GANADERAS DE GIPUZKOA CON MAYOR INTERÉS PARA REDUCIR LA CONTAMINACIÓN DIFUSA DE LAS AGUAS POR NITRÓGENO

Oscar del Hierro¹, Ainara Artetxe¹, Mikel de Francisco² y Miriam Pinto¹

¹ NEIKER – Tecnalía / Dpto. de Agroecosistemas y Recursos Naturales
Parque Tecnológico de Zamudio – P. 812
Berreaga, 1. 48160 Derio (Bizkaia)
Telf.: +34 902 540 546 Fax: +34 902 540 547
odelhierro@neiker.net

² IKT Nekazal Ikerketa eta Teknologia
Granja Modelo. 01192 Arkaute (Araba)
Telf.: +34 945 003 279 Fax: +34 945 003 290

Resumen

La intensificación ganadera de la Comunidad Autónoma Vasca ha dado lugar a impactos ambientales en el sistema suelo-planta-atmósfera y, por tanto, a un creciente interés en delimitar las zonas con mayor riesgo de generar contaminación de origen difuso. Mediante la adaptación de índices de escorrentía y lixiviación a las características y fuentes de información del territorio histórico de Gipuzkoa, se delimitaron 8443 ha de pastos (32 % del total) con riesgo alto de exportación de N a los cursos de agua y se localizaron 407 explotaciones ganaderas ligadas a la tierra (10 % del total) que presentaban mayor interés de cara a reducir la contaminación difusa de las aguas por N, porque contribuían en un 24 % a la generación de N procedente de deyecciones ganaderas de Gipuzkoa y porque representaban el 56 % de los pastos con riesgo alto-muy alto de contaminación de aguas por N. Esta aproximación a la localización de los pastos y de las explotaciones más problemáticas para la contaminación de aguas constituye el primer paso para realizar, en un trabajo posterior, un estudio *in situ* de las mismas con mayor detalle, de cara a mejorar la gestión de la fertilización en los pastos de Gipuzkoa.

Palabras clave: nitrógeno, N, contaminación difusa, índice de escorrentía, índice de lixiviación, explotaciones ganaderas, purines y estiércoles

Introducción

En los últimos años la tendencia europea ha conducido a la intensificación ganadera, dando lugar a un incremento del número de cabezas de ganado que no se ha visto acompañado de un aumento proporcional de la Superficie Agrícola Útil (SAU) en las explotaciones ganaderas. Esta intensificación ha derivado en problemas medioambientales en el sistema suelo-planta-atmósfera, por vertidos de origen bien puntual, bien difuso. La contaminación agraria de origen difuso hace referencia a la materia orgánica, nutrientes y productos tóxicos que alcanzan los cursos de agua a través de la erosión, la escorrentía superficial y la lixiviación.

Se han realizado esfuerzos por modelizar la contaminación difusa y determinar, de esta forma, tanto las zonas con mayor riesgo de contaminación de aguas por contaminación difusa, como las prácticas de manejo que más influyen en estos procesos con el fin de poder controlarla y minimizarla. Algunos de estos modelos e índices se centran en la contaminación de aguas por N y P (Lemunyon and Gilbert, 1993; Heathwaite *et al.*, 2000; Sharpley *et al.*, 2003). En un principio los estudios se centraron en el N, debido por un lado a la alta solubilidad y movilidad del nitrato y, por otro lado, a los problemas que podía causar en la salud humana. De hecho, existe normativa que limita, tanto los aportes de N a los suelos agrícolas (según la Directiva 91/676/CEE, no se pueden aportar más de 170 kg N ha⁻¹ en forma de abonos orgánicos), como

las concentraciones de N en las aguas (según el R. D. 1138/1990, la concentración máxima admisible en aguas para consumo es de $50 \text{ mg NO}_3^- \text{ L}^{-1}$ y de $0,5 \text{ mg NH}_4^+ \text{ L}^{-1}$).

En este contexto, se enmarca la Comunidad Autónoma Vasca, cuya SAU se estima suficiente para la gestión de los residuos ganaderos en forma de abonos. No obstante, coexisten comarcas excedentarias que superan 170 kg N ha^{-1} de densidad ganadera (fundamentalmente en Gipuzkoa y Bizkaia), con comarcas deficitarias (sobre todo, en Araba) (Lekuona *et al.*, 2001).

Mediante este trabajo se pretende, por un lado, adaptar índices de escorrentía y lixiviación al territorio histórico de Gipuzkoa para estimar la superficie de pastos sometidos a diferentes riesgos de exportación de N a aguas y, en función de éstas superficies, caracterizar las explotaciones de Gipuzkoa ligadas a la tierra con mayor riesgo de exportación de N a aguas, para realizar, en un trabajo posterior, un estudio *in situ* de las mismas con mayor detalle.

Materiales y Métodos

Información de partida

Se partió de información procedente de la Administración (Gobierno Vasco y Diputación Foral de Gipuzkoa), sobre todas las explotaciones ganaderas de Gipuzkoa ligadas a la tierra (bovino, ovino, caprino y equino) y sobre sus parcelas: identificación, localización y censo ganadero de explotaciones; localización cartográfica de parcelas y uso del suelo (SIGPAC); cartografía temática de cursos de agua (escala 1:5000), pendientes (1:10000) y de litología, permeabilidad y acuíferos (escala 1:25000). Por otra parte, la cartografía relativa al contenido en materia orgánica en suelos se tomó del “Inventario de carbono orgánico en suelos y biomasa en la Comunidad Autónoma del País Vasco” (2005).

Finalmente, se trabajó con todas las explotaciones ganaderas ligadas a la tierra de Gipuzkoa (3948 explotaciones), que declaraban utilizar 33336 parcelas de pastos (26759 ha). Toda la información cartográfica se gestionó mediante el programa ArcGIS 8.2.

Factores de transporte: Índice de escorrentía e Índice de lixiviación

Mediante esta información básica se calcularon dos índices relativos al riesgo de exportación de N a cursos de agua debidos a factores relacionados con la generación de flujos de agua (factores de transporte): el índice de escorrentía y el índice de lixiviación. El proceso para su obtención es una modificación del desarrollado por otros autores (Lemunyon and Gilbert, 1993; Heathwaite *et al.*, 2000; Sharpley *et al.*, 2003), para poder adecuarlos a los datos disponibles en Gipuzkoa y a los objetivos del presente trabajo.

Cada índice integraba varios factores de transporte relacionados con la generación de flujos de escorrentía o lixiviación, por características inherentes al terreno. A cada factor de transporte se le asignó un valor (nulo (0), bajo (1), moderado (2), alto (4) y muy alto (8)), en función del menor o mayor riesgo que suponía para la exportación de N. El riesgo conjunto de los factores de transporte se calculó sumando el valor asignado a cada uno de ellos (Tabla 1).

En el índice de escorrentía se integraron los factores de transporte relacionados con la generación de escorrentía superficial, mientras que en el índice de lixiviación se integraron los factores de transporte relacionados con la generación de flujos de lixiviación (Tabla 1).

El “runoff-class” o tipo de escorrentía se basa en la estimación directa de la escorrentía superficial de una lluvia aislada a partir de las características del suelo (pendiente, grupo hidrológico), uso del mismo y de su cubierta vegetal (U.S. Soil Conservation Service). Por otra parte, el factor K de erosionabilidad, de la ecuación universal de pérdidas de suelo por erosión, se estimó mediante la ecuación simplificada propuesta por Knisel (1992), que considera la

textura, la estructura y la permeabilidad del suelo. Las texturas se estimaron, principalmente, en función de la litología de los suelos.

Tabla 1. Factores relacionados con el transporte del N por escorrentía y por lixiviación, así como los valores asignados a cada uno de ellos y su interpretación.

Índice de escorrentía: Factores de transporte de N	Valores asignados a cada factor				
	Muy Bajo (0)	Bajo (1)	Moderado (2)	Alto (4)	Muy Alto (8)
Distancia a los cursos de agua	> 170 m	130-170 m	80-130 m	30-80 m	< 30 m
Runoff Class	0	1	2	4	8
Factor K	< =26	27 – 31	32 – 34	35 – 37	38 – 39
Interpretación					
Suma factores de transporte por escorrentía		0-2	3-8	9-14	>14
Interpretación del índice de escorrentía		Bajo	Moderado	Alto	Muy Alto
Índice de lixiviación: Factores de transporte de N	Valores asignados a cada factor				
	Muy Bajo (0)	Bajo (1)	Moderado (2)	Alto (4)	Muy Alto (8)
Textura		Arcillosa, Arc.-limosa	Fr.-arc., Fr.-arc-lim., Limosa, Arc.-aren.	Fr.-aren., Franca, Fr.-lim., Fr.-arc-aren	Arenosa, Aren.-franca
Permeabilidad		Impermeable	Baja por fisuración o porosidad	Media por fisuración o porosidad	Alta por fisuración o porosidad
Distancia a los acuíferos	> 170 m	130-170 m	80-130 m	30-80 m	< 30 m
Pendiente		> 15 %	8-15 %	5-8 %	< 5 %
Interpretación					
Suma factores de transporte por lixiviación		0-10	11-16	17-22	>22
Interpretación del índice de lixiviación		Bajo	Moderado	Alto	Muy Alto

Ambos índices se combinaron para integrarlos en un único índice de exportación de N por factores de transporte, asumiendo que el riesgo global venía dado por el más limitante de los dos índices (Tabla 2).

Tabla 2. Riesgo por factores de transporte (índice de exportación de N por factores de transporte) resultante de la combinación del índice de escorrentía y del índice de lixiviación.

Índice de Escorrentía	Índice de Lixiviación	Índice de exportación de N por Factores de Transporte
Bajo	Bajo	Bajo
Bajo/Moderado	Moderado/Bajo	Moderado
Moderado	Moderado	
Bajo/Alto	Alto/Bajo	
Moderado/Alto	Alto/Moderado	Alto
Alto	Alto	
Bajo/Muy Alto	Muy Alto/Bajo	
Moderado/Muy Alto	Muy Alto/Moderado	
Alto/Muy Alto	Muy Alto/Alto	Muy Alto
Muy Alto	Muy Alto	

Factores de origen e Índice global de exportación de N

Finalmente, se combinó el índice de exportación de N por factores de transporte con factores relativos a la cantidad de N presente en el suelo (factores de origen) para dar lugar a un único índice (índice global de exportación de N) que representaba el riesgo global, por factores de transporte y de origen, de exportación de N procedente de pastos a cursos de agua (Tabla 3).

Los factores de origen, relacionados con la actividad antrópica, fueron las cantidades de fertilizante nitrogenado orgánico y mineral aplicados. Por un lado, el fertilizante orgánico se estimó en función del tipo de ganado y su número en cada explotación (Tabla 4) y de las distancias entre ésta y sus parcelas, considerando que las dosis aplicadas eran menores a medida que la distancia a las parcelas era mayor. Por otro lado, se estimó que el fertilizante mineral aportado era de 40 kg N ha⁻¹ en los pastos, salvo en aquéllos situados a más de 600 m de altitud y con más del 20 % de pendiente, en los que se estimó que no había aporte de N mineral.

Tabla 3. Riesgo global (índice global de exportación de N) resultante de factores de transporte y factores de origen.

Índice de exportación de N por Factores de Transporte	Factores de Origen (kg N ha ⁻¹)	Índice Global de Exportación de N
Bajo o Moderado	0	Muy Bajo
Alto o Muy Alto	0	
Bajo o Moderado	0-170	Bajo
Alto o Muy Alto	0-170	
Bajo o Moderado	170-300	Moderado
Alto o Muy Alto	170-300	
Bajo o Moderado	>300	Alto
Alto o Muy Alto	>300	Muy Alto

Tabla 4. Cantidad anual de N excretado por cada tipo de animal considerado (kg N año⁻¹ cabeza⁻¹).

Bovino			
Edad (meses)	Sexo	Aptitud	kg N año ⁻¹
< 12	Hembras/Machos	Carne/Leche	25
12-24	Hembras/Machos	Carne/Leche	40
> 24	Hembras/Machos	Vacas de carne, Sementales, bueyes de engorde	70
> 24	Hembras	Leche (paridas y no paridas)	112
Otras especies			
Especie	Descripción		kg N año ⁻¹
	Ovejas madre y Cabras madre		10
Ovino y Caprino	Resto ovino (lechales, machos) y caprino (cabritos, chivos)		5
Equino	Equinos < 6 meses		25
	Equinos 6 – 24 meses		60
	Equinos > 24 meses		80

Resultados y Discusión

Considerando las 33336 parcelas declaradas como praderas o pastizales (26759 ha), se obtuvo el índice global de exportación de N, que representa los riesgos de exportación de N a cursos de agua por factores de transporte y origen (Tabla 5).

Aproximadamente un tercio de la superficie empleada como pasto (8443 ha ó 32 %) estaba sometido a un riesgo alto-muy alto porque se estimaba que recibía aplicaciones mayores de 170 kg N ha⁻¹ (Tabla 5), es decir, se sobrefertilizaba y, en algunos casos, se trataba de pastos con riesgo alto-muy alto de exportación de N por factores de transporte (6228 ha).

Cerca de un tercio (35 %) de la superficie empleada como praderas y pastizales estaba sometido a un riesgo entre bajo y muy bajo (Tabla 5). Es decir, en estos pastos bien no se aplicaba N o bien se aplicaban menos de 170 kg N ha⁻¹ y los riesgos de transporte por escorrentía y lixiviación eran bajos-moderados, por tanto, se podría considerar que la gestión de las deyecciones era correcta e incluso que existía una infrautilización del terreno.

El otro tercio (34 %) de los pastos estaba sometido a un riesgo moderado. Entre estos pastos se encontraban tanto praderas sobrefertilizadas (170-300 kg N ha⁻¹) pero con bajo-moderado riesgo de transporte de N (3084 ha), como pastos que no se sobrefertilizaban (< 170 kg N ha⁻¹) pero que se encontraban en terrenos con riesgos altos-muy altos de transporte (5979 ha). En estos últimos pastos, habría que evaluar si la aplicación de los 170 kg N ha⁻¹ total establecidos como límite en la Directiva 676/91 sería admisible (Tabla 5).

Tabla 5. Superficie de pastos sometidos a diferentes riesgos de exportación de N a aguas, debido a factores de transporte y de origen (índice global de exportación de N).

Índice Global de Exportación de N	Superficie (ha)	
	Absoluto	Porcentaje
Muy Bajo-Bajo	9253	34,6
Moderado	9063	33,9
Alto-Muy Alto	8443	31,5
TOTAL	26759	100,0

Teniendo en cuenta que la superficie media de los pastos de Gipuzkoa era de 6 ha por explotación, se diferenciaron las explotaciones cuyos pastos sometidos a riesgos de exportación de N altos-muy altos superaban las 6 ha (Tabla 6 y Figura 1), a fin de separar las explotaciones con mayor importancia en la contaminación difusa por N en Gipuzkoa. En este grupo había 407 explotaciones que sumaban un 56 % de la superficie total de riesgo alto-muy alto y en las que se generaba el 44 % del N total generado en Gipuzkoa (Tabla 6). Este grupo presentaba una carga anual media por deyecciones de 345 kg N ha⁻¹ y en el 87 % de las mismas era superior a los 170 kg N ha⁻¹ mencionados como límite en la Directiva 676/91/CEE. De modo, que, en general, eran explotaciones en las que no se podían gestionar las deyecciones correctamente si se utilizaban sólo en los pastos declarados por la propia explotación.

Tabla 6. Características de explotaciones con más de 6 ha sometidas a riesgo alto-muy alto de exportación de N a cursos de agua.

	Valores absolutos	Respecto a Gipuzkoa (%)
Número de explotaciones	407	10,3
Superficie de pasto con riesgo alto-muy alto (ha)	4746	56,2
Superficie media de pasto por explotación (ha)	17,8	-
N generado en forma de deyecciones (Mg año ⁻¹)	2256	44,3
N en forma de deyecciones por explotación (Mg año ⁻¹)	5544	-
Carga anual media por deyecciones (kg N ha ⁻¹ año ⁻¹)	345	-

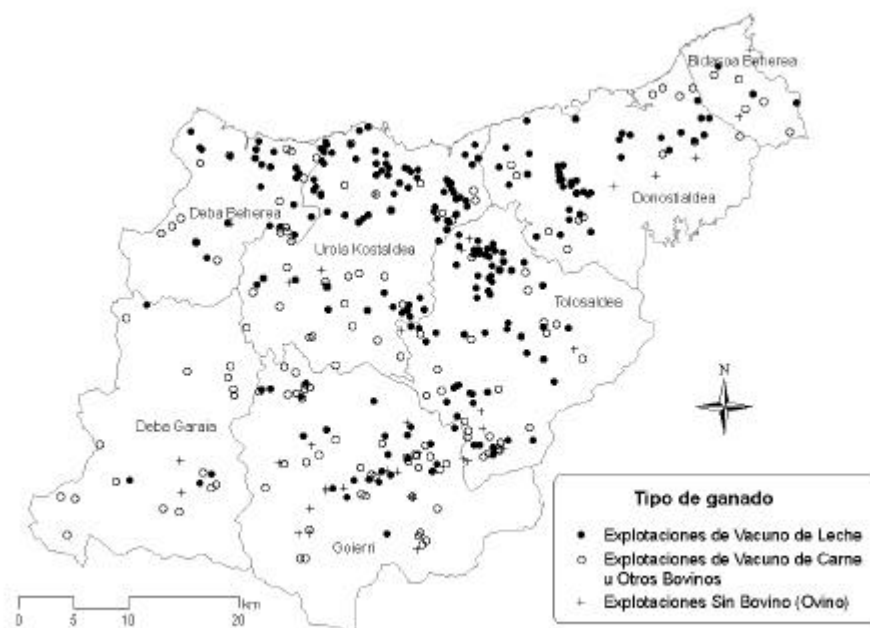


Figura 1. Localización (por comarcas de Gipuzkoa) y tipo de ganado de las 407 explotaciones ganaderas con más de 6 ha sometidas a riesgo alto-muy alto de exportación de N a cursos de agua.

En cuanto al tipo de ganado presente en estas 407 explotaciones (Figura 1), en el 90 % había alguna cabeza de bovino, siendo más de la mitad de las explotaciones de vacuno de leche (56,3 %) y un tercio (33,7 %) de vacuno de carne.

Dentro de este grupo de explotaciones, más de la mitad del N procedente de deyecciones ganaderas era generado por las vacas de leche (53 %), mientras que las vacas de carne y el ovino generaban un 14 % y 17 %, respectivamente. Además, las vacas de leche de este grupo de explotaciones contribuían en un 24 % a la generación de N total procedente de deyecciones de Gipuzkoa por explotaciones ligadas a la tierra (5096 Mg año^{-1}).

Conclusiones

Se estima que cerca de un tercio de la superficie de pasto del territorio histórico de Gipuzkoa está sometida a riesgos altos de exportación de N a cursos de agua, por lo que se debe prestar mayor atención a la gestión de estiércoles y purines en los mismos.

La mejora de la gestión del N procedente de deyecciones ganaderas en explotaciones de Gipuzkoa ligadas a la tierra debe enfocarse, en primer lugar, a las explotaciones de vacuno de leche pues son las que más contribuyen a la generación de deyecciones y las que presentan mayor superficie de pastos con riesgo alto de contaminación de aguas por N.

No obstante, debería estudiarse *in situ* el estado de los pastos, comenzando por las 407 explotaciones consideradas de mayor riesgo, para verificar si las estimaciones realizadas en base a los índices de esorrentía y lixiviación y a los factores de origen se aproximan a la realidad.

Bibliografía

DIRECTIVA DEL CONSEJO 676/91, de 12 de diciembre de 1991, relativa a la protección de las aguas contra la contaminación producida por nitratos utilizados en agricultura (DOCE, nº L 375, de 31/12/91).

GBUREK, W.J., A. N. SHARPLEY, A. L. HEATHWAITE AND G. FOLMAR. 2000. Phosphorus management at the watershed scale. *J. Environ. Qual.* 29:130-144.

HEATHWAITE, L., A. SHARPLEY AND W. GBUREK. 2000. A conceptual approach for integrating phosphorus and nitrogen management at watershed scales. *J. Environ. Qual.* 29:158-166.

Inventario de carbono orgánico en suelos y biomasa en la Comunidad Autónoma del País Vasco. 2005. Ed. Gobierno Vasco (Dpto. de Ordenación del Territorio y Medio Ambiente y Dpto. de Agricultura y Pesca), IHOBÉ (Sociedad Pública de Gestión Ambiental) y NEIKER (Instituto Vasco de Investigación y Desarrollo Agrario). Serie Programa Marco Ambiental nº 48. (disponible en www.ingurumena.net).

KNISEL, W.G. 1992. GLEAMS: Groundwater loading effects of agricultural management systems. Version 3.0. User Manual. Tifton, Georgia.

LEMUNYON, J.L. AND R.G. GILBERT. 1993. The concept and need for a phosphorus assessment tool. *Journal of Production Agriculture* 6(4):483-496.

REAL DECRETO 1138/1990, de 14 de septiembre, por el que se aprueba la Reglamentación técnico-sanitaria para el abastecimiento y control de calidad de las aguas potables de consumo público.

SHARPLEY, A.N., J. L. WELD, D.B. BEEGLE, P.J.A. KLEINMAN, W.J. GBUREK, P.A. MOORE, JR. AND G. MULLINS. 2003. Development of phosphorus indices for nutrient management planning strategies in the United States. *Journal of Soil and Water Conservation* 58 (3):137-152.

Agradecimientos

Agradecemos la información facilitada al Gobierno Vasco, al Laboratorio Agrario de Fraisoro y a la Diputación Foral de Gipuzkoa, la cual también financió este estudio.

VALORACION AGRONOMICA DE LOS PURINES DE VACUNO LECHE EN EL AREA ATLANTICA. RESULTADOS PRELIMINARES

Jesús M^a Mangado, Ainara Barbería, Amaia Granada
ITG Ganadero. Avda. Serapio Huici, 22 Edif. Peritos. 31610 Villava (Navarra).
Tfno: 948013050 Fax: 948013051 correo e: jmangado@itgganadero.com

Resumen

El control y disminución del impacto ambiental de las actividades económicas es un tema de interés creciente en la sociedad actual. En el sector primario la utilización como fertilizante de los residuos orgánicos generados por la actividad ganadera constituye una oportunidad para transitar hacia la sostenibilidad ambiental y económica. Con el objetivo de conocer el valor fertilizante de los purines generados en explotaciones de vacuno leche y la posibilidad de sustituir una parte de las aportaciones de nitrógeno de origen químico en el abonado de praderas permanentes, se planteó una experiencia que se lleva a cabo en la localidad de Oskotz, dentro del área atlántica de Navarra. En ella se combinan aportaciones de purín procedente de explotaciones de vacuno de leche con aportaciones fertilizantes de nitrógeno de origen químico en dos épocas de aplicación. La eficiencia se mide por la producción total de biomasa obtenida por siega y por su contenido en nitrógeno. En esta comunicación se presentan los resultados preliminares de esta experiencia. Los resultados obtenidos indican que el purín de vacuno de leche es una fuente para la fertilización nitrogenada de las praderas, con eficiencias ligeramente inferiores a las del nitrógeno mineral en aportaciones precoces y mucho menores en aplicaciones tardías.

Se encuentran eficiencias razonables para la transformación en masa vegetal de ambas fuentes de nitrógeno (orgánico y mineral), tanto en aplicaciones precoces como tardías, si a la aportación de purín se le acompaña con aplicaciones ligeras de nitrógeno de origen químico.

Se constata la dificultad que presenta el tránsito de los equipos de aplicación sobre los suelos de las parcelas, fundamentalmente en las aplicaciones precoces.

Palabras clave: purines, vacuno leche, praderas, fertilización, clima atlántico

Introducción

En los últimos años las explotaciones de vacuno de leche de la cornisa cantábrica han evolucionado hacia notables incrementos del número de cabezas por explotación y de la producción individual por vaca. Al contrario, los incrementos de la base territorial han sido pequeños. Las estabulaciones en cama caliente, debido a los costes de los materiales de adsorción, se han sustituido por estabulaciones en cubículos, generando un residuo orgánico fluido (purín) de almacenamiento y manejo más complicado que el estiércol sólido. El uso eficiente del purín como fertilizante agrícola supone el reciclaje de un residuo de la actividad ganadera, minimizando su impacto ambiental, y una oportunidad para las explotaciones de disminuir la dependencia de compras exteriores. Todo ello hará transitar a las explotaciones hacia una producción más sostenible (Mangado *et al.*, 2006).

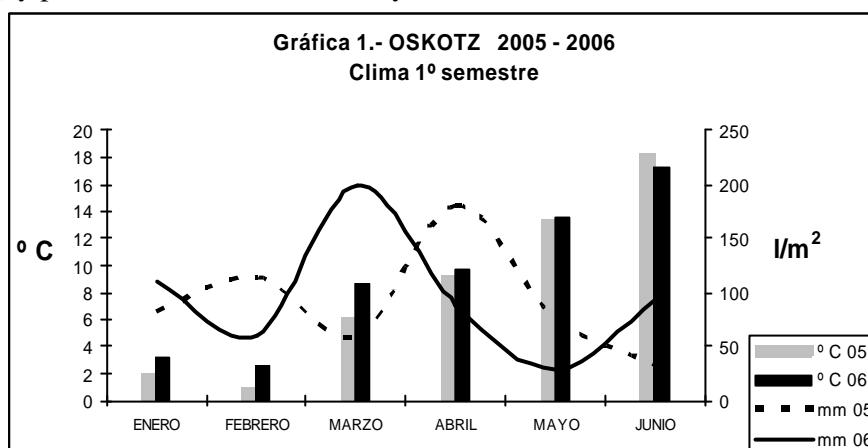
Los resultados que se presentan en esta comunicación se han obtenido dentro de un proyecto de investigación que tiene por objetivos, entre otros, el conocer la incidencia productiva sobre praderas atlánticas que tiene la sustitución de aportes de nitrógeno de síntesis química por purín de vacuno leche y conocer la evolución del nivel fertilizante de los suelos de pradera por el aporte reiterado de purín. Con ello se tendrá el conocimiento suficiente como para ajustar las recomendaciones del uso del purín de vacuno leche como fertilizante agrícola sobre praderas atlánticas.

La experiencia se desarrollará a lo largo de tres años. En esta comunicación se presentan los resultados preliminares obtenidos en los dos primeros (2005 y 2006).

Materiales y métodos

Los trabajos se llevan a cabo en la localidad de Oskotz (Navarra) , con clima de influencia atlántica pero con aguas vertientes al mediterráneo.

La parcela sobre la que se actúa está situada a 520 m.s.n.m. y es una pradera natural, de fondo de valle, sobre la que se lleva un manejo clásico de dos siegas en primavera (ensilado, henificado) y pastoreo con ovino en verano y otoño.



En la composición botánica de la pradera predominan *Lolium perenne*, *Bromus squarrosus* y *Poa trivialis* entre las gramíneas y *Trifolium repens* en leguminosas. Acompañan las gramíneas *Festuca* sp. y *Setaria* sp. y *Cerastium glomeratum*, *Taraxacum dens-leonis*, *Plantago lanceolata*, *Capsella bursa-pastoris*, *Rumex obtusifolius*, *Cirsium arvense* y *Ranunculus arvensis* de otras familias.

Los suelos son profundos, franco arcillo limosos, sin pedregosidad superficial ni en su perfil. Eso, unido a una orografía llana, conlleva a algún problema de encharcamiento en primavera y desarrollo de horizontes de reducción. Al inicio de la experiencia se tomaron muestras de los 8 primeros centímetros del perfil para su caracterización físico-química.

El planteamiento del ensayo es de cuatro tratamientos con purín de vacuno leche como eje principal y, transversalmente, tres tratamientos de abonado con nitrógeno mineral con tres repeticiones. Los tratamientos con purín, en bandas de 12 m de anchura, son:

- **P0** testigo sin aportación de purín
- **P1** aportación precoz de purín de vacuno leche
- **P2** aportación de purín de vacuno leche tras el primer corte de la pradera
- **P1 + P2** ambas aportaciones

Los tratamientos con nitrógeno mineral, con 4 m de anchura, son:

- **N0** testigo sin aportación de nitrógeno mineral
- **N1** aportación precoz de N mineral (NAC 27 %)
- **N2** aportación de N mineral (NAC 27 %) tras el primer corte de la pradera resultando, por tanto, 4 * 3 * 3 parcelas elementales de 12 * 4 m².

El trabajo de campo se llevó a cabo durante el primer semestre de los años 2005 y 2006. En la gráfica 1 se presentan los datos climáticos de estos períodos.

Las fechas y dosis aportadas en cada actuación se presentan en la tabla 1. En todas estas prácticas se ha actuado siguiendo las prácticas habituales de la zona.

Tabla 1.- Proyecto “purines”. Fechas de actuación y dosis

	P1		N1		C1		P2		N2		C2
	m ³ /ha		kg N/ha		m ³ /ha		kg N/ha				
2005	3/3	34	3/3	60	28/4	3/5	34	3/5	60	13/6	
2006	3/3	43.2	3/3	40.5	8/5	11/5	43.2	11/5	40.5	19/6	

P = aportación de purín // N = aportación de nitrógeno mineral // C = corte

Los purines utilizados proceden de una explotación de vacuno leche situada en las proximidades de la parcela experimental. Dispone de 480 vacas en producción en estabulación permanente sobre cubículos. El ordeño es robotizado y en la fosa de purín se recogen también las aguas de limpieza de lechería, tanques y equipos de ordeño.

La aplicación del purín fue en superficie, con cisterna y plato de distribución de 12 m de anchura de trabajo. Para calcular las aportaciones de purín se hizo un trabajo previo de correlación de la velocidad de avance del equipo y la dosis de purín aportada.

La composición de los purines utilizados en la experiencia se recoge en la tabla 2. En función de ello y de las dosis aplicadas se recogen en la tabla 3 las aportaciones de nitrógeno mineral y procedente del purín aportados en cada actuación.

Tabla 2.- Composición de purines de vacuno leche. Valores s/ producto fresco

	2005		2006	
	1ª aplicación	2ª aplicación	1ª aplicación	2ª aplicación
densidad (kg/m ³)	1012	1018	1020	1017
pH	6.7	6.7	6.65	6.54
materia seca (%)	2.42	6.21	6.54	5.3
materia orgánica (kg/m ³)	18.96	45.08	44.4	40.81
N-NH ₄ (kg/m ³)	1.19	1.21	1.3	1.03
N orgánico (kg/m ³)	0.99	1.08	1.38	1.65
N total (kg/m ³)	2.18	2.29	2.68	2.68
P ₂ O ₅ (kg/m ³)	0.51	1.78	0.79	0.72
K ₂ O (kg/m ³)	0.65	2.24	2.02	1.66
conductividad eléctrica (dS/m)	13.89	16.58	13.21	13.18

Tabla 3.- Proyecto “purines”. Aportaciones anuales de nitrógeno (N)

kg N/ha	2005		2006	
	1ª aplicación	2ª aplicación	1ª aplicación	2ª aplicación
N mineral	60	60	40.5	40.5
N orgánico	33.7	36.7	59.6	71.3
Purín N amoniacal	40.5	41.1	56.2	44.5
N total	74.2	77.8	115.8	115.8

Los controles de producción se hicieron por siega con motosegadora de 1,4 m de anchura, centrada sobre el eje mayor de cada parcela elemental y habiendo eliminado 1 m en cada cabecera. La producción se pesó en verde y se tomó una submuestra de cada parcela que se envió a laboratorio para determinar los parámetros: materia seca (ms), cenizas (MM), proteína bruta (PB), fibra bruta (FB) y fibra neutro detergente (FND).

La extracción de nitrógeno (kg N/ha) de las producciones obtenidas se calcula en función de su contenido en proteína bruta reducido al contenido de nitrógeno (factor 6,25) y se refiere únicamente al nitrógeno exportado por la biomasa cosechada.

La eficiencia aparente de N aplicado se calcula por el cociente de la diferencia de la producción de cada variante con respecto al testigo (P0N0) entre el nitrógeno total aportado en cada caso. En el caso de purines se toma el dato de nitrógeno total, sin diferenciar N orgánico y N amoniacal.

La analítica de suelos y forrajes se llevó a cabo en el Laboratorio Agrario de Navarra. La analítica de los purines utilizados se llevó a cabo en el laboratorio Agrolab Analítica (Navarra). Para el análisis estadístico de los datos se utilizó el paquete estadístico SPSS versión 8.0

Resultados y discusión

Suelos

En la tabla 4 se recogen las características iniciales de los suelos sobre los que se desarrolla la experiencia. Se trata de suelos franco arcillo limosos, algo pesados y con tendencia al encharcamiento en época de lluvias. Su densidad es relativamente baja, acorde con su alto contenido en materia orgánica. Sus niveles de fósforo y potasio son medios y el pH de los suelos, cercano a la neutralidad, no debe provocar problemas de bloqueo de nutrientes. Al finalizar la experiencia se tomarán muestras de los suelos de cada parcela elemental para estudiar la evolución de los parámetros de fertilidad buscando correlaciones con el manejo dado en los años de duración del proyecto.

Tabla 4.- Suelos en la experiencia “purines” (valores medios \pm error estándar)

densidad kg/l	pH	mat. org. %	C/N	P ₂ O ₅ ppm	K ₂ O ppm	C.E. dS/m	CIC cmol/kg
0.86 \pm 0.01	6.7 \pm 0.06	8.6 \pm 0.15	13.2 \pm 0.18	43.9 \pm 3.1	194 \pm 3.9	0.49 \pm 0.03	28.6 \pm 0.5

Producción (kg ms/ha)

En la tabla 5 se recogen los resultados de producción y extracción de nitrógeno obtenidos para cada corte, en cada año y para cada una de las variantes experimentales. Las producciones de las parcelas testigo son 4678 kg ms/ha en 2005 y 3825 kg ms/ha en 2006 ($p=0.841$ en 1º corte, $p=0.066$ en 2º corte).

Tabla 5.- Experiencia “purines”. Producción y extracción de nitrógeno

	Producción (kg ms/ha)				Extracción de nitrógeno (kg N/ha)			
	1º corte		2º corte		1º corte		2º corte	
	2005	2006	2005	2006	2005	2006	2005	2006
P0N0	2207a	2353a	2471a	1472ab	39.2 a	52.1a	32.5a	23a
P0N1	2869b	2950abc	2768a	1379a	60.9b	66.3abc	36.5ab	22.2a
P0N2		2488ab	5002c	2395abc		55.6ab	82.1f	41.5cde
P1N0	2848b	4357bcd	2419a	2013abc	53b	97.9bc	38.3ab	31.3ab
P1N1	3269b	4819cd	2231a	1842abc	72.8c	106.4c	33.9a	31.1ab
P1N2		3696abcd	4249c	2646bc		79.9abc	67de	48.8de
P2N0		2672ab	2761a	1722abc		58.1ab	42ab	32.4ab
P2N1		4189abcd	3161ab	2306abc		94.1abc	49.9bc	40bc
P2N2		3060abcd	4034bc	2863c		68.7abc	60.5cd	50.7de
(P1+P2)N0		4105abcd	2633a	1838abc		92.2abc	39.8ab	44.9cde
(P1+P2)N1		4905d	2740a	1801abc		105.8c	43.6ab	43.5cde
(P1+P2)N2		3394abcd	4067bc	2269abc		77.1abc	76.5ef	56.7e

En la misma columna valores seguidos por distinta letra difieren significativamente ($p<0,05$) Duncan

Las producciones de primer corte de las parcelas testigo en 2005 suponen el 94 % de las de 2006 debido posiblemente a las menores temperaturas de los meses de Marzo y Abril. Al contrario, las producciones de segundo corte de 2006 suponen el 60 % de las de 2005 debido probablemente a la escasa precipitación habida en Abril - Mayo de 2006.

En primer corte, en 2005, la producción responde significativamente a las aportaciones de nitrógeno sea cual sea su naturaleza. En el caso de darse las dos aportaciones de forma conjunta se observa la tendencia a incrementarse la producción. En el primer corte de 2006 la producción solamente responde significativamente a la aportación conjunta de N mineral y orgánico (P1N1). En segundos cortes, en 2005, la producción responde significativamente a la aportación de nitrógeno mineral (N2). A la aportación de purín (P2) solamente responde si acompaña a la aportación de N mineral. En 2006 la producción tiende a incrementarse con la aportación de nitrógeno mineral (N2) y en menor medida, casi nula, con la aportación de purín (P2).

Extracción de nitrógeno (kg N/ha)

En ambos cortes y en los dos años de experiencia, se obtiene respuesta a cualquier aportación de nitrógeno (mineral u orgánico) y significativamente a su aportación conjunta (P2N2).

Efecto residual del N aportado por el purín

En los segundos cortes de cada año no se encuentran diferencias significativas entre las producciones P2Ni y las producciones (P1+P2)Ni. Se puede concluir que, dentro de cada año, no se encuentran efectos residuales del nitrógeno aportado por una aplicación de purín para preparar un aprovechamiento sobre la producción de aprovechamientos posteriores.

Eficiencia aparente del N aplicado

En la tabla 6 se recogen las eficiencias aparentes de la transformación del nitrógeno aportado en producción de materia seca recolectada. En primer corte se consiguen mejores eficiencias en 2006 mientras en segundo corte las mejores eficiencias se consiguen en 2005. Esto es coincidente con las más favorables condiciones climáticas (mayor precipitación, mayor temperatura media) de los meses de Marzo y Abril de 2006 frente a los mismos meses de 2005 y mayor precipitación del mes de Mayo de 2005 frente al mismo mes de 2006.

Tabla 6.- Eficiencia aparente del N aportado (kg ms/kg N total aportado)

tratamiento	corte 1°		tratamiento	corte 2°	
	2005	2006		2005	2006
P1	8.6	17.3	P2	3.7	2.2
N1	11	14.7	N2	42.2	22.8
P1N1	7.9	16.4	P2N2	11.3	8.9

Se obtienen mejores eficiencias con el nitrógeno mineral que con el aportado por el purín salvo en el primer aprovechamiento de 2006 en el que las segundas superan a las primeras en 2,5 puntos.

Cabe resaltar la muy buena eficiencia del nitrógeno mineral aportado para preparar el segundo aprovechamiento en ambos años de estudio y la muy baja eficiencia de la aportación de purín en la misma situación, siendo esta eficiencia menor (2.2) cuanto mayor es el nitrógeno total aportado (115.8 kg/ha). En esto ha podido influir la escasa precipitación del mes de Mayo de 2006.

Estavillo (1993) encuentra, en general, mejores eficiencias del N (mineral y orgánico) aportado sobre praderas naturales de la cornisa cantábrica aunque con un carácter atlántico más acentuado. No obstante encuentra también notables disminuciones de la eficiencia del N total aportado por el purín tras el primer aprovechamiento de la pradera así como menores eficiencias de este N cuanto mayor es la dosis de purín aplicada.

Sutton *et al.* citados por Labrador (1996) informan, en aplicaciones de purín sin enterrar, de pérdidas del N total por volatilización variables entre el 10 y el 25 %. Vetter y Steffens, citados en el mismo trabajo anterior, encuentran que para aportaciones copiosas de purín (90 m³/ha*año) en Alemania, el N extraído por el cultivo supone el 7 % del aportado quedando acumulado en el suelo el 37 % de lo aportado. El resto del N se pierde por volatilización (5 %),

lavado (25 %) y desnitrificación (26 %). En nuestro caso, dada la climatología, la naturaleza de los suelos y el equipo de aplicación, es razonable pensar que las mayores pérdidas se dan por volatilización durante la aplicación del purín y por procesos de desnitrificación, no quedando acumulado en el suelo al no haber encontrado efectos residuales del purín aportado sobre aprovechamientos posteriores.

En la aplicación de purín las pérdidas de nitrógeno en forma de amoníaco por volatilización se producen tanto en el trayecto recorrido desde la salida de la boca de la cisterna hasta su llegada al suelo como durante su estancia sobre el suelo de la parcela si no se da una labor de incorporación.

En el caso de praderas permanentes no se pueden utilizar ni equipos de incorporación directa mediante labor ni realizar labores de incorporación tras la aplicación del purín. Una posibilidad de disminuir las pérdidas por volatilización consiste en utilizar cisternas dotadas de localizadores de tubos colgantes que evitan el recorrido del purín desde la cisterna hasta el suelo.

Conclusiones

El purín de vacuno leche es una fuente para la fertilización nitrogenada de praderas atlánticas. En las condiciones en las que se desarrolla esta experiencia la eficiencia aparente del N total aportado por el purín en aplicaciones precoces es similar a la del N mineral. En aplicaciones tardías (tras el primer corte) la eficiencia del N aportado por el purín es muy inferior a la del N mineral.

En aplicaciones conjuntas (mineral y purín) el N total aplicado tiene una eficiencia razonable tanto en aplicaciones precoces como tardías. Parece acertada la recomendación de acompañar con pequeñas aportaciones de N mineral las aplicaciones de purín de vacuno leche sobre praderas atlánticas en los aprovechamientos de primavera.

No se ha encontrado efecto residual del N del purín aportado para preparar un aprovechamiento sobre los aprovechamientos posteriores.

Los equipos de aplicación de purines son pesados y pueden presentar dificultades para su utilización en aplicaciones precoces en climas atlánticos. Se recomienda que los equipos para la aplicación de purines sobre praderas estuvieran dotados de sistemas de localización a base de tubos colgantes.

Agradecimientos

Este trabajo se ha realizado dentro del Proyecto coordinado “Mejora de la utilización de purines y estiércoles en la cuenca del Ebro” RTA04-114 subproyecto 3, cofinanciado por INIA y Gobierno de Navarra.

Bibliografía

ESTAVILLO, J.M., 1993. *Efecto de la aplicación de nitrógeno orgánico e inorgánico sobre la producción. Pérdidas y balance de nitrógeno en una pradera natural*. Tesis doctoral. Facultad de Ciencias – UPV. Leioa (España)

LABRADOR, J., 1996. *La materia orgánica en los agrosistemas*. MAPA. Ed. Mundi-Prensa, 174 pp. Madrid (España)

MANGADO, J.M.; SANZ, A.; SORET, B., 2006. Producción de purines en vacuno de leche. I Caracterización. En: *Navarra agraria* 157, 41-48. Pamplona (España)

AGRONOMIC EVALUATION OF THE DAIRY FARM SLURRY IN THE ATLANTIC LAND. PRELIMINARY RESULTS

Summary

The control and decreasing of environmental impact of the economic activities is an interesting subject into the society. The use of organic residues as fertilizer is a good opportunity to be enough the environmental and economic sustainability.

The objective of this experiment, located in Oskotz, in the Atlantic bio-geographical region of Navarra, is to study the fertilizer value of dairy farms slurry and the possibility of replacing a part of the nitrogen of chemical origin in the fertilization of permanent prairies.

In the experiment slurry is combined with mineral N at two times of application. The efficiency is obtained by the total biomass production harvested and its nitrogen content

In this note the preliminary results of the study “fertilizer value of dairy farms slurry in the Atlantic pastures” are presented.

The results obtained show that slurry is a nitrogen source slightly less efficient than mineral nitrogen in early applications and much less efficient in late applications.

Reasonable efficiencies are found regarding the transformation in biomass for both N sources (organic and mineral), in early as well as late applications, if slurry application is combined with small chemical nitrogen amounts.

The difficulty found by spreading machinery when circulating on land has to be pointed out, specially in early applications.

Key words: slurry, dairy cows, pastures, fertilization, Atlantic climate

EFFECTO DEL PASTOREO SOBRE UNA PLANTACIÓN DE *ATRIPLEX HALIMUS* L.

JABIER RUIZ-MIRAZO¹, ANA BELÉN ROBLES, M^a EUGENIA RAMOS, JUAN ANDRÉS CARDOSO, ELSA VARELA-REDONDO, JOSÉ LUIS GONZÁLEZ-REBOLLAR
Estación Experimental del Zaidín - Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Grupo de Pastos y Sistemas Silvopastorales Mediterráneos
CIFA-IFAPA. Camino de Purchil s/n. E-18080 Granada.
Tfno. 958267002 Fax. 958 895 203
¹ jabier.ruiz@eez.csic.es

Resumen

Atriplex halimus es un arbusto de aptitud forrajera que puede emplearse en restauración de terrenos degradados y prevención de incendios forestales en las regiones mediterráneas áridas. En el presente trabajo, desarrollado en el nordeste de la provincia de Granada, se evalúa su respuesta a la presión ganadera. El pastoreo primaveral ensayado, puntual e intenso, privó a los arbustos de la mayor parte de su follaje, aunque no generó la muerte de ninguno de ellos. Tres meses después del pastoreo, los arbustos ramoneados presentaron una reducción media del 51% en su fitovolumen frente a los excluidos al ganado, pero mostraron una capacidad de rebrote similar a ellos. Además, por efecto del pastoreo primaveral, los renuevos tuvieron un mayor contenido de humedad en el verano que las ramas de los arbustos no consumidos (169% frente a 136%). El empleo de protectores individuales no dificultó el desarrollo de los arbustos no pastados, ni mejoró la resistencia al pastoreo de aquéllos que habían sido consumidos por el ganado.

Palabras clave: arbusto forrajero, ramoneo, protector, rebrote, contenido de humedad.

Introducción

Atriplex halimus L. es un arbusto de la familia de las quenopodiáceas que habita en el contorno de la región mediterránea. En la Península Ibérica, podemos encontrarlo tanto en las zonas áridas y esteparias del interior como en los litorales mediterráneo y atlántico sur. Crece en los terrenos salinos, incluso sobre suelos arenosos (López González, 2001).

Desde un punto de vista fisiológico, realiza fotosíntesis tipo C₄, una adaptación de las plantas a entornos con escasez de agua, gran intensidad lumínica y altas temperaturas. Al igual que sucede con otras especies de su familia, *Atriplex halimus* presenta un elevado valor bromatológico. El contenido en proteína bruta es equivalente o superior al de las leguminosas y la digestibilidad es muy elevada (Barroso *et al.*, 2005). Aunque existe alguna discrepancia (Álvarez *et al.*, 2005), la literatura apunta a valores de proteína bruta de 15-20% y digestibilidad superior al 60% (Correal, 1993). Además, entre las quenopodiáceas arbustivas que se emplean en el sudeste peninsular, es una de las especies de mayor palatabilidad e índice de aprovechamiento por el ganado (Otal *et al.*, 1991). Debido a estas positivas características, se ha utilizado frecuentemente en regiones mediterráneas áridas para la restauración de entornos degradados con vocación pastoral (Le Houérou, 1992).

En el sudeste ibérico, Correal y Sotomayor (1999) proponen la utilización de *A. halimus* en fincas ganaderas como reserva forrajera invernal que propiciaría alimento suficiente para las necesidades de mantenimiento de las ovejas. Valderrábano *et al.* (1996) confirman la suficiencia de este alimento para el ganado no gestante ni lactante. La combinación de este arbusto forrajero con la siembra de cereales dota a las fincas ganaderas de una mayor estabilidad productiva ante

la disparidad interanual de precipitaciones (Jones y Arous, 2000), siendo la producción forrajera de *A. halimus* más constante que la de otros arbustos (Rahmoune *et al.*, 2004).

Aunque varias especies del género *Atriplex* han sido caracterizadas como muy sensibles al pastoreo (Le Houérou, 1992), *A. halimus* se ha mostrado tolerante a un pastoreo intenso y breve, recuperándose totalmente al año de haber sido pastada (Valderrábano *et al.*, 1996).

Este arbusto presenta un alto y constante contenido de sales en sus hojas, acumulando en sus pelos el exceso que pueden presentar los suelos salinos (Mozafar y Goodin, 1970). Las hojas contienen de tres a cinco veces más minerales que los tallos (Andueza *et al.*, 2005). La abundancia en sales presenta una doble virtud: incrementa su atractivo para el ganado y, además, resulta una especie poco inflamable y de bajo poder calorífico ante el fuego, por lo que ha sido propuesta su utilización en la prevención de incendios forestales (Vélez, 2000). La combinación que se produce al tener un buen valor pastoral, junto a una baja inflamabilidad, convierte a esta especie en una candidata idónea para su empleo en áreas pasto-cortafuegos, sujetas a un mantenimiento basado en el control del desarrollo de la vegetación por parte del ganado, al ser un alimento que atrae a los animales pero no incrementa el riesgo de incendios.

Gracias a todo este conjunto de cualidades, esta especie podría tener múltiples aplicaciones en el sudeste peninsular. El objetivo principal de este ensayo de pastoreo es valorar su efecto sobre la supervivencia y desarrollo de los arbustos, así como la conveniencia de utilizar protectores individuales como herramienta de protección parcial. Además, se han estudiado los cambios que el pastoreo provoca sobre el contenido en humedad de las plantas, que puede afectar a su utilidad para el pastoreo y la prevención de incendios.

Materiales y métodos

Área de estudio

Las parcelas experimentales se encuentran en la finca Cortijo Becerra, que está situada en el municipio de Guadix (provincia de Granada, España), en la unidad geomorfológica comúnmente denominada *Hoya de Guadix-Baza*. Las coordenadas geográficas de este emplazamiento son 37°26' Norte y 3°06' Oeste, y se encuentra a unos 970 metros de altitud sobre el nivel del mar.

Se trata de un entorno climáticamente duro, con temperaturas que todos los años oscilan entre -5 y 36°C, aunque se han llegado a registrar mínimas de -19 °C y máximas de 40 °C en la estación meteorológica allí instalada desde el año 1995. La continentalidad del clima viene acompañada de una intensa aridez, provocada por el efecto de *sombra de lluvias* que ejercen las montañas circundantes sobre esta hoya. Entre los años 1996 y 2005, se ha recogido una precipitación media anual de 301 mm, con extremos de 488 y 168 mm anuales. Según la clasificación de Rivas-Martínez (1987), el clima es Mesomediterráneo Semiárido.

Los suelos sobre los que se asientan las parcelas son fondos de rambla, terrenos agrícolas de secano en abandono desde el año 1993. La caracterización realizada por Ripoll (2004), indica que nos encontramos ante un Fluvisol-arénico (clasificación FAO), con un pH próximo a 8, textura arenosa-franca y muy baja capacidad de retención de agua.

Debido al rigor climático y a la pobreza del suelo, la serie de vegetación correspondiente al área de estudio es la mesomediterránea semiárida de la coscoja (*Rhamno lycioidis* - *Querceto cocciferae* S.), cuya comunidad cabeza de serie es un pinar-coscojar denso en su óptimo en el que dominarían la coscoja (*Quercus coccifera*) y el pino carrasco (*Pinus halepensis*) (Valle, 2003).

Respuesta al pastoreo

El ensayo se ha realizado con arbustos procedentes de una plantación realizada en 2003. Están agrupados en dos bloques diferentes (llano y ladera), habiéndose seleccionado 72 plantas en cada uno de ellos. En cada bloque se ha empleado un diseño factorial 2x2 en el que se han combinado dos tratamientos: por un lado, el mantenimiento o retirada del protector individual cilíndrico (12 cm de diámetro por 40 de alto) de malla metálica que protegía a los arbustos desde su plantación; por el otro, la aplicación (o no) de un pastoreo intenso en primavera. Según este diseño, cada bloque constituye una réplica que se divide en cuatro lotes de 18 plantas, siendo distinto en cada uno de ellos el tratamiento recibido. La medición de alturas y diámetros cruzados permitió que los cuatro lotes presentaran, inicialmente, promedios muy similares (sin diferencias significativas) en la variable fitovolumen, calculada como el volumen de un cilindro. A comienzos de mayo de 2006 se procedió a aplicar el tratamiento de pastoreo a los arbustos, con la participación de un rebaño de 500 ovejas y 30 cabras. Aunque se completó en una única mañana, mediante la adecuada retención del ganado y por el atractivo que despierta esta especie, el pastoreo resultó en el consumo casi total del follaje de las plantas expuestas a él.

Posteriormente, se procedió a medir nuevamente la altura y los diámetros cruzados de todas las plantas. En los arbustos pastados se diferenciaron y midieron tanto el ramaje, constituido por las ramas desprovistas de hojas, como el follaje, que se correspondía con el núcleo central de la planta que aún mantenía hojas. Dado que la recuperación del arbusto se produce a partir del ramaje, se ha empleado este volumen para compararlo con mediciones posteriores, mientras que el follaje es un mejor descriptor de la intensidad de pastoreo aplicada, por lo que se ha utilizado para valorar el efecto inmediato del ramoneo sobre las plantas.

Esta medición se repitió a finales de julio de 2006, cuando ya se había producido un notable rebrote. En esta ocasión, no fue necesario medir tanto ramaje como follaje, ya que no se observó ningún arbusto con abundancia de ramas desprovistas de hojas, por lo que ambos volúmenes coinciden. La capacidad de rebrote se ha estimado comparando estas últimas mediciones de alturas y diámetros cruzados con las realizadas en mayo, inmediatamente después del pastoreo (en el caso de las plantas consumidas, se han empleado las correspondientes al ramaje).

Coincidiendo con esta última medición, se tomaron muestras de las ramas de las plantas con la intención de detectar diferencias en el contenido de humedad entre los arbustos excluidos al pastoreo y los consumidos por el ganado, sin hacer distinciones entre plantas con protector individual o sin él, ya que este último factor no parecía poder tener ningún efecto. En cada uno de los dos bloques se tomaron 30 muestras (15 por tratamiento) de ramas laterales de diámetro similar, que se pesaron en verde con un dinamómetro de campo (precisión 0,1 g), fueron secadas hasta peso constante en una estufa de aire forzado a 60 °C y se determinó su peso seco en una balanza en laboratorio. El contenido de humedad se ha calculado dividiendo el peso del agua (diferencia entre peso fresco y peso seco) por el peso seco de la planta, y se ha expresado en términos de porcentaje.

Todos los datos recogidos han sido analizados estadísticamente utilizando el programa Statgraphics Plus para Windows 5.1 con el apoyo teórico de Collins y Seeney (1999) y Zar (1999). Cuando los datos reúnen los requisitos de normalidad, se han aplicado el test de la *t* de Student y el análisis de la varianza, empleando el test de Duncan para el contraste de medias. En caso contrario, se ha optado por los tests no paramétricos de Mann-Whitney y Kruskal-Wallis.

Resultados y discusión

El primer resultado a destacar es que el tratamiento de pastoreo intenso en primavera no provocó la muerte de ninguno de los arbustos expuestos a él: la supervivencia fue del 100% en todos los tratamientos y en las dos réplicas. En la Tabla 1 se recoge la diferencia en el volumen

de follaje que presentaban, inmediatamente después del pastoreo, las plantas sometidas a los distintos tratamientos.

Tabla 1. Volumen (dm^3) del follaje de *Atriplex halimus* inmediatamente después del pastoreo, según bloques y tratamientos

Bloque	Tratamiento	Pastoreo con protector	Pastoreo sin protector	Excluido con protector	Excluido sin protector
Llano	Media \pm sd	25,45 \pm 4,56	18,68 \pm 4,21	499,64 \pm 99,46	415,16 \pm 50,20
	Mín - Máx	5,39 - 69,18	5,90 - 67,74	54,47 - 1361,51	86,86 - 972,79
Ladera	Media \pm sd	6,84 \pm 0,83	8,63 \pm 2,38	115,33 \pm 25,89	83,15 \pm 31,19
	Mín - Máx	2,85 - 15,97	0,295 - 43,43	19,63 - 358,56	2,65 - 465,31

Considerando que cada uno de esos cuatro grupos partía de un fitovolumen muy similar (sin diferencias significativas dentro de cada bloque con un nivel de confianza del 99%), los resultados muestran claramente la alta intensidad que tuvo el pastoreo, aunque se realizara en un único día y el ganado fuera principalmente ovino, especie que tiene una menor capacidad de reducir el fitovolumen de *A. halimus* (Valderrábano *et al.*, 1996). El volumen del follaje de las plantas pastadas resultó, por término medio, el 11% del volumen de su ramaje, mientras que ambos volúmenes coinciden en el caso de los arbustos no consumidos.

En la Figura 1 se ha dibujado la evolución que ha tenido la variable fitovolumen desde comienzos del mes de febrero (antes del pastoreo) hasta finales de julio (recuperación), con el valor intermedio de mayo, que en este caso es el volumen del ramaje tras el tratamiento de pastoreo.

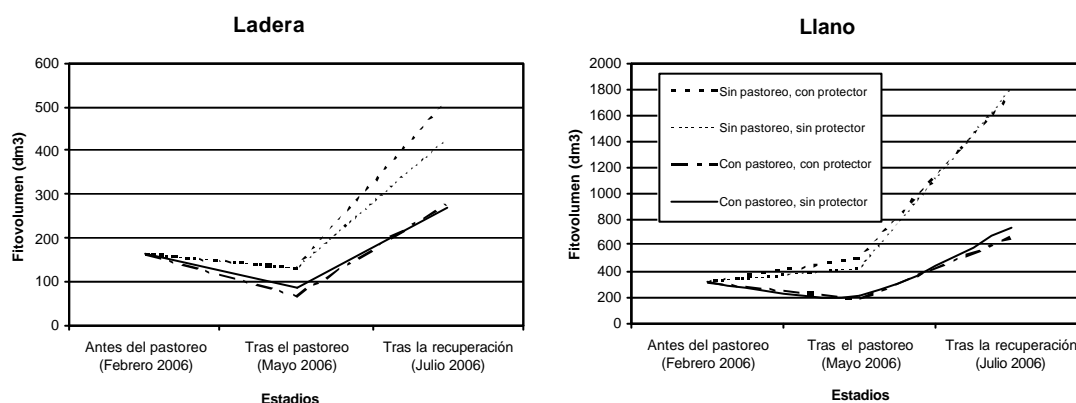


Figura 1. Evolución del fitovolumen medio de los arbustos, por tratamientos y bloques

Como puede inferirse de la diferente escala empleada en los gráficos de la Figura 1, los valores de fitovolumen alcanzados fueron muy superiores en el llano. La media de los tratamientos excluidos al pastoreo, por ejemplo, llegó hasta los 1770 dm^3 en el llano frente a los 470 dm^3 de la ladera. A pesar de ello, la respuesta en ambas zonas según los tratamientos aplicados permite hacer una misma lectura.

Puede observarse que las plantas pastadas no sólo recuperaron el fitovolumen que tenían antes del pastoreo, sino que lo incrementaron. En la situación de ladera, su fitovolumen medio pasó de 162 a 273 dm^3 , y de 314 a 696 dm^3 en el llano. En todo caso, su fitovolumen medio en la última medición fue inferior en un 51% (42% en la ladera y 61% en el llano) al de las plantas excluidas al ganado. Estas diferencias podrían estar ligeramente magnificadas, debido a que las plantas ramoneadas aún no habían comenzado su floración a finales de julio.

De hecho, esta especie muestra un volumen fluctuante a lo largo del año a consecuencia de sus ciclos de floración, alcanzando su máximo en verano-otoño, con el pleno desarrollo de las inflorescencias, que se van secando y desprendiendo a lo largo del invierno. Así, puede resultar que el volumen primaveral de las plantas sea inferior al registrado en estaciones anteriores, tal y como sucede en uno de los bloques en ausencia de pastoreo.

Para soslayar las diferencias en tamaño existentes entre los dos bloques y poder integrarlos en un mismo análisis, se han evitado las comparaciones de las variables (diámetro, altura, altura*diámetro y fitovolumen) en términos absolutos, optando por relacionar el tamaño final con el inicial de los arbustos.

El contraste de Kruskal-Wallis aplicado sobre la variable Fitovolumen de julio / Fitovolumen de febrero, indica la existencia de diferencias estadísticamente significativas ($P < 0,001$), identificándose que el factor *pastoreo* es el que produce esas diferencias, mientras que el protector no tiene un efecto claro. El empleo de otras variables (Diámetro julio / Diámetro febrero, Altura*Diámetro julio / Altura*Diámetro febrero) confirman este hecho.

Para analizar si la capacidad de rebrote de las plantas se ha resentido con el pastoreo, se ha procedido a comparar los arbustos ramoneados frente a los no pastados, excluyendo el factor protector, que no parece tener ningún efecto. Podemos definir el rebrote como el crecimiento relativo que tuvieron los arbustos a partir del ramaje dejado por el ganado tras el pastoreo, que ha podido ser evaluado con las mediciones del mes de julio. Las variables empleadas y su resultado quedan reflejadas en la Tabla 2. Aunque nuevamente la distribución de los datos se aleja de la normalidad, en todos los casos el test de Kruskal-Wallis descarta la existencia de diferencias estadísticamente significativas entre los distintos tratamientos a un nivel de confianza del 95%. Este hecho indica que las plantas pastadas tuvieron una capacidad de rebrote equivalente a las excluidas al pastoreo, si bien el partir de un volumen inferior las hizo tener dimensiones absolutas menores en la última medición.

Tabla 2. Dimensiones relativas de los arbustos pastados, según tratamiento y variable empleada

		Medición del mes de julio / Medición del mes de mayo			
Tratamiento		Fitovolumen	Altura	Diámetro	Diámetro* Altura
Pastoreado	Media \pm sd	5,53 \pm 1,03	1,37 \pm 0,06	1,70 \pm 0,07	2,36 \pm 0,17
No pastoreado	Media \pm sd	4,20 \pm 0,49	1,40 \pm 0,06	1,86 \pm 0,11	2,68 \pm 0,27

Resulta lógico que el análisis de todos los datos en conjunto arroje la conclusión de que el factor *pastoreo* tiene un efecto mucho mayor que el factor *protector individual*, con las matizaciones debidas a la situación de los dos bloques. El efecto esperable debido a los protectores sería distinto en función de que el arbusto fuera consumido por el ganado o no, ejerciendo una protección o limitando su desarrollo, respectivamente. Procede, por tanto, estudiar separadamente su efecto sobre los arbustos.

Con las cautelas debidas al breve tiempo de ensayo transcurrido, el test de Mann-Whitney indica la inexistencia de diferencias significativas (nivel de confianza del 99%) en función del factor *protector individual*, tanto en Fitovolumen julio/Fitovolumen febrero (con protector, mediana=5,30; sin protector, 5,05) como para la variable Diámetro julio/Diámetro febrero (con protector, mediana=1,94; sin protector, 2,04). Aparentemente, pues, el protector individual no ha supuesto una limitación al desarrollo de los arbustos no pastados.

Los protectores tampoco parecen haber ejercido ningún efecto positivo sobre las plantas pastoreadas. Según lo observado en campo, debido al volumen que han alcanzado los arbustos al cabo de tres años, el propio ramaje de las plantas tiene un efecto disuasorio sobre el consumo de su núcleo central, que se encuentra protegido por una maraña de fuertes tallos. El análisis

estadístico ha arrojado resultados contradictorios en función de la variable analizada, por lo que no puede concluirse que el factor *protector individual* tuviera efectos notables en una mayor protección o mejor recuperación de los arbustos pastados.

Por último, y con respecto al contenido en humedad de los arbustos, expresado como peso del agua frente al peso seco, las ramas de los ejemplares pastados presentaron un valor del 169% frente al 136% de los excluidos. La comparación mediante la *t* de Student indica la existencia de diferencias significativas en el contenido de humedad entre los tratamientos ($P < 0,001$), lo que confirma la expectativa de que los arbustos pastados, al tener que rebrotar más tardíamente, debían tener un contenido en humedad superior. El hecho de que, en pleno verano, estos tallos más jóvenes mantengan porcentajes de humedad notablemente mayores, supone una ventaja significativa: tanto de cara al pastoreo, por la oferta de alimento fresco, como incluso para la prevención de incendios forestales, ya que estaríamos ante un arbusto menos inflamable.

Los resultados de los distintos análisis que tratan de explicar los efectos que tuvo el pastoreo sobre las plantas deben valorarse teniendo en cuenta las motivaciones que llevan a la utilización de *A. halimus* en el entorno mediterráneo. Como ya se ha indicado en la introducción, sus principales usos son la revegetación de terrenos degradados, el aprovechamiento pastoral e, incluso, la prevención de incendios forestales. Para fomentar estas dos últimas utilidades, resulta conveniente que el arbusto mantenga una gran vitalidad pero que sus dimensiones no sean excesivas. De otra forma, los tallos se lignificarían, perdiendo calidad nutritiva (Andueza *et al.*, 2005), y buena parte de la producción forrajera no estaría al alcance del ganado, lo que conllevaría una acumulación de biomasa combustible. Por tanto, un cierto grado de pastoreo sobre *Atriplex halimus*, al menos tan intenso como el ensayado aquí y siempre sin comprometer su supervivencia, puede considerarse una técnica positiva para fomentar los rebrotes frescos y controlar la acumulación de fitomasa.

Conclusiones

- La intensidad de pastoreo aplicada no provoca ninguna muerte entre los arbustos ramoneados, que habían sido plantados tres años antes del inicio del ensayo.
- En comparación con las plantas no consumidas, el pastoreo reduce notablemente el fitovolumen arbustivo, si bien la capacidad de rebrote de las plantas no se ve afectada.
- Los protectores individuales no mejoran el rebrote de los arbustos ramoneados, por lo que su empleo no se justifica por este motivo. Sin embargo, dado que tampoco dificultan el desarrollo de los arbustos no pastados, su retirada no se considera necesaria.
- El pastoreo primaveral fomenta que las ramas tengan un mayor contenido de humedad en verano.

Bibliografía

ÁLVAREZ, S.; MÉNDEZ, P.; DÍAZ, C.; FRESNO, M., 2005. Valoración nutritiva de forrajes adaptados a zonas áridas y su utilización en la alimentación del ganado caprino. En: *Producciones agroganaderas: gestión eficiente y conservación del medio natural*, 229-235. Ed. K. OSORO, A. ARGAMENTERÍA, A. LARRACELETA. SERIDA, Gijón.

ANDUEZA, D.; MUÑOZ, F.; DELGADO, I.; CORREAL, E., 2005. Intraspecific variation in *Atriplex halimus*: chemical composition of edible biomass. *Options méditerranéennes, série A*, **67**: 377-381.

BARROSO, F. G.; PEDREÑO, A.; MARTÍNEZ, T.; ROBLES, A. B.; GONZÁLEZ-REBOLLAR, J. L., 2005. Potencialidad de las especies C4 como alimento para el ganado en repoblaciones de zonas semiáridas. En: *Producciones agroganaderas: gestión eficiente y conservación del medio natural*, 351-357. Ed. K. OSORO, A. ARGAMENTERÍA, A. LARRACELETA. SERIDA, Gijón.

- COLLINS, C. A.; SEENEY, F. M., 1999. *Statistical experiment design and interpretation*. Ed. Wiley. Chichester, Inglaterra.
- CORREAL, E., 1993. Grazing use of fodder shrub plantations. En: *Agrimed research programme - Fodder trees and shrubs in the Mediterranean production systems: objectives and expected results of the EC research contract*, 99-118. Ed. V. PAPANASTASIS. Commission of the European Communities. Luxemburgo.
- CORREAL, E.; SOTOMAYOR, J. A., 1999. Strategies for the utilization of *Atriplex* plantations in a cereal-sheep pastoral zone of NW Murcia (Spain). En *Dynamics and sustainability of Mediterranean pastoral systems*, 217-221. Ed. M. ETIENNE. CIHEAM-IAMZ, Zaragoza.
- JONES, M. J.; AROUS, Z., 2000. Barley-Salt-Bush intercropping for sustainable feed production in a dry Mediterranean steppe environment. *J. Agronomy & Crop Science* **184**: 253-260.
- LE HOUÉROU, H. N., 1992. The role of saltbushes (*Atriplex* spp.) in arid land rehabilitation in the Mediterranean Basin: a review. *Agroforestry Systems* **18(2)**: 107-148.
- LÓPEZ GONZÁLEZ, G., 2001. *Los árboles y arbustos de la Península Ibérica e Islas Baleares*. Ed. Mundi-Prensa. Madrid.
- MOZAFAR, A.; GOODIN, J. R., 1970. Vesiculated hairs: a mechanism for salt tolerance in *Atriplex halimus* L. *Plant Physiology* **45**: 62-65.
- OTAL, J.; CORREAL, E.; BELMONTE, C., 1991. Variaciones estacionales de la palatabilidad y consumo por el ganado ovino de diversos arbustos forrajeros preseleccionados en el S.E. español. En: *Pastoralismo en zonas áridas mediterráneas*, 353-357. Ed. SEEP, Murcia.
- RAHMOUNE, C., MAÂLEM, S.; BENNACEUR, M., 2004. Etude comparative de rendement en matière sèche et en matière azotée totale de trois espèces de plantes steppiques du genre *Atriplex*. *Options Méditerranéennes, série A*, **60**: 219-221.
- RIPOLL, M. A., 2004. *Aprovechamiento de escorrentías superficiales mediante la construcción de microcuencas: aplicación a la forestación en ambientes mediterráneos*. Tesis doctoral. Universidad de Granada.
- RIVAS-MARTÍNEZ, S., 1987. *Memoria y mapa de series de vegetación de España*. Ed. ICONA. Madrid.
- VALDERRÁBANO, J.; MUÑOZ, F.; DELGADO, I., 1996. Browsing ability and utilization by sheep and goats of *Atriplex halimus* L. shrubs. *Small Ruminant Research* **19**: 131-136.
- VALLE, F., 2003. *Mapa de series de vegetación de Andalucía*. Ed. Rueda. Madrid.
- VÉLEZ, R. (coord.), 2000. *La defensa contra incendios forestales. Fundamentos y experiencias*. Ed. McGraw-Hill. Aravaca (Madrid).
- ZAR, J. H., 1999. *Biostatistical analysis; forth edition*. Ed. Prentice Hall. New Jersey, EUA.

EFFECT OF GRAZING ON AN *ATRIPLEX HALIMUS* L. PLANTATION

Summary

Atriplex halimus is a fodder shrub that can be used in degraded land restoration and in forest fire prevention in arid Mediterranean lands. This piece of research evaluates its response to grazing pressure and is a result of fieldwork done in the North East of the province of Granada (Spain). The grazing treatment applied, which was a one-day intense spring browsing, eliminated most of the foliage of the shrubs, but it did not cause the death of any of them. Three months after grazing, browsed shrubs had a mean phytovolume 51% smaller than those excluded to livestock, but had shown a similar sprouting capacity. As a consequence of the spring grazing, new sprouts had higher water content than branches of unconsumed shrubs (169% vs. 136%). The use of individual protectors neither constrained the growth of ungrazed shrubs, nor improved the resistance to grazing of the browsed ones.

Key-words: fodder shrub, browsing, protector, sprout, water content.

COMPARACIÓN DE LAS ROTACIONES FORRAJERAS GUISANTE-TRITICALE/MAÍZ Y RAIGRÁS ITALIANO/MAÍZ.

B. FERNÁNDEZ-LORENZO, G. FLORES, A. GONZÁLEZ-ARRÁEZ, J.
VALLADARES Y P. CASTRO.

Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo (CIAM). Apdo 10, 15080 A Coruña.
[*bruno.fernandez.lorenzo@xunta.es](mailto:bruno.fernandez.lorenzo@xunta.es)

Resumen

Durante dos años, se ha estudiado la producción y la composición química de la asociación de guisante (*Pisum sativum L.*) y triticales (*x tritico-secale Witt.*) (GT) en comparación con el raigrás italiano (*Lolium multiflorum L.*) (RG), como cultivos invernales para ensilar aprovechados en una sola fecha de corte, y se ha evaluado el efecto de ambos cultivos y su fecha de corte sobre la producción posterior de maíz (*Zea mays L.*). Los rendimientos del GT, en kg MS/ha, variaron entre 4811 y 6608 para el primer y segundo corte del primer año, y 6232 y 8249 para los del segundo, respectivamente, siendo iguales o superiores a los del RG. Los valores de proteína bruta (PB) del GT variaron entre 15 y 12% en el primer y segundo corte del primer año, y 11,3 y 10% en los del segundo, y en todos los casos fueron superiores a los del RG. Los valores de carbohidratos solubles en agua (CSA) fueron superiores para el RG. Los rendimientos del maíz fueron mayores después del GT que del RG, y más aún en la siembra temprana que en la tardía, aunque las diferencias sólo fueron significativas en el segundo año. Desde el punto de vista del contenido en PB y del rendimiento total de la rotación, la asociación GT puede ser una alternativa al RG como cultivo forrajero de invierno en rotación con el maíz, recomendándose la fecha de corte temprana para el GT.

Palabras clave: cultivo asociado, rotación intensiva, cereales forrajeros, leguminosas forrajeras.

Introducción

La evolución del sector productor de vacuno de leche en Galicia, en las dos últimas décadas, se ha caracterizado por la concentración de la producción en un menor número de comarcas y explotaciones, cada vez más especializadas. La producción de leche por vaca y por explotación se ha incrementado debido, sobre todo, al aumento del consumo de concentrados (Barbeyto, 1997) y a la utilización de rotaciones forrajeras de dos cultivos por año, que suelen ser más productivas (Lloveras, 1987; Piñeiro *et al.*, 2004).

En la actualidad, la rotación más empleada es la formada por el maíz (*Zea mays L.*), como cultivo de verano indiscutible, y el raigrás italiano (*Lolium multiflorum L.*), como cultivo de invierno aprovechado en uno o dos cortes para ensilar en primavera. Sin embargo, en los últimos años se advierte, entre los agricultores, un aumento del interés por otros cultivos de invierno alternativos al raigrás italiano. Las razones, entre otras, pueden ser la dificultad para dar el primer corte a la salida del invierno, debido a la alta frecuencia de lluvias, lo que retrasa el segundo corte y la siembra del maíz, que es el cultivo más productivo de la rotación; el gasto que supone dar dos cortes para ensilar o la pérdida del contenido en proteína y el riesgo de encamado en los sistemas de un solo corte a finales de abril (Flores *et al.*, 2003). Los requerimientos de un cultivo de invierno alternativo serían que permita su cosecha en un solo corte, con tiempo suficiente para sembrar el maíz, que tenga un valor nutritivo apropiado, que compense el bajo valor proteico del maíz y que tenga rendimientos comparables o superiores a los del raigrás italiano.

En una revisión sobre las asociaciones de cereales y leguminosas como forraje, Anil *et al.* (1998) destacan entre sus ventajas, en comparación a su cultivo por separado, la mayor estabilidad de los rendimientos entre diferentes años, la reducción de la incidencia de plagas, malas hierbas y enfermedades, el incremento en el contenido en proteína, la mayor eficiencia en el aprovechamiento del agua y los fertilizantes, el ahorro en fertilizantes nitrogenados y el incremento de los rendimientos en los cultivos siguientes.

Suarez *et al.*, (2002) proponen la asociación de guisante (*Pisum sativum L.*) y triticale (*Triticosecala Witt.*) como la más favorable, de entre las estudiadas, para las condiciones gallegas. Otros autores (Flores *et al.*, 2003 y Suárez *et al.*, 2002) estudiaron la productividad del cultivo y las diferencias varietales en condiciones de parcela experimental. Sin embargo, existe poca información acerca del cultivo de guisante-triticale en comparación con el de raigrás italiano y del conjunto de la rotación con maíz, en condiciones de gran parcela.

Los objetivos de este trabajo son comparar la producción y la composición química del cultivo en gran parcela de la asociación de guisante y triticale (GT) en comparación con el raigrás italiano (RG), cosechado en un solo corte, y evaluar el efecto de ambos cultivos y su fecha de corte sobre la producción posterior de maíz.

Material y métodos

El ensayo se ha llevado a cabo durante dos años en la finca del CIAM en Abegondo (A Coruña).

Primer año

En una parcela de 8 ha se compararon los cultivos RG y GT, cosechados en un solo corte, y los efectos de dos fechas de corte, una precoz a mediados de abril, y otra tardía a mediados de mayo. El diseño experimental utilizado fue el de parcelas divididas con cuatro repeticiones, asignando a la parcela principal el tratamiento cultivo y a la subparcela el tratamiento fecha de corte. Durante el mes de octubre de 2004, se procedió al levantamiento de la pradera anterior y a la preparación de la cama de siembra, mediante el pase de un arado de vertedera y dos pases de grada de discos ligera, que se aprovecharon para enterrar el abono de fondo, consistente en 400 kg/ha del complejo 9-18-27. El 10 de noviembre se sembraron el RG, variedad Promenade, con una sembradora de pratenses, marca 'Vertikator' a una dosis de 30 kg/ha, y la asociación GT, variedades Gracia y Senatrit, respectivamente, con una sembradora en líneas marca 'Amazona', en un único pase y a dosis de 115 y 60 kg/ha de guisante y triticale, con densidades de 115 y 37 g por 1000 semillas, respectivamente. La densidad de plantas de GT por m² a la salida del invierno se estimó, en cada parcela, a partir de las densidades medidas en 10 transectos de 0,33 m² distribuidos al azar. En el mes de marzo se aplicaron, sobre el RG, 150 kg/ha de Nitramón (27%N).

La cosecha correspondiente al aprovechamiento precoz se realizó el 13 de abril del 2005. En este momento el RG estaba en el estado fenológico de inicio de espigado, el guisante en inicio de la floración y el triticale al final del espigado. El 18 de mayo de 2005 se cosecharon las subparcelas correspondientes al aprovechamiento tardío. En este momento el RG estaba completamente espigado, el triticale estaba en estado de madurez lechosa y el guisante en el comienzo de llenado de las vainas. El forraje, segado con segadora acondicionadora, se dejó presecar, con cielos despejados, durante 48 horas, recogándose, posteriormente, con un carro autocargador picador.

Recogido el cultivo invernial, la rotación se completó con el cultivo del maíz forrajero. En éste se comparan los efectos de los tratamientos cultivo anterior y fecha de siembra. El terreno se preparó mediante un pase de vertedera y dos gradeos que se aprovecharon para enterrar el abonado de fondo, a base de purín de cerdo complementado con abono mineral, con los que se alcanzó un aporte de 167, 40 y 140 unidades fertilizantes por ha de N, P₂O₅ y K₂O, respectivamente, y el tratamiento herbicida, a base de 5 l/ha de atrazina-alacloro. La siembra en

fecha temprana se realizó el 19 de mayo con la variedad Buxi (cicb Fao 330) y la tardía el 6 de junio con la variedad Anjou (ciclo Fao 260), en ambos casos a una densidad de 100 000 plantas/ha mediante sembradora de precisión, en líneas separadas 80 cm. Tras la siembra, se dio un pase de rulo y un tratamiento insecticida contra gusanos del suelo, con clorpirifos 48 y cipermetrina, a las dosis recomendadas por el fabricante. La cosecha se hizo con cosechadora autopropulsada el 22 de septiembre, entre 6 y 7 semanas después de la floración femenina, que había tenido lugar el 4 y 8 de agosto para las variedades Buxi y Anjou, respectivamente.

Segundo año

El segundo año de ensayo se repitió la misma rotación, con la misma disposición de los tratamientos en la parcela, labores de cultivo, dosis de siembra y dosis de abonado que el año anterior. La siembra se realizó el 26 de octubre de 2005 y tras ella, a diferencia del año anterior, se pasó un rulo liso, para procurar disminuir la contaminación del forraje con tierra en el momento de la cosecha. La cosecha se realizó con una cosechadora de precisión autopropulsada para mejorar el picado con relación al año anterior. La cosecha precoz se realizó el 24 de abril, tras un presecado de 48 horas, con el raigrás en inicio de espigado y el guisante y triticale al inicio y final de la floración, respectivamente. La cosecha tardía se realizó el 18 de mayo, sin presecado, con el raigrás completamente espigado, y el guisante y triticale en estado de hinchado de las vainas y madurez pastosa, respectivamente.

En el maíz se siguió el mismo diseño, se repitieron las mismas labores de cultivo del año 2005. Las siembras temprana y tardía se realizaron el 26 de mayo y el 14 de junio, de nuevo con las variedades Buxi y Anjou, respectivamente. La cosecha se realizó el 9 de octubre, 10 y 8 semanas después de la floración femenina de las variedades Buxi y Anjou, respectivamente.

Toma de muestras y análisis en los cultivos de invierno

En el momento de la cosecha, se registró el peso neto de cada remolque utilizando la báscula puente de las instalaciones del CIAM, lo que nos permitió calcular la producción total de forraje fresco por parcela elemental. En cada subparcela se cosecharon de dos a seis remolques y de cada remolque se tomó una muestra representativa de 2 kg de forraje que se envió al laboratorio para su posterior análisis. La producción perdida por encamado se estimó a partir de las plantas recogidas con motosegadora a 10-15 cm del suelo en dos transectos de 5 m² cada uno, situados al azar, en cada subparcela.

El contenido en materia seca (MS) 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 con tamiz de 1 mm. Sobre las muestras secas y molidas, se determinaron los contenidos en materia orgánica (MO), en un analizador termogravimético LECO-MAC500, en proteína bruta (PB) (Nitrógeno x 6,25) por digestión Kjeldhal y determinación colorimétrica del ión NH₄⁺ en un autoanalizador Bran+Luebbe, carbohidratos no estructurales (CNET) y carbohidratos solubles en agua (CSA), según Castro (2000). MS se expresó en % sobre materia fresca y el resto de determinaciones en % sobre MS.

Toma de muestras y análisis en el cultivo de maíz

La producción perdida por encamado se estimó a partir de las plantas recogidas a mano en un transecto de 100 m² situados al azar en cada subparcela. En cada subparcela, en el momento de la cosecha, se recogieron dos muestras de 30 plantas cada una en dos tramos de cinco m, escogidos al azar entre las líneas centrales. Se cortaron manualmente a 10-15 cm sobre el suelo, y se registraron los pesos de las plantas enteras y sus fracciones mazorca (MZ) (grano y zuro) y parte verde (PV), expresados en % sobre MS. Dichas fracciones fueron picadas y de cada una se tomó una muestra de 500 g que se envió al laboratorio para su análisis. Sobre las muestras secas y molidas a 1 mm se determinaron, mediante la técnica NIRS, los contenidos en MO, PB, CSA, fibra ácido detergente (FAD) y digestibilidad in vitro de la materia orgánica (IVOMD),

utilizando las calibraciones desarrolladas en el CIAM. Los valores correspondientes a la planta entera (PE) se obtuvieron combinando los de sus fracciones PV y MZ con sus respectivos porcentajes sobre el peso total de la materia seca. La producción total de forraje se calculó, igual que en el cultivo de invierno, a partir del peso neto de cada uno de los remolques.

Análisis estadístico

Para los análisis de varianza y las comparaciones de medias se utilizó el procedimiento PROC GLM del paquete estadístico SAS v.8.1 (SAS Institute, 2000). Todos los factores se consideraron fijos, excepto las repeticiones.

Resultados y discusión

Cultivos de invierno

Una de las dificultades que presenta el cultivo asociado GT es alcanzar la proporción suficiente de guisante para mejorar el valor nutritivo del forraje (especialmente contenido en PB) sin poner en riesgo la producción por pérdidas de encamado. Con la dosis de siembra utilizada se pretendía alcanzar una densidad teórica de 100 y 160 semillas/m², respectivamente. En el año 2005, la densidad estimada de guisante y triticale a la salida del invierno fue de 106 y 120 plantas/m² y en el año 2006 de 58 y 173, respectivamente, lo que pone de manifiesto las dificultades del cultivo asociado, bien por las limitaciones en la técnica de sembrado o por el efecto del ambiente en años distintos.

En el análisis de varianza, se comprobó que el error de muestreo fue siempre significativamente menor al error experimental para todas las variables, lo que prueba que el número de submuestras fue suficiente. El efecto de la interacción año x cultivo resultó significativo para todas las variables estudiadas, salvo para MS, y el de la interacción cultivo x fecha de corte fue significativo para las variables de producción y PB. Por esta razón, se realizó un análisis separado por años y, dentro de cada año, por tratamientos. En la tabla 1, se presentan la separación de medias y el nivel de significación para los dos años, los dos cultivos y las dos fechas de cosecha.

Tabla 1: efecto del cultivo y la fecha de cosecha sobre la producción, el encamado y la composición química en los dos años de cultivo.

	Producción			Encamado			Composición química											
	kg MS/ha			kg MS/ha			MS			MO			PB			CNET		
2005	C 1	C 2	DMS	C 1	C 2	DMS	C 1	C 2	DMS	C 1	C 2	DMS	C 1	C 2	DMS	C 1	C 2	DMS
GT	4811	6608	682	0	982	444	42,1	59,9	ns	89,3	94,1	2,0	15,0	12,0	0,9	14,5	17,0	ns
RG	4682	7077	1280	0	1610	602	31,1	48,8	10,9	89,9	93,0	0,5	11,7	6,2	1,8	20,9	19,0	ns
DMS	ns	ns		ns	ns		ns	6,7		ns	0,8		2,8	1		2,4	ns	
	kg MS/ha			kg MS/ha			MS			MO			PB			CSA		
2006	C 1	C 2	DMS	C 1	C 2	DMS	C 1	C 2	DMS	C 1	C 2	DMS	C 1	C 2	DMS	C 1	C 2	DMS
GT	6232	8249	1087	0	910	378	43,4	38,8	4,4	94,1	94,4	ns	11,3	10,0	ns	14,1	11,0	ns
RG	5130	8074	1165	0	557	156	30,0	33,6	0,4	92,6	93,9	0,5	8,4	5,9	0,7	26,0	15,2	3,5
DMS	922	ns		ns	260		7,3	3,3		0,5	ns		1,9	0,8		3,8	3,5	

DMS = diferencia mínima significativa al 5%; ns = diferencias no significativas; GT = guisante-triticale; RG = raigrás italiano; C1 = corte precoz; C2 = corte tardío

La producción, expresada en kg MS/ha, fue superior en el segundo año, especialmente en el GT, lo que podría sugerir que el rendimiento de éste presenta ventajas a largo plazo. Las diferencias de producción entre GT y RG sólo fueron significativas en la primera fecha del año 2006, con producciones de 6232 y 5130 kg MS/ha, respectivamente; el resto de las fechas el GT fue superior, salvo en la segunda del 2005. Como era de esperar, los rendimientos en MS siempre fueron superiores en la segunda fecha.

Sólo se dieron pérdidas por encamado en la segunda fecha de corte. En 2005, las de GT fueron inferiores a las de RG, aunque las diferencias no fueron significativas, mientras que en 2006 fueron superiores en GT pero, esta vez, las diferencias sí fueron significativas.

El contenido en PB fue significativamente superior en el GT que en el RG y en la primera fecha que en la segunda, variando entre 15 y el 10%, en GT, y entre 11,7 y 5,9 en RG. Las variaciones entre fechas fueron mayores para el RG que para el GT. En el GT, los valores de PB fueron mayores en el año 2005 que en el 2006, lo que pudo deberse a la menor densidad del guisante en el segundo año y a que la cosecha del año 2006 se hizo en un estado fenológico más avanzado.

La ensilabilidad de un forraje va a depender, en parte, de su contenido en MS. Para ensilados de hierba en silos trinchera, el objetivo del presecado debe ser alcanzar valores de 29-30% MS (Flores, 2004). Valores inferiores provocan pérdidas de efluentes y superiores dificultan una buena compactación. Es interesante destacar que, recibiendo el mismo tiempo de presecado, los valores de MS fueron siempre superiores en GT que en RG. El presecado de 48 horas fue adecuado en el primer corte de RG, pero excesivo para el GT. En el segundo corte, sólo alcanzamos contenidos aceptables en el RG del segundo año, cuando no se realizó presecado. Las operaciones de presecado pueden incrementar la presencia de contaminación del forraje con tierra, especialmente en los cortes más tempranos cuando la humedad relativa es más elevada. Valores bajos de MO pueden ser indicadores de esta contaminación. Los valores de MO fueron menores en 2005 que en 2006, lo que podría deberse al pase de rulo dado tras la siembra del segundo año. Sólo se detectaron diferencias significativas entre cultivos en el segundo corte del 2005 y en el primero del 2006, siendo superior para el GT, en ambos casos.

Según Flores (2004), citando a Demarquilly, un contenido en CSA igual o superior al 12-13% sería adecuado para obtener una buena calidad de fermentación en ensilados de hierba en corte directo. Sólo disponemos de valores para de CSA para el año 2006. El efecto de la interacción cultivo x fecha de corte fue significativo, aunque las diferencias de CSA entre cultivos, para las dos fechas, fueron de grado pero no de orden. Los valores de CSA fueron mayores en RG que en GT, y para este último sólo se superó el 12% en la primera fecha de corte.

Cultivo de maíz

En el análisis de varianza general, el efecto de la interacción año x fecha de siembra se mostró significativo para todas las variables estudiadas, salvo MO, PB y FAD, mientras que el de la interacción año x cultivo anterior sólo fue significativo para la variable de rendimiento. Por esta razón procedimos a un análisis de cada año por separado. En la tabla 2, se presentan los valores medios de los efectos del cultivo anterior y de la fecha de siembra en cada año.

Tabla 2: efecto del cultivo anterior y la fecha de siembra sobre la producción, el encamado y la composición química en los dos años de cultivo de maíz.

	PRODUCCIÓN		COMPOSICIÓN QUÍMICA Y % DE MAZORCA						
	real kg MS/ha	encamado kg MS/ha	MS	MO	PB	FAD	CSA	IVOMD	MZ
2005									
1ª fecha	13927	0	34,5	96,9	4,9	23,3	10,7	65,6	55,7
2ª fecha	13073	0	32,3	96,5	6,9	22,0	14,3	59,6	52,9
DMS	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	0,2	0,8	0,5	1,0	1,2	1,8
GT	13750	0	33,4	96,6	6,1	22,8	12,8	62,6	53,6
RG	13275	0	33,4	96,8	5,7	22,5	12,2	62,6	55,0
DMS	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>
2006									
1ª fecha	15630	0	43,0	96,5	5,5	23,1	8,3	72,1	59,9
2ª fecha	10431	988	38,7	93,2	7,8	20,5	8,5	73,5	63,8
DMS	1704	339	1,0	<i>ns</i>	0,5	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	1,9
GT	14445	540	40,8	96,0	6,8	22,6	8,2	73,3	61,8
RG	11617	448	40,8	93,7	6,6	21,0	8,6	72,3	61,9
DMS	1836	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>

DMS = diferencia mínima significativa al 5%; ns = diferencia no significativa; GT = guisante-triticale; RG = raigrás italiano; 1ª fecha = siembra normal con la variedad Buxi (FAO 330); 2ª fecha = fecha tardía con la variedad Anjou (FAO 260). MZ = % de mazorca en MS

Una de las hipótesis de partida era que el cultivo asociado GT tiene un efecto positivo sobre el rendimiento de los cultivos siguientes en el mismo año y en los siguientes. En los dos años, el rendimiento del maíz en kg MS/ha fue mayor tras el cultivo de GT, aunque las diferencias sólo fueron significativas en el segundo, lo que confirma la hipótesis inicial y advierte de un posible efecto a más largo plazo que habrá que confirmar en años posteriores. La causa puede ser la capacidad del guisante para fijar nitrógeno aprovechable por el cultivo siguiente (Anil, 1998), pero nosotros también advertimos que tras el GT el suelo queda más suelto, lo que supone una ventaja frente al RG porque permite obtener una cama de siembra mejor para el maíz, con el mismo número de pases de grada, o bien reducir el número de pases de grada para obtener el mismo efecto. El rendimiento fue mayor en la fecha de siembra temprana, como era de esperar, aunque las diferencias sólo fueron significativas en el año 2006. Sólo se produjeron pérdidas por encamado en el año 2006 y fueron debidas a un fenómeno insólito, como el paso de un huracán antes de la cosecha. Los efectos sólo fueron apreciables en las subparcelas de siembra tardía y no se encontraron diferencias por el efecto del cultivo anterior. Es interesante destacar que, en cuanto al rendimiento del maíz, la ventaja de la siembra temprana se pone en evidencia sobre todo en años de climatología más adversa, como fue el 2006, mientras que en años más benignos, como el primero, queda más atenuada.

En cuanto a las variables de composición química, no se encontraron diferencias significativas entre las parcelas sembradas sobre GT y RG, como cultivo anterior. Se encontraron diferencias significativas entre fechas de siembra, especialmente en el primer año, aunque éstas también pueden deberse sobre todo al efecto de la variedad de maíz empleada.

Conclusiones

Los rendimientos del cultivo asociado de GT durante dos años fueron iguales o superiores a los del RG aprovechado en un solo corte, y con un contenido superior en proteína bruta.

El valor nutritivo del ensilado de GT va a depender del momento de corte y de su correcto ensilado posterior. Se recomienda cosechar el GT en la fecha temprana, en la floración de ambas especies. El retraso de la cosecha bajará la PB, los CSA, aumentará el riesgo de encamado y disminuirá el rendimiento del maíz al retrasar su fecha de siembra.

Los rendimientos del maíz fueron mayores después del GT que del RG, y en la siembra temprana que en la tardía, aunque las diferencias sólo fueron significativas en el segundo año.

Bibliografía

ANIL, L.; PARK, J.; PHIPPS, R.H. Y MILLER, F.A., 1998. Temperate intercropping of cereals for forage: a review of the potential for growth and utilization with particular reference to the UK. *Grass and Forage Science*, **53**, 301-317.

BARBEYTO, F., 1999. As explotaciónes leiteiras na década dos noventa: pasado, presente..futuro?. *Revista de Xovenes Agricultores*, Xullo 99, 75-82.

CASTRO, P., 2000. Determinación de carbohidratos no estructurales en forrajes. *III Reunión Ibérica de Pastos y Forrajes*, 447-453. Ed. Consellería de Agricultura, Gandería e Política Agroalimentaria. Santiago de Compostela (España).

FLORES, G.; GONZÁLEZ-ARRÁEZ, A.; PIÑEIRO, J.; CASTRO, P.; DÍAZ-VILLAMIL, L. Y 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. *Actas de la reunión científica de la SEEP*, 261-267. Sevilla (España),

FLORES, G., 2004. Factores que afectan a la calidad del ensilaje de hierba y a la planta de maíz forrajero en Galicia y evaluación de métodos de laboratorio para la predicción de la digestibilidad in vivo de la materia orgánica de estos forrajes ensilados. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Madrid, 22-27.

LLOVERAS, J., 1987. Forage production and quality of several crop rotations and pastures in northwestern Spain. *Grass and Forage Science*, **42**, 241-247

PIÑEIRO, J.; DÍAZ, N.; SANTOALLA, M. C.; SUÁREZ, R.; FERNÁNDEZ, J., 2004. Variedades de quisantes para forraje. Siembras de otoño. *Actas de la XLIV Reunión Científica de la SEEP*, 405-409. Salamanca (España).

SAS INSTITUTE, 2000. SAS/Stat User's Guide, v.8.1, SAS Institute Inc., Cary, NC (EEUU)
SHELDRIK, R.; THOMSON, D.; NEWMAN, G., 1987. Forage peas. En: *Legumes for milk and meat*. Capítulo 8. Chalcombe Publications. Marlow-Bucks (UK). pp 77-80.

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*, 701-710. Gijón (España).

Agradecimientos

Este trabajo ha sido posible gracias a la financiación INIA por medio del proyecto RTA2005-00217-00-00.

COMPARISON OF FORAGE ROTATIONS PEA-TRITICALE/CORN AND ITALIAN RYEGRASS/CORN

Summary

Production and chemical composition of two forage winter crops for silage, peas (*Pisum sativum* L.) intercropped with triticale (x *Triticosecale* Witt.) (GT) and Italian raygrass (*Lolium multiflorum* L.) (RG), were evaluated in two years. Yield and quality of both winter crops were compared and their effects as well as the effect of the harvesting date on the subsequent maize (*Zea mays* L.) forage production were studied. Dry matter yield of GT, in kg DM/ha, was equal or superior to RG, ranging from 4811 to 6608 at early and late harvesting dates, respectively, in the first year, and from 6232 to 8249 in the second. Crude protein (CP) content was also higher in GT, ranging from 15.0 to 12.0% in the first year, and from 11.3 to 10.0% in the second year. Water soluble carbohydrate (WSC) content was higher in RG. Corn forage yield was higher after GT than RG, specially, in the early sowing, although differences were only significant in the second year. Therefore, GT may be an alternative to RG as winter forage crop in rotation with corn, recommending early harvesting dates.

Key words Intercrops, intensive rotation, forage cereals, forage legumes, maize .

EFFECTOS DE LA FERTILIZACIÓN EN LA COMPOSICIÓN QUÍMICA Y FLORÍSTICA DE LOS PASTOS DE LA MESETA DE TENO, TENERIFE. I.

E. CHINEA; T. ALARCÓN; H. GARCÍA-ESTÉVEZ & J. L. MORA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agraria. Dpto. de Edafología y Geología. (ULL).
Tenerife (Islas Canarias) España .E-mail: echinea@ull.es

Resumen

El Parque Rural de Teno es un Espacio Natural Protegido ubicado en el noroeste de la isla de Tenerife, que cuenta con una extensión de 8064 ha. Se han aplicado diferentes ensayos de fertilización durante los años 2003 y 2004, empleando compost de residuos sólidos urbanos (RSU), superfosfato de cal y fertilizante ecológico. La producción media osciló entre 2086 y 1201 kg MS/ha, en 2003 y 2004, respectivamente. Los niveles de fósforo para este tipo de suelos de origen volcánico se mantienen bajos, situándose entre 38,5 ppm (fertilizante ecológico) y 56,5 ppm (RSU). Los mayores niveles de calcio asimilable se alcanzan en suelos tratados con fertilizante ecológico (21,8 meq/100g). Los RSU producen, en los pastizales, incrementos ligeros en las concentraciones de fósforo (0,26%) y bastante superiores en las de potasio (2,12%) y magnesio (0,42%). La fertilización ecológica contribuye al aumento en los niveles de calcio (0,79%), sodio (0,73%) y proteína bruta (9,87%), presentándose como una buena alternativa al superfosfato de cal aunque se hace necesario prolongar este estudio para contrastar su eficacia con el tiempo.

Palabras clave: Parque Rural de Teno, abonado, suelo, pastizales.

Introducción

Por el decreto de Ley 12/87 de Espacios Naturales Protegidos de Canarias, fue declarado Parque Natural todo el Macizo de Teno. Teno Alto constituye una amplia meseta con una superficie de 700 ha, situada entre los 500 y 700 msnm. La población humana, reducida y aislada, basa gran parte de su economía en la cabaña caprina; ésta se distribuye en pequeños rebaños, y su producción se dedica casi exclusivamente a la elaboración de queso fresco artesanal, de gran demanda en el mercado local (China *et al.*, 2003).

La ganadería vinculada al pastoreo tiene un alto componente de interacción con el medio. Es por ello que resulta clave su estudio, caracterización, mejora y regulación (Mata *et al.*, 2003). Con frecuencia, la supresión del pastoreo tradicional en zonas protegidas de montaña, ha supuesto la disminución drástica de aquellas especies que se querían proteger. Este tipo de pastoreo puede constituir una herramienta más para la gestión ambiental de zonas protegidas (Urios y Ríos, 2001). Los recursos forrajeros de la isla de Tenerife se limitan a cubrir en una pequeña proporción las necesidades de mantenimiento del ganado, siendo lo más corriente la alimentación casi en su totalidad a base de alimentos importados (China *et al.*, 2003). Por todo ello, resulta decisiva la mejora de la calidad y producción vegetal de la Meseta, estableciendo una cobertura vegetal ligada a la conservación de los suelos y dirigida hacia una explotación sostenible.

Según China *et al.* (2003), la producción media de los pastos de la zona es aceptable. Sin embargo, los niveles medios de PB y P son bajos, y en ocasiones también los de Ca. Para subsanar las deficiencias encontradas en los suelos y pastos de la Meseta se ha realizado el presente ensayo de fertilización durante dos años consecutivos, empleando compost de residuos sólidos urbanos (RSU) y dos tipos de fertilización fosfórica, superfosfato de cal y un fertilizante ecológico. Se estudió la producción, composición florística y calidad de los pastizales, así como las características químicas de los suelos durante los años 2003 y 2004.

Materiales y Métodos

Situación y características de la parcela. El ensayo se llevó a cabo en la Finca “La Siete”, perteneciente al Cabildo Insular de Tenerife y situada en la Meseta de Teno. Tiene una superficie total de 85,65 ha y está a una altitud de 523 msnm. El clima local es de tipo mediterráneo con veranos frescos y húmedos. Ambos años fueron termométricamente similares, alcanzando una temperatura media de 13 °C. Las lluvias se concentran en la época más fría, entre los meses de octubre-abril. Durante el ciclo de cultivo se recogieron 344 (2003) y 355,8 (2004) mm. El ensayo consistió en el establecimiento de 16 parcelas elementales de 4m² distribuidas al azar, con cuatro repeticiones y cuatro tratamientos. Los tratamientos elegidos, dosis y fechas de aplicación pueden observarse en la Tabla 1.

Tabla 1. Tratamientos y dosis empleadas.

Tratamiento	1ª Dosis (14/11/02)	2ª Dosis (31/10/03)
Testigo	---	---
Fertilizante ecológico	72 kg/ha de P ₂ O ₅	144 kg/ha de P ₂ O ₅
Superfosfato de cal 18%	72 kg/ha de P ₂ O ₅	144 kg/ha de P ₂ O ₅
RSU	10 t/ha	20 t/ha

Análisis de suelo. Se tomaron cuatro muestras de suelo por año estudiado, cada muestra corresponde a uno de los tratamientos empleados. Fueron secadas al aire libre, disgregadas y tamizadas a 2 mm de malla. La textura se determinó mediante un hidrómetro de Bouyoucos. El pH fue medido en pasta saturada y la C.E. sobre el extracto saturado del suelo. Para la determinación de la M.O. se utilizó el método de Walkley-Black (1934). El N se calculó por el método de Kjeldahl. El P asimilable se determinó según el método adaptado por Watanabe y Olsen (1965). La C.I.C., tras la sustitución completa de los cationes de cambio, se determinó usando un espectrofotómetro de emisión. Los cationes asimilables (K, Na, Ca y Mg) se extrajeron con una solución de acetato amónico 1N (pH=7), determinándose con un espectrofotómetro de absorción atómica.

Análisis de pasto. La recogida de las muestras vegetales se realizó cortando a ras del suelo una superficie de 1m², durante la primavera de 2003 y al final del invierno de 2004. El criterio seguido para la toma de las muestras fue realizar un corte al año y esperar a que el pasto alcanzara la madurez. Después del muestreo no se cortó toda la parcela. Las parcelas experimentales estaban protegidas del pastoreo de los animales. Se tomó el peso fresco de las muestras y a continuación, se introdujeron en una estufa de aire forzado a 60°C hasta peso constante. Posteriormente se clasificaron en Gramíneas, Leguminosas y Otras familias, para conocer la proporción de cada una de ellas. La determinación de M.S., P, K, Ca, Mg, Na y PB se realizó siguiendo las técnicas de la AOAC (2006). Para el cálculo de la FND, FAD, CAD, LAD y HEM se emplearon las técnicas descritas por Goering y Van Soest (1970).

Análisis estadístico. Con los valores de producción obtenidos y los parámetros químicos calculados en los diferentes muestreos del pasto, se realizó el estudio estadístico utilizando el programa SPSS 13.00.

Resultados y Discusión

Producción de hierba. La producción de hierba alcanza los valores más elevados durante el primer año y en los pastos tratados con fertilizante ecológico (2652,7 kg MS/ha, en 2003 Tabla 2). Las temperaturas y la distribución de las precipitaciones de la zona tienen tanta importancia como el tratamiento y los años sobre la producción de hierba según indica la varianza aplicada de los análisis estadísticos ($R^2 = 0,507$).

Composición botánica del pasto. En la Tabla 2 se aprecian los porcentajes medios para cada grupo botánico. No existen diferencias significativas entre tratamientos para ninguno de los grupos botánicos estudiados. En 2003 son las Gramíneas las que alcanzan una mayor proporción, con un 62,63%, en el 2004 son Otras las que llegan al 61,17%, quedando las Gramíneas en tan solo un 36,1%. Las Leguminosas, a pesar de que su proporción es mayor en el primer año, no se ven influenciadas significativamente por el factor año. Según los porcentajes encontrados de cada grupo botánico y las varianzas aplicadas resultantes de los ANOVA, podemos afirmar que la composición botánica presente en nuestros pastos va a estar condicionada fundamentalmente por los factores ambientales.

Tabla 2. Producción, Materia Seca (M.S.) y porcentaje de peso seco (%) de cada uno de los grupos botánicos para cada tratamiento y año.

	Producción (kg MS/ha)	M.S. (%)	Gramíneas (%)	Leguminosas (%)	Otras (%)
Tratamiento					
Testigo	1453 ^a	28 ^a	49,87 ^a	5,08 ^a	45,04 ^a
F.Ecológico	2259 ^b	27 ^a	56,25 ^a	5,51 ^a	38,24 ^a
RSU	1742 ^{a,b}	26 ^a	43,14 ^a	2,18 ^a	54,67 ^a
Superfosfato	1121 ^a	28 ^a	48,13 ^a	5,39 ^a	46,47 ^a
<i>P</i>	0,020	0,647	0,608	0,776	0,516
Año					
2003	2086	31	62,63	6,32	31,05
2004	1201	23	36,07	2,77	61,17
<i>P</i>	0,003	0,000	0,001	0,185	0,001

Nota: Los datos son valores medios. Las letras distintas muestran la existencia de diferencia significativa. Test de Duncan; $P < 0,05$.

Tabla 3. Concentración (% M.S.) de P, K, Ca, Mg y Na para cada tratamiento, año y familia botánica.

	Concentración (% M.S.)				
	<i>P</i>	<i>K</i>	<i>Ca</i>	<i>Mg</i>	<i>Na</i>
Tratamiento					
Testigo	0,25 ^a	1,80 ^b	0,74 ^a	0,39 ^a	0,52 ^a
F. Ecológico	0,25 ^a	1,72 ^{a,b}	0,79 ^a	0,38 ^a	0,73 ^a
RSU	0,26 ^a	2,12 ^c	0,71 ^a	0,42 ^a	0,42 ^a
Superfosfato	0,25 ^a	1,62 ^a	0,73 ^a	0,40 ^a	0,49 ^a
<i>P</i>	0,431	0,000	0,822	0,504	0,114
Año					
2003	0,25	1,59	0,69	0,38	0,48
2004	0,25	2,07	0,81	0,42	0,62
<i>P</i>	0,331	0,000	0,057	0,084	0,001
Familia					
Gramíneas	0,23 ^a	1,52 ^a	0,19 ^a	0,25 ^a	0,29 ^a
Leguminosas	0,19 ^a	1,85 ^b	0,92 ^b	0,42 ^b	0,45 ^b
Otras	0,29 ^a	2,09 ^c	1,21 ^c	0,54 ^c	0,85 ^c
<i>P</i>	0,112	0,000	0,000	0,000	0,000

Nota: Los datos son valores medios. Las letras distintas muestran la existencia de diferencia significativa. Test de Duncan; $P < 0,05$.

Composición química del pasto. El valor anual medio de P es de un 0,25% (Tabla 3). No existen diferencias, estadísticamente significativas en el contenido de este elemento para ninguno de los factores estudiados (Tratamiento, Año y Grupo botánico). Es el grupo botánico Otras el que alcanza mayores niveles para todos los tratamientos empleados. Los niveles de P encontrados se encuentran rozando el nivel mínimo de 0,25% (McDowell, 1985) descrito para la alimentación de rumiantes. A pesar de estar incorporando importantes cantidades de este elemento al suelo, mediante la fertilización, no se observa efecto ninguno debido a la lenta liberación del mismo. Los niveles de K, Ca, Mg y Na, en general, llegan a satisfacer las necesidades del ganado, estando por encima del nivel mínimo establecido para rumiantes (McDowell, 1985). Todos los elementos muestran una marcada diferencia entre años y entre grupos botánicos. En el 2004 se observa un incremento de las concentraciones respecto a 2003, debido a la incorporación de los fertilizantes en el suelo. Siempre es el grupo botánico Otras el que registra valores más altos, seguido por las Leguminosas, estando en último lugar las Gramíneas. El K es el único elemento que muestra variación significativa entre tratamientos, siendo el tratamiento a base de RSU en el que se dan los mayores niveles de este elemento. Los valores de PB (Tabla 4) son similares a los obtenidos por otros autores para pastos de zonas semiáridas (Vázquez de Aldana *et al.*, 2002). Los niveles de PB son aceptables teniendo en cuenta las necesidades nutritivas para diferentes especies de rumiantes (McDowell, 1985). Existe variación entre años y entre familias, siendo las Leguminosas las que alcanzan siempre los valores más elevados de PB. Como se puede ver en la Tabla 4, los niveles de FND, FAD, CAD y HEM son bastante buenos aproximándose a los valores encontrados en la alfalfa deshidratada (García Criado *et al.*, 1986). Estos parámetros son siempre mayores en el año 2003 donde se registran los mayores porcentajes de materia seca y generalmente en el grupo Gramíneas.

Tabla 4 Porcentaje (%) de proteína bruta (PB), Fibra Neutro Detergente (FND), Celulosa Acido Detergente (CAD), Lignina Acido Detergente (LAD) y Hemicelulosa (HEM) para cada tratamiento, año y familia botánica.

	(%)					
	PB	FND	FAD	CAD	LAD	HEM
Tratamiento						
Testigo	8,74 ^a	43,69 ^a	32,67 ^a	25,25 ^a	7,42 ^a	11,02 ^a
F. Ecológico	9,87 ^a	43,63 ^a	31,87 ^a	22,38 ^a	9,49 ^a	11,77 ^a
RSU	9,76 ^a	46,99 ^a	33,58 ^a	24,54 ^a	9,04 ^a	13,41 ^a
Superfosfato	9,61 ^a	46,26 ^a	33,69 ^a	24,77 ^a	8,92 ^a	12,57 ^a
<i>P</i>	0,806	0,283	0,709	0,459	0,916	0,188
Año						
2003	9,08	48,88	35,53	25,56	9,98	13,35
2004	10,04	40,94	29,98	22,58	7,41	10,96
<i>P</i>	0,002	0,000	0,000	0,003	0,009	0,001
Familia						
Gramíneas	8,43 ^b	56,61 ^b	35,18 ^b	26,53 ^b	8,65 ^a	21,43 ^c
Leguminosas	14,31 ^a	39,18 ^a	29,79 ^a	21,12 ^a	8,67 ^a	9,39 ^b
Otras	8,30 ^b	36,62 ^a	32,22 ^a	23,27 ^a	8,95 ^a	4,40 ^a
<i>P</i>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,439	0,000

Nota: Los datos son valores medios. Las letras distintas muestran la existencia de diferencia significativa. Test de Duncan; $P < 0,05$.

Composición química del suelo. Los suelos analizados tienen textura arcillosa. Se trata de suelos neutros o ligeramente ácidos, lo que puede considerarse normal para pastos atlánticos (Ferrer *et*

al., 1990). La C.E. osciló entre 0,79 (fertilizante ecológico) y 1,19 (RSU) mS/cm, lo que indica que son suelos no salinos (Junta de Extremadura, 1992). En los suelos tratados con RSU se observa un ligero aumento de la salinidad en comparación con los suelos tratados con otro tipo de fertilizante. Los valores de M.O. son adecuados (Sáenz, 1975), tendiendo a aumentar de un año a otro salvo en suelos tratados con superfosfato de cal. El N en suelo oscila entre 0,29 (superfosfato) y 0,35% (RSU), estos niveles pueden considerarse entre medio-ligeramente alto (Sáenz, 1975). Los niveles de P (Olsen) toman valores que oscilan entre 38,5 y 56,5 ppm. Es curioso observar como el suelo testigo posee contenidos ligeramente mayores de este elemento, que el suelo tratado con fertilizante ecológico. Los suelos de origen volcánico tienen características ándicas, con unas propiedades mineralógicas y físicas muy particulares. Una de sus características importantes es su capacidad de retención de fosfatos, por lo que sus requerimientos son mucho mayores que otros tipos de suelos. El valor de la C.I.C. en los suelos analizados varía entre 47,13 meq/100 g, en suelos tratados con fertilizante ecológico, y 52,28 meq/100 g en suelos sin fertilizar. Los valores de K, Mg y Na asimilables están generalmente en cantidades adecuadas mientras que los de Ca son ligeramente bajos (Hernández-Abreu *et al.*, 1980), sobretodo en los suelos tratados con RSU. En las muestras tratadas con superfosfato de cal se observa una leve incorporación del calcio al suelo, debido a que se trata de un abono de liberación lenta y va a ser difícil contrastar su eficacia en los primeros años de su aplicación. En las muestras tratadas con fertilizante ecológico se observa un incremento mayor del contenido de este elemento.

Tabla 5. Características químicas de los suelos, son valores medios para cada tratamiento en el 2003 y 2004.

	Testigo	F. Ecológico	RSU	Superfosfato
Arcilla (%)	44,26	46,16	46,46	46,19
Limo (%)	28,77	28,56	28,64	28,58
Arena (%)	26,96	25,27	25,08	25,23
pH (pasta sat.)	6,52	6,33	6,57	6,49
CE (Ext. Sat., mS/cm)	0,84	0,79	1,19	0,86
MO (%)	6,56	6,11	6,83	6,04
Nitrógeno (%)	0,33	0,31	0,35	0,29
Fósforo (ppm)	41,50	38,50	56,50	41,00
CIC (meq/100g)	52,28	48,05	50,13	47,13
<i>Cationes Cambiables</i>				
K (meq/100g)	2,63	1,65	3,02	1,93
Ca (meq/100g)	19,07	21,80	15,45	20,88
Mg (meq/100g)	17,77	15,68	16,66	19,24
Na (meq/100g)	1,75	3,55	1,83	1,25

C.E. = Conductividad Eléctrica; M.O. = Materia Orgánica; C.I.C. = Capacidad de Intercambio Catiónico.

Conclusiones

Los mayores niveles de producción se alcanzan en suelos tratados con fertilizante ecológico, seguidos de los tratados con RSU. El grupo Leguminosas es siempre más rico en macronutrientes que las Gramíneas, pero menos que el grupo Otras. La calidad de la hierba es buena, se trata de pastos con mucha celulosa y un contenido aceptable de proteína, aunque éste podría verse mejorado con un uso prolongado de la fertilización fosfórica. El tratamiento a base de RSU es el que más ha contribuido a la mejora de los pastos, seguido del tratamiento con fertilizante ecológico.

Bibliografía

- AOAC, 2006. *Official Methods of Analysis*. 18th Ed. Washington. D.C. (USA).
- CHINEA, E.; BARQUÍN, E.; AFONSO, C.; MESA, R.; GARCÍA-CRIADO, B., 2003. Suelos y pastos de la Meseta del Parque Rural de Teno (Tenerife-Islas Canarias). *Revista de la Facultad de Agronomía*. **20**: 210-231. Universidad del Zulia (Venezuela).
- FERRER, C.; AMELLA, A.; MAESTRO, M.; OCAÑA, M., 1990. Explotación de pastos en caseríos guipuzcoanos. I. La producción de hierba. En: *Explotación de pastos en caseríos guipuzcoanos*, 9-52. Ed. A. Amella y C. Ferrer. Departamento de Agricultura y Economía Agraria. Universidad de Zaragoza (España).
- GARCÍA-CRIADO, B.; GARCÍA-CIUDAD, A.; RICO-RODRÍGUEZ, M.; GARCÍA-CARABIAS, M. S., 1986. Composición químico-bromatológica de alfalfa deshidratada destinada al comercio exterior. *Actas de la XXVI R.C. de la SEEP* 71-87.
- GOERING, H. K.; VAN SOEST, P. J., 1970. *Forage fiber analysis (apparatus, reagents, procedures and some applications)*. ARS-USDA Agric. Handbook n° **379**. 20 pp. (USA).
- HERNÁNDEZ-ABREU, J. M.; MASCAREL, J.; DUARTE, S.; PÉREZ-REGALADO, A.; SANTANA, J. L.; SOCORRO, A. R., 1980. *Seminario sobre interpretación de análisis químicos de suelos, aguas y plantas*. Centro Regional de Investigaciones y Desarrollo Agrario de Canarias. 143 pp. (España).
- JUNTA DE EXTREMADURA. 1992. *Interpretación de análisis de suelo, foliar y agua de riego*. Junta de Extremadura. Editorial Mundi-Prensa, 280 pp. Madrid (España).
- McDOWELL, L. R. 1985. *Nutrition of grazing ruminants in warm climates*. Academic Press, 443 pp. New York (USA).
- MATA, J.; BERMEJO, L. A.; CAMACHO, A., 2003. *Uso ganadero de Teno Alto y de la Finca La Siete. Diagnóstico y propuesta de manejo*. Área de producción animal. Departamento de Ingeniería, Producción y Economía Agrarias. Universidad de La Laguna. 50 pp. (España).
- SÁENZ, A. 1975. *Formulario técnico de suelos*. Universidad de Costa Rica. Serie textos, n°: **241**. 396 pp. (Costa Rica).
- URIOS, V.; RÍOS, S., 2001. Ganadería y biodiversidad. En: *Ganadería y conservación de la biodiversidad en el Parque Natural del Marjal de Pego-Oliva*, 55-57. Ed. V. Urios y S. Ríos. CIBIO-Universidad de Alicante. Alicante-Valencia (España).
- VÁZQUEZ-DE-ALDANA, B. R.; GARCÍA-CIUDAD, A.; PÉREZ-CORONA, M. E.; GARCÍA-CRIADO, B., 2002. Pastos de dehesa: Calidad nutritiva. En: *Producción de pastos, forrajes y céspedes*, 463-467. Ed. C. Chorraco, F. Santiveri, I. Bouet y J. Lloveras. Universidad de Lleida. Lleida (España).
- WALKLEY, A.; BLACK, A., 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science Society of America Journal*, **37** 29-38.
- WATANABE, F. S.; OLSEN, S. R., 1965. Test of an ascorbic acid method for determining P in water and NaHCO₃ extract from soil. *Soil Science Society of America Journal*, **29** 667-668.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido subvencionado por el Excmo. Cabildo Insular de Tenerife (Unidad Insular de Medio Ambiente. Parque Rural de Teno).

FERTILIZATION EFFECTS ON MESETA DE TENO (TENERIFE, SPAIN) PASTURES CHEMICAL AND FLORISTIC COMPOSITION. I.

Summary

Teno's Rural Park is a natural protected space located in the northwest of the island of Tenerife, with an extension of 8064 ha. Different treatments of fertilization have been applied during the years 2003 and 2004, using compost of urban residues, superphosphate and an ecological fertilizer. The average dry matter production ranged between 2086 and 1201 kg/ha in 2003 and 2004. The levels of phosphorus for this type of volcanic soils are low, between 38,5 ppm (ecological fertilizer) and 56,5 ppm (urban residues). The higher level of exchange calcium was reached in soils treated with ecological fertilizer (21,8 meq/100g). The urban residues produced, in the rough grassland light increases on phosphorus concentrations (0,26 %) and quite high in those of potassium (2,12 %) and magnesium (0,42 %). The ecological fertilization increase the levels of calcium (0,79 %), sodium (0,73 %) and crude protein (9,87 %), appearing as a good alternative to the superphosphate. However, it becomes necessary to continue this study to confirm the efficiency of phosphorus fertilization with time.

Key words: Teno Rural Park, fertilization, soils, rough grassland.

EFFECTOS DE LA FERTILIZACIÓN EN EL SUELO Y PASTIZALES DE LA MESETA DE TENO, TENERIFE. II.

E. CHINEA; H. GARCÍA-ESTÉVEZ; T. ALARCÓN & J.L. MORA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agraria. Dpto. de Edafología y Geología (ULL).
Tenerife (Islas Canarias). España. Email: echinea@ull.es.

Resumen

Los ecosistemas de los pastizales de la Meseta de Teno (Parque Rural de Teno) se caracterizan por presentar una producción variable entre estaciones y años. Ello influye en que la suplementación del ganado caprino constituya algo más de la mitad de sus necesidades nutritivas. Con el fin de mejorar los suelos y la producción de los pastos se determinó el efecto de la aplicación de residuos sólido urbanos (RSU) y de la fertilización fosfórica (roca fosfórica y superfosfato de cal) en la mejora de la calidad y producción de los pastizales, durante 2005 y 2006. El tratamiento que más influyó sobre la fertilidad del suelo fue la aplicación de RSU, elevando las propiedades químicas del suelo a un contenido de MO 6,87%; N 0,42%; P (Olsen) 78,32 ppm; Ca asimilable 31,36 meq/100gr sin producir desequilibrios asociados a la concentración de nutrientes. El superfosfato de cal fue el que más influyó en la mejora de la calidad del forraje (P 0,39%; Ca 1,20%; Mg 0,32%). La influencia de la roca fosfórica fue reducida, aunque es el único tratamiento que aumentó la producción de materia seca (3753 kg MS/ha).

Palabras Clave: Roca fosfórica, superfosfato, residuos sólidos urbanos.

Introducción

Las explotaciones ubicadas en la Meseta de Teno Alto son de ganado caprino en su totalidad, siendo el censo actual de 20 granjas y 1056 hembras productoras (Mata *et al.*, 2003). La suplementación del ganado constituye algo más de la mitad de las necesidades nutritivas del ganado. La suplementación que se aporta corresponde a alimentos importados, un pequeño porcentaje es de producción propia. Esto es práctico en sistemas semiestabulados que son la mayoría en Teno, dado que el queso fresco de cabra es un producto muy valioso que haría rentable la mejora de los pastizales para la producción de leche.

La composición química de los suelos de la Meseta es variable, con niveles medios de nutrientes aceptables, aunque deficientes en P y altos para el Na. En los pastos los niveles de proteína bruta y P son bajos (China *et al.*, 2001a, 2001b).

En ensayos de fertilización realizados en la Meseta durante los años 2003 y 2004, empleando residuos sólidos urbanos (RSU), superfosfato de cal y un fertilizante ecológico, se evidenció la deficiencia de P. A pesar de estar incorporándolo a través de los fertilizantes, el suelo no lo asimiló, se alcanzó la mayor concentración con los RSU (56,5 ppm). Los mayores niveles de producción se alcanzaron con fertilizante ecológico (2256 kg MS/ha). La calidad de la hierba fue buena, siendo de pastos con mucha celulosa y un contenido aceptable de proteína. El tratamiento a base de RSU fue el que más contribuyó a la mejora de los pastos (P 0,26%; K 2,12%; Mg 0,42%) (Alarcón, 2006).

El objetivo es mejorar la calidad y producción de los pastos, para su aprovechamiento ganadero. Se estudió los efectos de la fertilización, las propiedades químicas del suelo, la producción, cobertura vegetal, composición botánica (Leguminosas, Gramíneas y Otras) y la calidad de la biomasa.

Materiales y Métodos

La experiencia de fertilización objeto de este trabajo está ubicada en la finca de “La Siete”, localizada en la Meseta de Teno, dentro del Parque Rural de Teno. El ensayo se realizó sobre pastizales naturales a una altitud de 523 msnm, en la vertiente Sur de la Meseta. El estudio se desarrolló en los años 2005 y 2006. Durante los periodos de ensayo en el 2005 se registraron las menores precipitaciones y temperaturas medias (162 mm y 13,9°C), aumentando ambos parámetros en el 2006 (285 mm y 14,5°C) (García-Estévez, 2006).

El diseño experimental fue de bloques al azar con cuatro repeticiones, ubicadas en bancales diferentes, siendo el tamaño de cada parcela elemental de 4 m². Se estudiaron tres fuentes de fertilización: roca fosfórica (144 kg/ha P₂O₅), superfosfato de cal 18% (144 kg/ha P₂O₅) y RSU (20 Tn/ha).

La aplicación de los tratamientos fue en superficie y se llevo a cabo en otoño (2 de Diciembre de 2004 y el 4 de Noviembre de 2005), siempre antes del inicio de las primeras lluvias.

El muestreo de los suelos se llevó a cabo en los primeros 15 cm. Los muestreos fueron en primavera, el 1 de Abril de 2005 y el 30 de Marzo de 2006.

Análisis de suelos. Las muestras se secaron al aire y se tamizaron a 2 mm. Se analizó el contenido en Materia Orgánica (MO) utilizando el método Walkley-Black modificado por la Comisión de Métodos Analíticos del Instituto Nacional de Edafología y Agrobiología “José M^a Albareda” (1973). El nitrógeno (N) se evaluó por el método Kjeldhal y el fósforo (P) según Watanabe y Olsen (1965). Los cationes asimilables fueron extraídos con una solución de acetato amónico 1N a pH=7 determinándose el Na y el K con el fotómetro de llama, “Corning”, y el Ca y el Mg con un espectrofotómetro de absorción atómica, “AA Spectrometer”. La Capacidad de Intercambio Cationico (CIC) se determinó con una disolución de acetato sódico a pH 8,2. El pH de la pasta saturada se midió con un pH-metro, “MeterLab PHM 210”, y la C.E. del extracto de saturación con un conductímetro, “InoLab WTW”. Para la extracción de los microelementos (Fe, Cu, Mn y Zn) se utilizó la solución extractante de DTPA a pH 7,3 (Sillanpää, 1982).

Se procedió a una estimación de la cobertura, expresada como porcentaje de suelo cubierto por el pasto. El corte del forraje se realizó mediante una siega anual en un 1 m², cuando el pasto alcanzó la floración y había empezado a madurar. La producción de forraje se cuantificó en materia seca (kg MS/ha), mediante la pesada de las muestras deshidratadas a estufa a 60°C hasta peso constante. La composición florística se estimó en porcentaje de peso seco (% ps) mediante la separación de las especies en Gramíneas, Leguminosas y Otras familias.

Análisis foliares. Se realizaron las siguientes determinaciones: Na, K, Ca, Mg, P, Cu, Zn, Mg y PB según la AOAC (2006), y la FAD, FND, celulosa, hemicelulosa y lignina por el método de Goring y Van Soest (1970).

Análisis estadístico. Se realizó mediante un análisis de varianza (ANOVA) entre las variables estudiadas. En la comparación de medias se utilizó el Test de Duncan (P<0,05). Para el tratamiento de las variables se usó el paquete estadístico SPSS 13.00.

Resultados y discusión

Suelos. El tratamiento con RSU fue el que más elevó el contenido en MO (6,87%) y N (0,42%), presentando diferencias significativas (Tabla 1). Estos aumentos se produjeron debido al aporte de N y a la alta calidad como enmienda orgánica de los residuos además redujeron las pérdidas por lixiviación.

La cantidad de P presente en el suelo fue diferente según los tratamientos (Tabla 1), destacando la aportación de superfosfato de cal que dio lugar a la mayor concentración (90,39 ppm), como

consecuencia de su mayor riqueza en P soluble. Los niveles de P solo fueron adecuados para los RSU y superfosfato de cal, debido que al ser suelos de origen volcánico tienen elevada capacidad de retención (Hernández *et al.*, 1980). Entre años no hubo significación, aunque la concentración media aumentó en 10 ppm. La concentración de P fue superior a la obtenida por Alarcón (2006).

Los cationes cambiables que presentaron variabilidad fueron el K y Ca, obteniendo su nivel más alto en los RSU (Tabla 1). La concentración de Na más elevada también se produjo con los RSU (2,24 meq/100gr). En los dos años del ensayo la tendencia de la concentración de los cationes fue creciente, pero el aumento no fue significativo. Las cantidades de cationes asimilables alcanzaron unos valores superiores a los medios obtenidos para los suelos de la Meseta. Situándose los niveles máximos de Ca por encima del rango obtenido por China *et al.* (2001a). Sus cantidades en el suelo se sitúan dentro de los rangos recomendados para los suelos de Canarias (Hernández *et al.*, 1980).

Con el aporte de los fertilizantes se produjeron altas variaciones de pH y CE, alcanzando los RSU un nivel significativamente superior al resto (7,25 y 1,31 mS/cm). Estos parámetros se situaron dentro de los rangos medidos en los suelos de la Meseta por China *et al.* (2001a).

Los microelementos en el suelo se mostraron variables con los tratamientos en cambio, entre años solo se producen diferencias en el Mn y Fe. Los mayores contenidos de Cu y Zn se presentaron con los RSU, y los de Mn y Fe alcanzan su máximo valor en la roca fosfórica. Los microelementos se encuentran en niveles óptimos en el suelo (Mortveot *et al.*, 1972).

Tabla 1. Efecto de la fertilización en las propiedades edafológicas de los suelos de la Meseta de Teno, durante los años 2005 y 2006.

		Tratamientos					Años		
		Sig.	Testigo	Roca fosfórica	RSU	Superfosfato	Sig.	2005	2006
M.O.	%	0,018	5,14±1,38a	4,57±1,44a	6,87±1,29b	5,37±1,10a	0,405	5,28±1,73	5,69±1,28
N		0,000	0,35±0,04b	0,29±0,03a	0,42±0,03c	0,28±0,01a	0,354	0,34±0,05	0,33±0,08
P	ppm	0,001	54,81±10,3a	60,86±20,52a	78,32±18,36b	90,39±12,15b	0,093	66,12±19,66	76,82±20,35
Na		0,222	1,77±0,34a	1,91±0,42a	2,24±0,14a	1,95±0,57a	0,983	1,93±0,32	2,00±0,51
K		0,000	1,97±0,96a	1,53±0,60a	3,79±0,93b	1,76±0,55a	0,526	2,17±1,14	2,30±1,18
Ca	meq/100gr	0,000	19,70±1,91a	19,55±2,36a	31,36±5,87c	20,67±1,64b	0,201	21,70±4,44	23,94±7,18
Mg		0,599	14,41±2,10a	15,78±2,57a	14,19±4,44a	13,71±2,97a	0,368	14,01±2,22	15,03±3,51
C.I.C		0,000	50,94±1,79c	48,44±1,16b	53,12±1,95d	45,5±1,51a	0,936	49,47±3,45	49,52±3,21
pH		0,000	6,57±0,19a	6,51±0,33a	7,25±0,27b	6,62±0,18a	0,205	6,79±0,32	6,68±0,44
C.E.	mS/cm	0,003	0,88±0,15a	0,83±0,09a	1,31±0,32b	0,93±0,15a	0,663	0,97±0,27	1,01±0,28
Cu		0,000	1,69±0,33a	1,85±0,34a	2,38±0,42b	1,49±0,31a	0,096	1,74±0,40	1,69±0,45
Zn		0,000	1,77±0,82a	1,92±0,75a	8,18±3,94b	1,84±0,46a	0,762	3,28±3,03	3,57±3,84
Mn	ppm	0,000	40,32±15,03bc	46,35±17,80c	25,40±14,10a	34,71±13,59b	0,000	49,43±10,57	23,28±8,78
Fe		0,010	65,09±11,34ab	71,30±13,87b	66,90±12,26a	66,21±7,85ab	0,000	74,39±7,40	56,24±4,74

Nota: Los datos son valores medios seguidos de las desviaciones típicas. Los valores con distinta letra son diferentes significativamente (Test de Duncan $P < 0,05$).

Pastizales. La cobertura de los pastizales que alcanzó porcentajes más altos en las parcelas donde se le aplicaron los tratamientos, siendo aquella superior al 93%. Presentaron niveles muy buenos, por encima de los niveles de riesgo de erosión hídrica marcados para la dehesa por Olea y López-Bellido (2001). La fertilización no influyó de forma significativa en la composición botánica (Tabla 2), aunque los porcentajes más elevados de Leguminosas se dieron con la aportación de roca fosfórica y superfosfato de cal, favorecidas por el P (Rodríguez *et al.*, 1991). Entre años, se produjeron diferencias en Gramíneas y Otras, disminuyendo el segundo año las Gramíneas, lo que se debió al aumento de las lluvias y temperaturas, que benefició el desarrollo de Leguminosas y Otras (Papastylianou, 1995). La elección del fertilizante fosfórico no afectó a la composición botánica llegando a similares conclusiones a las obtenidas por Olea *et al.* (2003).

Tabla 2. Efecto de la fertilización en la producción, materia seca y composición botánica de los pastos de la Meseta de Teno durante los años 2005 y 2006.

		Sig.	Tratamientos				Años		
			Testigo	Roca fosfórica	RSU	Superfosfato	Sig.	2005	2006
Producción	kgMS/ha	0,551	2861±2386a	3753±2411a	2754±1606a	2430±1027a	0,455	2354±777	3545±2493
MS	%	0,264	26,00±6,27a	28,52±7,13a	23,19±4,72a	27,49±2,81a	0,226	27,51±4,45	25,09±6,46
Leguminosas		0,435	3,80±5,54a	7,27±9,56a	0,54±1,16a	6,59±11,20a	0,315	3,82±6,81	6,52±10,07
Gramíneas	%p.s.	0,373	28,21±24,86a	59,24±23,82a	60,06±29,17a	49,77±34,24a	0,001	62,21±27,04	26,55±18,65
Otras		0,227	67,99±28,52a	33,49±27,00a	39,41±29,12a	43,64±31,81a	0,004	33,98±28,68	66,93±22,17

Nota: Los datos son valores medios seguidos de las desviaciones típicas. Los valores con distinta letra son diferentes significativamente (Test de Duncan $P < 0,05$).

Entre años no hubo diferencias significativas en la producción de forraje, aunque aumentó de 2354 kg MS/ha a 3545 kg MS/ha (Tabla 2). La influencia de los factores tratamiento y año es baja ($R^2 = 16,8\%$), lo que indica que esta condicionado por otros parámetros. La pluviometría es muy limitante y definitiva para la productividad, ya que regula la disponibilidad de agua y nutrientes, y además condiciona la presencia de determinadas especies (Steenekamp y Bosh, 1995). La temperatura y las precipitaciones fueron mayores el segundo año de estudio, lo que favoreció el aumento de la producción. Las mayores producciones medias correspondieron a la roca fosfórica, aunque no lo fueron significativamente con respecto a otros tratamientos.

El % de P en el pasto presentó diferencias significativas entre años (Tabla 3), con un aumento de la concentración el segundo año de estudio (0,39%). Esta variación se debió a que el grupo de Otras aumento, ya que la concentración del P en esta fracción botánica tiene los valores más elevados (Ruano, 1997). Los niveles de P superaron las concentración aceptada como valor mínimo para pequeños rumiantes (McDowell, 1985).

Tabla 3. Efecto de la fertilización en los análisis químico de los pastos de la Meseta de Teno, durante los años 2005 y 2006.

		Sig.	Tratamientos				Años		
			Testigo	Roca fosfórica	RSU	Superfosfato	Sig.	2005	2006
P		0,049	0,34±0,06a	0,34±0,04a	0,37±0,05ab	0,39±0,06b	0,002	0,34±0,05	0,39±0,06
K		0,000	2,07±,38b	2,12±0,58c	2,47±0,81a	2,01±0,28c	0,242	1,98±0,42	2,41±0,57
Ca	%	0,742	1,00±0,55a	1,03±0,44a	0,75±0,27a	1,20±0,49a	0,499	1,12±0,53	0,85±0,27
Mg		0,511	0,33±0,18a	0,27±0,07a	0,20±0,10a	0,32±0,10a	0,001	0,24±0,09	0,37±0,14
Na		0,559	0,57±0,19a	0,61±0,22a	0,53±0,32a	0,54±0,24a	0,000	0,47±0,20	0,72±0,19
Cu		0,067	12,47±2,80a	11,50±2,88a	12,99±2,97a	9,87±1,99a	0,062	10,89±3,14	12,52±2,29
Zn	ppm	0,043	32,00±12,76b	21,87±5,19a	30,28±7,13ab	21,43±8,08a	0,628	25,63±10,43	27,16±9,03
Mn		0,379	37,02±39,39a	32,10±12,46a	21,94±14,95a	21,05±8,95a	0,240	32,57±29,29	23,49±11,59
PB		0,000	10,35±1,11b	11,25±2,08c	12,37±1,78a	10,33±0,79c	0,242	11,13±1,62	11,02±1,80
FAD		0,885	36,75±4,67a	36,04±4,56a	38,33±9,39a	36,94±3,41a	0,872	37,18±4,57	36,85±6,85
FND		0,904	46,95±8,71a	46,85±7,57a	45,32±7,27a	47,82±6,60a	0,007	50,31±5,47	43,16±7,19
Celulosa	%	0,896	26,28±4,94a	28,16±2,55a	25,70±3,08a	26,85±3,04a	0,642	27,27±3,44	26,12±3,56
Hemicelulosa		0,976	10,20±4,28a	10,81±4,18a	9,49±6,12a	10,98±4,07a	0,001	13,13±2,56	7,61±4,46
Lignina		0,847	6,92±2,67a	5,67±1,32a	6,68±1,69a	6,12±1,75a	0,495	6,37±1,91	6,25±1,97

Nota: Los datos son valores medios seguidos de las desviaciones típicas. Los valores con distinta letra son diferentes significativamente (Test de Duncan $P < 0,05$).

El % de K en el pasto varió su concentración con los diferentes tratamientos (Tabla 3). Con la aportación de RSU se alcanzó la mayor concentración (2,47%). En el % de Ca se observaron diferencias significativas en las concentraciones entre los distintos tratamientos, presentando la mayor cantidad el superfosfato de cal (1,20%). En el último año aumentó el porcentaje de Otras en detrimento de las Gramíneas, lo que explica el aumento significativo en las concentraciones de Mg y Na, pues sus contenidos en Gramíneas son más bajos (Ruano, 1997).

En los micronutrientes (Cu, Zn y Mn) no se producen diferencias interanuales, siendo los contenidos medios en los tratamientos variables solo en el Zn.

Las cantidades de los macro y micronutrientes superan las aceptadas como valor mínimo en planta para pequeños rumiantes en pastoreo (McDowell, 1985).

Los valores mínimos de PB superan el valor mínimo del 7% aceptado para el mantenimiento correcto del ganado (Whitehead, 1966). No se produjeron diferencias interanuales, pero si entre los tratamientos (Tabla 2). El contenido mayor de PB se da con RSU (12,37%).

La proporción de FAD, FND, celulosa, hemicelulosa y lignina no presentó variación en los diferentes tratamientos (Tabla 3). Los contenidos más elevados en FAD y celulosa fueron similares a los de alfalfa deshidratada (García Criado *et al.*, 1986). Entre años no se presentaron diferencias significativas, con la excepción de la FND y la hemicelulosa, diferencia que se debe en mayor medida a la reducción el segundo año del porcentaje de Gramíneas frente al aumento de las otras dos fracciones botánicas.

Conclusiones

El tratamiento que más influye sobre la fertilidad del suelo es el RSU, mejorando las propiedades químicas del suelo. En los dos años de estudio en la fertilidad del suelo no se obtuvo diferencias significativas, solo ligeras variaciones en el fósforo y calcio.

De la composición botánica se deduce que la elección del fertilizante fosfórico es indiferente. Siendo la roca fosfórica el único tratamiento que aumenta la producción de materia seca.

Las diferencias en la calidad de la biomasa para los dos años son consecuencia de la variación de la composición botánica, la cual esta influenciada en su mayor parte por las diferencias climáticas registradas en los dos años. El superfosfato de cal es el que más influye en la mejora de la calidad del forraje. Se requiere continuar con el estudio durante un periodo de tiempo mayor, para evaluar la mejora del pastizal, debido a la lenta incorporación de los tratamientos.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido subvencionado por el Cabildo Insular de Tenerife (Unidad Insular de Medio Ambiente. Parque Rural de Teno).

Bibliografía

ALARCÓN, T., 2006. *Efectos de la fertilización en la composición química y florística de Teno Alto*. Trabajo Fin de Carrera. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agraria. Universidad de La Laguna.

AOAC, 2006. *Official Methods of Analysis*. Ed 18th. Washington D.C. USA

CHINEA, E.; BARQUÍN, E.; AFONSO, C. y GARCÍA-CRIADO, B., 2001a. Pastos de la Meseta de Teno, Tenerife. I. Características de los suelos. *Actas de XLI Reunión Científica de la SEEP*, 231-237. Alicante (España)

CHINEA, E.; BARQUÍN, E.; AFONSO, C. y GARCÍA-CRIADO, B., 2001b. Pastos de la Meseta de Teno, Tenerife. II. Calidad y producción. *Actas de XLI Reunión Científica de la SEEP*, 593-597. Alicante (España).

COMISIÓN DE MÉTODOS ANALÍTICOS EL INSTITUTO NACIONAL DE EDAFOLOGÍA Y AGROBIOLOGÍA "JOSÉ M^a ALBAREDA". 1973. Determinación analítica en suelos. Normalización de Métodos. *An. Edafol. Agrobiol.*, **32**, 1153-1172.

GARCÍA ESTÉVEZ, H., 2006. *Efectos de la fertilización en la Meseta de Teno*. Trabajo Fin de Carrera. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agraria. Universidad de La Laguna.

GARCÍA GRIADO, B.; GARCÍA CIUDAD, A.; RICO RODRÍGUEZ, M. y GARCÍA CARABIAS, M.S., 1986. Composición químico-bromatológica de alfalfa deshidratada destinada al comercio exterior. *Actas de XXVI Reunión Científica de la SEEP*, 71-87. Oviedo (España).

GOERING, H. K.; VAN SOEST, P. J., 1970. *Forage fiber analysis (apparatus, reagents, procedures and some applications)*. ARS-USDA Agric. Handbook nº 379. 20 pp.

HERNÁNDEZ, J.M.; MASCAREL, J.; DUARTE, S.; PÉREZ, A.; SANTANA, J.L. y SOCORRO, A.R., 1980. *Seminario sobre interpretación de análisis químicos de suelos, aguas y plantas*. Centro Regional Investigación y Desarrollo Agrario de Canarias. 143 pp.

MATA, J.; BERMEJO, L. A.; CAMACHO, A., 2003. *Uso ganadero de Teno Alto y de la Finca La Siete. Diagnóstico y propuesta de manejo*. Área de producción animal. Departamento de Ingeniería, Producción y Economía Agrarias. Universidad de La Laguna. 50 pp. (España).

McDOWELL, L.R., 1985. *Nutrition of grazing ruminants in warm climates*. Acad. Press, Inc. Orlando (USA).

MORTVEOT, J.J.; GIORDANO, P.M. y LINDSAY, W.L., 1972. *Micronutrients in Agriculture*. Soil Science of America. Inc. Madison.

OLEA, L.; CORETO, L.; LÓPEZ, R.J.; VIGUERA, J.; FERRERA, E. y POBLACIONES, M.J., 2003. Efecto de la aplicación de yeso y fósforo en los patos mejorados sobre suelos de rañas y rañizos de la Liberia extremeña (Badajoz). Ed./Co. A.B. ROBLES CRUZ, M^a E. RAMOS FONT Y M^a C. MORALES TORRES. En: *Pastos, desarrollo y conservación*, 167-171. Junta de Andalucía, Consejería de Agricultura y Pesca.

OLEA, L. y LÓPEZ-BELLIDO, R.J., 2001. El ecosistema de la dehesa: Producción y conservación. En: *Producción de pastos extensivos*, 61-69. Ed./Co. J. PIÑEIRO ANDINO Y N. DÍAZ DÍAZ. C.G.I.T.A. Consellería de Agricultura, Ganadería e Política Agroalimentaria, Lugo (España).

PAPASTYLIANOU, I., 1995. Effect of rainfall and temperatura on yield of Vicia sativa Ander rainfed Mediterranean conditions. *Grass Forage Sci.*, **50**, 456-460.

RODRÍGUEZ, M.; BESGA, G. y OYANARTE, M., 1991. Efecto de la fertilización fosfórica y potásica en el equilibrio de una mezcla de raigras inglés y trébol blanco. *Actas de XXXI Reunión científica de la SEEP*, 269-273. Murcia (España).

RUANO, A.M., 1997. *Análisis de la composición mineral en muestras herbáceas por espectroscopia de la reflectancia en el infrarrojo cercan. Diagnostico de deficiencias y toxicidades*. Tesis Doctoral. Facultad de farmacia. Departamento de Química Analítica, Nutrición y Bromatología. Universidad de Salamanca.

SILLANPÄÄ, M., 1982. *Micronutrients and the nutrient status of soils: a global study*. FAO Soil Bull. 444 pp.

STEENEKAMP, S.J. and BOSCH, O.J.H., 1995. The influence of rainfall on vegetation composition in different conditional states. *J. Arid Environ*, **30**, 185-190.

WATABANE, F.S. and OLSEN, S.R., 1965. Test of an ascorbic acid method for determining P in water and NaHCO_3 extract from soil. *Soil Science Society of American Journal*, **29**, 667-668.

WHITEHEAD, D.C., 1966. Nutrient minerals in grassland herbage. Commow. Bur. Past. Fld. Crops. Mimeogr. Publication nº 1.

FERTILIZING EFFECT ON THE MESETA AND THE ROUGH GRASSLAND IN TENO PLATEAU, TENERIFE. II.

Summary

The rough grassland ecosystems of Teno Meseta (Teno Rural Park) shows a variable production along years and seasons. This implies that the goat cattle supplementary feeding constitutes little more than half of their nutritives needs. This essay was developed during two years (2005 and 2006) and has been followed since 2003. It was carried out to determine the effect of the application of urban solid waste and phosphoric fertilization (phosphoric rock and calcium superphosphate) on the quality improvement and production of the rough grassland. The most influential treatment on the ground fertility turned out to be the application of urban solid wastes. This increases the chemical quality of the ground soils (M.O. 687%; N 0,42%; P (Olsen) 78,32 ppm; exchange Ca 31,36 meq/100gr) without turning out imbalances associated to the concentration of the nutrients. The calcium superphosphate was the most influential treatment on the fodder quality (P 0,39%; Ca 1,20%; Mg 0,32%). The phosphoric rock influence was low, but on the other hand it is the only treatment which increases the production of dry matter (3753 kg MS/ha).

Keys words: Phosphoric rock, superphosphate, urban solid waste.

DENSIDADES DE SIEMBRA EN LA MEZCLA TRITICALE (*x* *Triticosecale* Wittm.) CON HABONCILLO (*Vicia faba* L.) PARA LA PRODUCCIÓN DE FORRAJE ENSILADO EN ZONAS HUMEDAS

ANTONIO MARTINEZ & NURIA PEDROL
SERIDA. Estación Experimental de la Mata
33820. Grado. Asturias
Telf: +34 985754725 Fax: 34 985754613
anmartinez@serida.org

Resumen

El trabajo se desarrolló durante 2005 en Grado, valle interior de Asturias, con el objetivo de determinar el efecto de la densidad de siembra del haboncillo y del triticale en las características agronómicas de la mezcla formada por ambas especies.

La producción de MS/ha de las distintas mezclas fue aumentando a medida que lo hizo el porcentaje de semilla de haboncillo y disminuyó el de triticale, siendo las mejores producciones las presentadas por el haboncillo sembrado solo (8,64 t MS/ha) y las peores las del triticale también sembrado solo (6,20 t MS/ha). Los porcentajes de PB y Dvivo siguieron la misma pauta marcada por la producción. Por el contrario, parámetros importantes a la hora de planificar el ensilado del forraje cosechado como el porcentaje de MS y los azúcares solubles, presentaron valores más altos cuanto mayor fue el porcentaje de semilla de triticale en la mezcla, variando de un 39,4 % a un 21,9 % en el primer caso y de un 31,34 % a un 17,75 % en el segundo.

En definitiva, se plantea modificar la recomendación actual de siembra, proponiendo la de 37 semillas/m² de haboncillo y 70 semillas/m² de triticale, si bien se necesitarían comprobaciones posteriores en condiciones de fechas de siembra diferentes a la ejecutada en el presente trabajo.

Palabras clave: producción, principios nutritivos, ensilados.

Introducción

La reorganización de las líneas que marcan la nueva política agraria de la UE (MAPA, 2006), en el sentido de la retirada de las cuotas lácteas en los próximos años, obliga a las explotaciones ganaderas de leche de la Cornisa Cantábrica a intensificar los esfuerzos necesarios para maximizar su rentabilidad técnica, lo que pasa fundamentalmente por una producción propia de forrajes lo más importante posible (Pérez *et al.*, 2003), sin perder de vista las implicaciones medioambientales de la misma. En este sentido el papel de las leguminosas es clave, por el ahorro que representan en los gastos por alimentación del ganado debido a los costes que están alcanzando las materias primas importadas y a su repercusión en la sustitución de fertilizantes nitrogenados de síntesis.

Se han realizado diversos trabajos que demuestran un buen comportamiento agronómico de algunas mezclas cereal – leguminosa para forraje invernol, como la del haboncillo (*Vicia faba* L.) con triticale (*x* *Triticosecale* Wittm.) (Martínez *et al.*, 2002; De la Roza *et al.*, 2004) y también de estas especies sembradas solas (Faulkner, 1985; Fraser *et al.*, 2001; Flores *et al.*, 2003). Sin embargo existe escasa información en las condiciones de las zonas húmedas de la Cornisa Cantábrica de cuales son las dosis de semilla en la siembra apropiadas de este tipo de mezclas, por lo que se planteó el presente trabajo con el objetivo de determinar el efecto de la densidad de siembra del haboncillo y del triticale en las características agronómicas de la mezcla formada por ambas especies.

Materiales y Métodos

Localización

El ensayo se realizó en 2005 en Grado, zona interior de Asturias, con 65 m de altitud, en suelos profundos y de alta fertilidad, con textura franco – arcillosa y pH en H₂O de 5,7. Los valores de temperatura media y pluviometría mensuales recogidos durante la duración del cultivo fueron de 9,1; 8,2; 7,1; 10,9 y 13,2 °C y de 136,4; 87,0; 134,9; 58,3 y 114,8 mm respectivamente para los meses de noviembre a abril.

Tratamientos

Debido a la gran diferencia de tamaño de la semilla del cultivar de triticale (*x Triticosecale* Wittm.) ‘Tentudia’ y del haboncillo (*Vicia faba* L.) ‘Prothabat 69’ (40 g y 570 g por 1000 semillas respectivamente) no se programaron las distintas densidades como porcentajes de cobertura del suelo de una y otra especie, si no que se plantearon parcelas con cinco densidades que variaban en los porcentajes de siembra de semillas por m² respecto al cultivo monofítico de cada componente de la mezcla, 280 semillas para el triticale y 50 para el haboncillo, disminuyendo el número de semillas de triticale a medida que aumentaba el de haboncillo y viceversa, resultando los tratamientos siguientes:

Tratamiento	Nº Semillas/m ²	
	Triticale	Haboncillo
100T - 0H	280,0	0
75T - 25H	210,0	12,5
50T - 50H	140,0	25,0
25T - 75H	70,0	37,5
0T - 100H	0	50,0

Diseño

El diseño utilizado fue el de bloques al azar con 4 repeticiones, siendo la parcela elemental de 2,0 x 6,0 m². Para evitar influencias entre tratamientos se rodeó cada parcela elemental de un pasillo de 1,0 m de ancho.

Siembra y abonado

La siembra se realizó el 25/11/04, tras una preparación del terreno consistente en dos pases cruzados de grada de discos, abonado a voleo con 125 kg/ha de P₂O₅ y de K₂O en base a superfosfato del 45 % y cloruro de potasa del 60 %, pase de rotovato y siembra a voleo de distintas densidades de semilla de triticale (cv ‘Tentudia’) y de haboncillo (cv ‘Prothabat 69’) con enterrado posterior de la misma.

Controles

El aprovechamiento se produjo, según lo expuesto en trabajos realizados sobre el momento idóneo de corte en estas especies, en torno a las 14 semanas de cultivo (Fraser *et al.*, 2001) o estado de grano incipiente en el triticale y formación de vainas en el haboncillo (De la Roza *et al.*, 2004).

Los controles de producción se realizaron mediante la medición de la altura desde el suelo a la hoja bandera en 20 plantas escogidas al azar de cada especie sembrada, el conteo del número de tallos por planta y de las vainas por tallo de haboncillo en 10 plantas elegidas al azar y el corte con segadora de un rectángulo de 0,90 x 5,10 (4,59 m²) dentro de cada parcela elemental, midiendo peso verde total y realizando una separación de los componentes en cuanto a las especies sembradas en cada parcela y otras plantas.

Una alícuota de cada especie que formaba las distintas mezclas se desecó a 60° C en estufa de aire forzado para determinación de materia seca. Posteriormente, se molió a 0,75 mm, y se determinó su materia seca final, proteína bruta (PB) como N Kjeldahl x 6,25, fibra neutro detergente (FND) y la digestibilidad *in vivo* de la materia orgánica (Dvivo) en función de la digestibilidad enzimática de la misma, empleando el método FND – celulasa. Considerando los valores obtenidos, se predijo el contenido en energía metabolizable (EM) y por último, se determinó el contenido en azúcares solubles.

Análisis estadístico

Para examinar las diferencias entre las cinco densidades estudiadas, se realizó un análisis de varianza de las variables estudiadas (ganancias, ingresos, costes) utilizando el paquete estadístico SPSS (SPSS Inc., Chicago, Illinois, EUA).

Resultados

Parámetros productivos

Los resultados figuran en la tabla 1. Respecto a la altura de las plantas, el triticale y el haboncillo presentaron comportamientos opuestos en función de la densidad de siembra de cada una de ellos. Así mientras las de triticale fueron más altas a medida que disminuía la presencia de plantas del cereal y aumentaba la de la leguminosa, pasando de 62 cm en las parcelas de solo triticale a 69 cm en las de la mezcla 25T – 75H (P<0,05), las de haboncillo fueron más altas a medida que aumentaba la presencia de la leguminosa, 94 cm en el tratamiento de solo haboncillo y 83 cm en el de 75T – 25H (P<0,05).

Tabla 1: Altura de plantas (cm), peso verde (t/ha), porcentaje de materia seca, producción (t MS/ha) y nº de tallos/planta y nº vainas/tallo de haboncillo, en mezclas de triticale y haboncillo, con diferentes densidades de siembra.

Tratamiento (*)	Altura de la plantas				Peso Verde	% MS	Producción	Nº Tallos/pl Vainas/tallo		
	Triticale	Haboncillo		Haboncillo				Haboncillo		
100T - 0H	62	b			15,8	c	39,4	a	6,20	b
75T - 25H	63	b	83	b	23,9	b	27,7	b	6,55	b
50T - 50H	65	ab	86	ab	27,3	b	27,2	bc	7,34	ab
25T - 75H	69	a	91	ab	34,4	a	25,1	c	8,57	a
0T - 100H			94	a	39,6	a	21,9	d	8,64	a

(*) 100T = 280 semillas de triticale / m²; 100 H = 50 semillas / m² de haboncillo

Los valores etiquetados con la misma letra dentro de cada columna no son significativamente diferentes (P>0,05)

En las siembras monofíticas de cada especie, el porcentaje de materia seca del triticale (39,4 %) fue significativamente superior (P<0,001) al del haboncillo (21,9 %), estando los resultados de las respectivas mezclas en consonancia con el porcentaje de semillas que presenta cada especie, variando del 27,7 % en la de 75T – 25H al 27,2 % en la de 50T – 50H y al 25,1 % en la 25T – 75H.

La producción de materia seca por hectárea de las distintas mezclas fue tanto más alta cuanto mayor era el porcentaje de semilla de haboncillo y menor el de triticale. La máxima producción fue la del haboncillo sembrado solo (8,64 t MS/ha) seguida de las parcelas con 25T – 75H con prácticamente la misma cantidad (8,57 t MS/ha), de la de 50T – 50H (7,34 t MS/ha), a continuación la de 75T – 25H (6,55 t MS/ha) y por último la de triticale solo (6,20 t MS/ha). Solo se advirtieron diferencias estadísticamente significativas (P<0,05) entre las producciones de las parcelas con porcentajes superiores al 75 % de haboncillo e inferiores al 25% de triticale con aquellas que contrariamente tenían porcentajes inferiores al 25 % de haboncillo y superiores al 75 % de triticale.

En el estudio realizado no se encontraron diferencias ($P>0,05$) en el comportamiento del haboncillo en cuanto al número de tallos por planta y de vainas por tallo independientemente de la densidad de semillas sembradas en las respectivas parcelas. Estos resultados son concordantes con los encontrados en trabajos sobre densidades de siembra de cultivos en otras condiciones distintas a las del presente estudio (Fraser *et al*, 2001; Bulson *et al*, 1997).

Principios nutritivos

Los resultados figuran en la tabla 2. Se detectaron diferencias importantes ($P<0,001$) entre los valores medios mostrados por el haboncillo y por el triticale para todos los parámetros estudiados en este apartado (porcentaje de proteína bruta, Dvivo, energía metabolizable y azúcares solubles). No obstante las variaciones en los resultados presentados por cada especie en particular fueron muy escasas de cuando estuvieron sembrados solos a cuando lo estuvieron en las distintas mezclas con densidades diferentes.

Tabla 2: Porcentajes de proteína bruta, digestibilidad in vivo de la materia orgánica (Dvivo) y azúcares solubles y energía metabolizable (MJ/kg MS) en mezclas de triticale y haboncillo, con diferentes densidades de siembra.

Tratamiento (*)	Proteína Bruta		Dvivo		Energía Metabolizable		Azúcares Solubles	
	Valor	Letra	Valor	Letra	Valor	Letra	Valor	Letra
100T - 0H	3,34	d	65,95	b	10,22	b	31,34	a
75T - 25H	9,58	c	69,81	a	10,73	a	22,04	b
50T - 50H	10,66	bc	70,59	a	10,82	a	19,84	c
25T - 75H	11,67	b	70,82	a	10,85	a	18,47	cd
0T - 100H	12,77	a	71,54	a	11,06	a	17,75	d
Media Triticale	4,57		66,03		10,14		26,94	
Media Haboncillo	13,43		72,38		11,13		17,06	
Significación	***		***		***		***	

(*) 100T = 280 semillas de triticale / m²; 100 H = 50 semillas / m² de haboncillo

Los valores etiquetados con la misma letra dentro de cada columna no son significativamente diferentes ($P>0,05$)

*** significativo al 1%

Los porcentajes de proteína bruta resultaron más bajos de los esperados en todos los casos (Martinez *et al*, 2001; 2005; Flores *et al*, 2003) atribuyéndose a un estado de maduración más avanzado en la recogida del forraje. No obstante las diferencias relativas entre los distintos tipos de mezclas muestran que fueron muy superiores ($P<0,001$) los presentados por la leguminosa sembrada sola (12,77 %) que por el cereal (3,34 %). En las mezclas variaron desde el 11,67 % de la densidad 25T – 75H al 9,58 % de la 75T – 25H ($P<0,05$), situándose en valores intermedios la 50T – 50H con un 10,66 %.

Los resultados encontrados de digestibilidad Dvivo y energía metabolizable siguen caminos paralelos a los descritos hasta el momento, con unos niveles presentados por el haboncillo sembrado solo (71,54 % y 11,06 MJ/kg MS respectivamente), superiores ($P<0,05$) a los del triticale solo (65,95 % para la Dvivo y 10,22 MJ/kg MS para la energía metabolizable). Nuevamente los valores de las distintas mezclas se colocan en los niveles intermedios entre ambos componentes de las mezclas, no siendo las diferencias estadísticamente significativas ($P>0,05$) en ningún caso con los presentados por el haboncillo sembrado solo, pero sí ($P<0,05$) con los del triticale.

La composición en azúcares solubles también fue muy diferente ($P<0,001$) entre el cereal y la leguminosa, pero en sentido opuesto al manifestado para el resto de principios nutritivos. Así,

en este caso, el que presenta los valores más elevados es el triticale cuando fue sembrado de forma monofítica (31,34 %), seguido de las distintas mezclas en relación a los porcentajes decrecientes de la presencia del cereal, hasta llegar a los valores mínimos presentados por el haboncillo sembrado de forma monofítica (17,75 %).

Discusión

Las plantas de haboncillo parecen acusar más la competencia por la luz que las de triticale, haciéndose cada vez más altas a medida que aumenta la densidad del cultivo, por lo que densidades superiores a las planteadas en el presente trabajo podrían dar lugar a un excesivo ahilamiento en aquellas y provocar encamados que dificultarían en gran medida las labores de recolección y aprovechamiento del forraje.

Es conocido el efecto negativo de los porcentajes bajos de materia seca de algunos forrajes en la calidad de los ensilados posteriores (Vicente *et al*, 2006), aspecto que cobra más importancia en zonas como las de la Cornisa Cantábrica donde no siempre es posible contar con las condiciones atmosféricas apropiadas para realizar un oreo o presecado del forraje cosechado, condición señalada como clave para conseguir ensilados de calidad en este tipo de mezclas cereal - leguminosa (Vicente *et al*, 2006). Por tanto en este sentido el rebajar la dosis de haboncillo y sobre todo la introducción en la mezcla de una cantidad de semilla de triticale en torno a 70 semillas por m² (un 25 % de la dosis de semilla cuando se siembra solo), si bien significó una cierta merma de producción y de porcentaje de proteína bruta respecto a la siembra del haboncillo solo (0,1 t MS/ha y 1,1 % respectivamente) aportó al forraje conseguido un incremento en el porcentaje de materia seca y en el de azúcares solubles (3,2 % y 0,8 % respectivamente) que favorecieron las condiciones de partida para la realización de un buen ensilado.

Para los principios nutritivos, la característica común que marca los resultados presentados por las distintas mezclas, son las grandes diferencias en todos los parámetros analizados entre los dos tipos de forrajes que las componen, haboncillo y triticale, respondiendo por tanto las distintas densidades planteadas en función de los porcentajes en los que cada uno de ellos participa en la misma.

En definitiva, a pesar de que los resultados son de un solo año de ensayo y que, por tanto, es necesario consolidarlos, dado que en este tipo de estudios las condiciones de fecha de siembra y las medioambientales pueden modificar los resultados absolutos (Lopez Bellido *et al*, 2005), las tendencias muestran que para siembras tempranas puede sembrarse el haboncillo solo, ya que puede llegar al estado de maduración de legumbre madura antes de las fechas marcadas para realizar el ensilado. Sin embargo, si las siembras son tardías y no hay tiempo suficiente para lograr la maduración comentada, añadir triticale a la mezcla a razón de un 25 % de la dosis cuando se siembra solo, puede favorecer las condiciones del forraje (porcentaje de materia seca y composición en azúcares solubles) para lograr ensilados de calidad. En una situación similar estaríamos en zonas determinadas en las que sistemáticamente las condiciones atmosféricas en los momentos del ensilado no permiten un oreo correcto del forraje, aspecto que por otro lado no podemos conocer en el momento de la siembra.

Lo planteado representaría respecto a las dosis recomendadas actualmente (Martínez *et al*, 2001; Lopez Bellido *et al*, 2005; Bulson *et al*, 1997) de 150 semillas de triticale y 25 de haboncillo por m², incrementar las dosis de haboncillo hasta las 37 semillas/m² y reducir las de triticale hasta las 70 semillas/m². Todos estos son aspectos que necesitarían ser comprobados en ensayos posteriores.

Conclusiones

- La producción de materia seca, porcentaje de proteína bruta y Dvivo de las distintas mezclas fue aumentando a medida que lo hizo el porcentaje de semilla de haboncillo y disminuyó el de triticale.
- Por el contrario, el porcentaje de materia seca y los azúcares solubles presentaron valores más altos cuanto mayor fue el porcentaje de semilla de triticale y menor el de haboncillo en la mezcla.
- La dosis de semilla recomendada en la siembra sería de 37 semillas/m² para el haboncillo y de 70 semillas/m² para el triticale. No obstante, serían recomendables posteriores comprobaciones.

Bibliografía

BULSON, H.A.J.; SNAYDON, R.W.; STOPES, C.E. 1997. Effects of plant density on intercropped wheat and field beans in an organic farming system. *Journal of Agricultural Science*, Cambridge, **128**, 59–71.

DE LA ROZA, B.; MARTINEZ, A.; SOLDADO, A.; ARGAMENTERIA, A. 2004. Evolución de la producción y ensilabilidad de la asociación triticale – haboncillos, según su estado de desarrollo. En: *Pastos y Ganadería Extensiva. Actas de la XLIV R. C. de la SEEP*, 273–277. Salamanca (España).

FAULKNER, J.S. 1985. A comparison of faba beans and peas as whole-crop forages. *Grass and Forage Science*. **40**, 161-169.

FLORES, G.; GONZALEZ, A.; PIÑEIRO, J.; CASTRO, P.; DIAZ, 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: *Pastos, desarrollo y conservación. Actas de la XLIII R. C. de la SEEP*, 261–267. Granada (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**, 218-230.

LOPEZ-BELLIDO, F.J.; LOPEZ-BELLIDO, L.; LOPEZ-BELLIDO, R.J. 2005. Competition, growth and yield of faba bean (*Vicia faba* L.). *European Journal of Agronomy*. **23** (4), 359-378.

MAPA, 2006. Ayudas al sector ganadero. www.mapa.es

MARTINEZ, A.; ARGAMENTERIA, A.; DE LA ROZA, B. MARTINEZ, A. 2002. Mezclas cereal – leguminosa como forraje invernal en zonas húmedas. En: *Producción de Pastos, Forrajes y Céspedes. Actas de la XLII R. C. de la SEEP*, 315–320. Lleida (España).

MARTINEZ, A.; PEDROL, N.; PIÑEIRO, J. 2005. Cultivares de haboncillo (*Vicia faba* L.) y triticale (*x Triticosecale* Wittm.) para la producción de forraje invernal en zonas húmedas con mezclas cereal – leguminosa. En: *Producciones agroganaderas: Gestión eficiente y conservación del medio natural. Actas de la XLV R. C. de la SEEP*, 673–679. Gijón (España).

PÉREZ MÉNDEZ, A. 2003. Evaluación económico-financiera de los planes de mejora en las ganaderías de leche en Asturias. *Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación*.

VICENTE, F.; MARTINEZ, A.; DE LA ROZA, A.; SOLDADO, A.; PEDROL, N. ARGAMENTERIA, A.2006. Silage quality of faba-been alone with triticale growing organically. I: Effect of wilting. En *Sustainable Grassland Productivity of Grassland Science in Europe*. Vol 11. Badajoz (Spain). 357-359

SOWING DENSITIES IN MIXTURES OF TRITICALE (*x Triticosecale* Wittm.) WITH FIELD BEAN (*Vicia faba* L.) FOR SILAGE FORAGE PRODUCTION IN HUMID AREAS

This work was carried out during 2005 in Grado, an inner valley of Asturias (north Spain), with the aim of study the effect of sowing density of field bean and triticale on the agronomic characteristics of their mixtures.

The production of dry matter (DM) per hectare across the different mixtures increased as seed percentage of field bean in the mixture increased and that of triticale decreased. The highest productions were obtained with field bean sown alone (8.64 t DM/ha) while the lowest were achieved with triticale sown alone (6.20 t DM/ha). The contents in crude protein and digestibility showed the same pattern as that of production. On the contrary, important parameters for silage planning of harvested forage such as DM and soluble carbohydrates contents, showed higher values as the seed percentage in the mixture increased, ranging from 39.4 to 21.9% for DM and from 31.34 to 17.75% for soluble carbohydrates.

In short, it is suggested to modify the actually recommended sowing dose and it is proposed a dose of 37 field bean seeds/m² and 70 triticale seeds/m². Nevertheless, later tests would be necessary to check the optimal doses for other sowing dates.

Key words: production, nutritive value, silage.

EFFECTO DE LA FERTILIZACIÓN EN LA PRODUCCIÓN DE SEMILLA DE VARIEDADES DE COLZA

A. GARCÍA CIUDAD, C. PETISCO, B.R. VÁZQUEZ DE ALDANA, L. GARCÍA CRIADO, S. VICENTE TAVERA Y B. GARCÍA CRIADO

Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología, IRNASA-CSIC, Apdo. 257, 37071 Salamanca

Resumen

En la actualidad, se está fomentando la producción de cultivos energéticos para la obtención de biocarburantes; ésta situación influirá notablemente en el desarrollo de la agricultura europea. El incremento de la demanda de aceite de colza por la industria del biodiésel, propicia expectativas interesantes para este cultivo. En este trabajo se estudia el efecto de la fertilización sobre la producción de semilla de colza, incluyendo tres variedades de *Brassica napus*: “ES Hydromel”, “ES Betty” y “ES Néctar” y una de *Brassica carinata*: “Línea C-101”, cultivadas en secano (siembra otoñal) en la provincia de Salamanca. Se consideraron cuatro tratamientos de fertilizante, uno de ellos sin aporte de fertilizante que se consideró como testigo y los otros tres consistieron en dos formulaciones de diferentes empresas, con distintas dosis y/o época de aplicación. La producción de semilla incrementó significativamente ($p < 0,01$), con la adición de fertilizante, pero no se encontraron diferencias significativas ($p > 0,05$) entre los tres tratamientos que llevaban asociado un aporte de fertilizante. Además, los resultados mostraron que la producción de las tres variedades de *B. napus* fue similar ($p > 0,05$).

Palabras clave: colza, *Brassica napus*, *Brassica carinata*, fertilización, producción de semilla

Introducción

La aplicación de la reforma de la Política Agrícola Común (PAC) de 2003 constituye un reto para el sector agrario de Castilla y León. Los ajustes presupuestarios, así como las nuevas organizaciones comunes de mercados, van a originar una realidad productiva diferente, a la que se tiene que adaptar el sector agrícola. En este sentido, los cultivos energéticos pueden ser, una alternativa estratégica global de la UE para ampliar el lugar de la energía renovable en Europa. Uno de los nuevos regímenes de ayuda, favorece también la producción de cultivos destinados a usos energéticos con el fin de sustituir las fuentes de emisión de dióxido de carbono (Provedo Pisano y Díez Antolinez, 2006).

La colza (*Brassica napus*) es la oleaginosa más cultivada en la UE con 3,1 millones de ha, destinada fundamentalmente a usos alimentarios. El incremento de la demanda de aceite de colza por la industria de biodiésel, preferido por su calidad, está modificando el mercado de las semillas oleaginosas (Camps y Marcos, 2002; López Bellido, 2002).

Desde un punto de vista puramente agrícola, la aparición de variedades de colza de gran potencial productivo, y la mejora que supone la introducción de la colza en la rotación cerealista, hacen que estos cultivos tengan unas expectativas interesantes para el agricultor (Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas, CIEMAT, 2005; Provedo Pisano y Díez Antolínez, 2006; Junta de Castilla y León, 2006a, 2006b).

En este trabajo se estudia el efecto de la fertilización en la producción de semilla de tres variedades *Brassica napus* y una de *B. carinata*, cultivadas en secano, modalidad de siembra otoñal, en una zona semiárida de la provincia de Salamanca.

Materiales y Métodos

Localización y descripción del experimento

Se realizó un ensayo en secano de zona semiárida, sobre un campo de rastrojo de cereal, situado en la Finca Experimental Muñovela (Barbadillo, Salamanca). El suelo, clasificado como Luvisol cálcico, posee una textura franco-arenosa, pH ácido (5,3), un contenido en materia orgánica próximo a 1 % y un contenido relativamente alto de P asimilable (53 ppm).

Se ensayaron tres variedades de *Brassica napus*: “ES Hydromel” (V1), “ES Betty” (V2) y “ES Néctar” (V3) y una de *Brassica carinata*: Línea C-101 (V4). Efectuadas las labores pertinentes al suelo, se marcaron las correspondientes parcelas (9 x 30 m cada parcela elemental) según un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones y cuatro niveles de fertilizante: un testigo sin aporte alguno de fertilizante y los otros tres consistieron en dos formulaciones procedentes de diferentes empresas, con distintas dosis y/o época de aplicación, según se indica en la Tabla 1. Las cantidades de nutrientes aportadas se encuentran, según la bibliografía consultada (Provedo Pisano y Díez Antolínez, 2006), en los márgenes normales para este cultivo.

La siembra se realizó en otoño de 2005, en líneas con una separación de 27 cm, utilizando una dosis de semilla de 6 kg ha⁻¹, que supone un aporte aproximado de 150 semillas m⁻². Se efectuó una aplicación de herbicida (Butisan) para el control de plantas adventicias.

Las condiciones climáticas durante el periodo de duración del cultivo (octubre de 2005 a junio de 2006) se muestran en la Tabla 2.

Tabla 1. Tratamientos de fertilización aplicados (T): formulación, cantidad y época de aplicación.

T	Aplicación de fondo			Aplicación de cobertera			Aportación total	
	kg ha ⁻¹	Formulación	Nutrientes kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹	Formulación	Nutrientes kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹	Nutrientes kg ha ⁻¹
T0	0		0	0		0	0	0
T1	500	20-12-8; 2-20	100 N 60 P ₂ O ₅ 40 K ₂ O 10 MgO 100 SO ₃	0		0	500	100 N 60 P ₂ O ₅ 40 K ₂ O 10 MgO 100 SO ₃
T2	355	8-24-16	28 N 85 P ₂ O ₅ 57 K ₂ O	274	26-0-0; 37 (NSA)	71 N 101 SO ₃	629	99 N 85 P ₂ O ₅ 57 K ₂ O 101 SO ₃
T3	443	8-24-16	35 N 106 P ₂ O ₅ 71 K ₂ O	342	26-0-0; 37 (NSA)	89 N 127 SO ₃	785	124 N 106 P ₂ O ₅ 71 K ₂ O 127 SO ₃

Tabla 2. Temperaturas máximas y mínimas (°C) y precipitaciones (mm), registradas a lo largo del desarrollo del experimento.

	Meses									
	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J
T máxima	27	16	13	10	15	21	25	31	34	
T mínima	-2	-6	-9	-11	-8	-7	-3	0	2	
Precipitación	104	52	36	30	51	42	24	26	25	

Muestreo de semilla

La recolección del grano se realizó durante los días 19-22 de junio con una cosechadora específica para este tipo de cultivo, cosechándose bandas de 1,5 x 30 m. En esta fecha todas las variedades se encontraban en fase de madurez apropiada para la recolección, excepto la V4 (*B. carinata* Línea C-101), más tardía que las anteriores, en cuyo caso el grano no había llegado a la completa madurez y, por consiguiente, su producción puede verse afectada por este factor. Después de cosechadas, las semillas se mantuvieron al aire a temperatura ambiente durante el tiempo necesario para que la humedad de todas las muestras fuera homogénea (en torno al 9%). Los datos de producción de semilla se expresaron en kg ha⁻¹.

Análisis estadístico

Se aplicó un análisis de la varianza (ANOVA) de tres vías, con el fin de estudiar el efecto de los factores: bloque o repetición (4 niveles), tratamiento de fertilizante (4 niveles) y variedad (4 niveles), sobre la producción de grano. Sin embargo, solo se consideró la interacción tratamiento * variedad.

Resultados y Discusión

En la Tabla 3 se muestran los márgenes de variación y los valores medios de la producción de semilla obtenidos por cada variedad de colza, según el tratamiento de fertilizante aportado. La producción varía dentro de límites muy amplios, incluso al considerar la misma variedad y tipo de fertilizante. Salvo en el tratamiento T0, los coeficientes de variación superiores se obtienen en la variedad V4 y considerando tipos de fertilizantes, la mayor variabilidad relativa se obtiene con el tratamiento T0, esto es, cuando no se aporta fertilizante.

Tabla 3. Producción de semilla de cuatro variedades de colza con distintos tratamientos de fertilización.

Tratamiento	Variedad	Producción (kg ha ⁻¹)			
		Rango	Media	SD	CV (%)
T0 (Testigo)	V1	137-1168	597	426	71,4
	V2	67-942	490	389	79,5
	V3	387-917	585	246	42,0
	V4	78-442	265	182	68,8
	media		472	331	
T1	V1	1147-2195	1696	435	25,7
	V2	1104-1528	1386	195	14,1
	V3	429-1584	1209	539	44,6
	V4	66-1028	672	452	67,2
	media		1240	540	
T2	V1	1249-1590	1401	169	12,0
	V2	1171-1621	1355	224	16,6
	V3	311-1217	1126	564	50,1
	V4	140-1033	607	421	69,4
	media		1122	469	
T3	V1	581-1559	1115	407	36,5
	V2	1038-1511	1238	198	16,0
	V3	988-1359	1353	259	19,1
	V4	220-488	546	282	51,7
	media		1062	415	
Media	V1		1202	536	
	V2		1117	446	
	V3		1068	487	
	V4		510	362	

V1: *Brassica napus* “ES Hydromel”; V2: *B. napus* “ES Betty”; V3: *B. napus* “ES Néctar”; V4: *B. carinata* Línea C-101

El análisis de la varianza (Tabla 4) muestra que tanto el factor variedad como el factor tratamiento provocan diferencias significativas ($p=0,0001$) en la producción de grano; sin embargo, la interacción tratamiento*variedad no induce diferencias significativas en la producción ($p>0,05$).

Tabla 4. Resumen del ANOVA sobre la influencia de diversos factores en la producción de semilla.

Factor	F	P
Bloque (Repetición)	1,308	,2835
Tratamiento	14,801	,0001
Variedad	12,428	,0001
Tratamiento * Variedad	,853	,5727

A nivel de variedad, la producción de V4 (*B. carinata* Línea C-101) es significativamente menor ($p<0,01$) que la de las otras tres, entre las cuales no existen diferencias significativas ($p>0,05$). En otras investigaciones tampoco se han encontrado diferencias significativas de producción entre variedades (Provedo Pisano y Díez Antolínez, 2006). Cabe señalar, que los valores de producción de V4 obtenidos en este trabajo, están afectados por la fecha de recolección. Según se indicó en el apartado de Materiales y Métodos, todas las variedades se cosecharon en la misma fecha y posteriormente en la V4, más tardía que las demás, se comprobó que la semilla no había alcanzado la completa madurez ya que los valores del contenido de humedad fueron notablemente más altos que los normales en la época de recolección de la semilla (datos no presentados en este trabajo). Se tiene previsto realizar un nuevo experimento considerando este desfase fenológico de V4 respecto a las otras tres variedades, aunque ello suponga un desfase temporal en el muestreo. Por consiguiente, las producciones de V4 afectadas por este error de muestreo, no reflejan los valores reales en condiciones idóneas de recolección del cultivo. De hecho, las apreciaciones visuales a lo largo de todo el ciclo, mostraron características relativas a desarrollo y producción de biomasa de V4, muy similares a las de las otras tres variedades.

Las producciones de semilla de colza se incrementan significativamente ($p<0,01$) con la aplicación de fertilizante, pero no se han encontrado diferencias significativas entre los tres tratamientos ($p>0,05$). Esto es, las distintas formulaciones, cantidades y épocas de aplicación, no conducen a diferencias significativas en la producción de semilla. Así, el tratamiento T3 tiene un aporte total de N más elevado que T1 y T2 (Tabla 1) y, sin embargo, no afecta de forma significativa a la producción, lo que muestra que los 99-100 kg ha⁻¹ (T1 y T2), son suficientes para la obtención de la máxima producción. Además, T3 tiene un aporte total de P y K considerablemente más elevado que T1, pero estas diferencias tampoco conducen a diferencias en producción. La falta de respuesta al P podría estar justificada por la suficiente cantidad de este elemento en el suelo.

Las producciones medias de semilla alcanzan hasta 1696 kg ha⁻¹ en la variedad V1 “ES Hydromel” (Tabla 3), bajo el efecto de la fertilización y en alguna de las parcelas elementales se superaron los 2000 kg ha⁻¹. Sin embargo, sin el aporte de fertilizante (tratamiento T0), los valores medios no logran sobrepasar los 600 kg ha⁻¹. La producción de grano de todas las variedades se duplica holgadamente con la aportación de fertilizantes. Los resultados obtenidos en este estudio, son similares a los valores medios obtenidos en Castilla y León (1271 kg ha⁻¹) también para cultivo de secano (Junta de Castilla y León, Consejería de Agricultura y

Ganadería, 2005) y a los que figuran a nivel nacional (1211 kg ha^{-1}) en el Anuario de Estadística Agraria del Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación (2004). Sin embargo, el Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León, consigue mayores producciones en algunas de estas variedades, cultivadas también en secano en diversos puntos de la región (Provedo Pisano y Díez Antolínez, 2006) y con un aporte similar de fertilizante, probablemente debido a que utilizan una densidad de siembra (8 kg ha^{-1}) mayor que la utilizada en nuestro estudio. Además, puesto que se trata de cultivos de secano, las características climáticas específicas del año y el lugar de realización del experimento, pueden influir notablemente en la producción.

Como conclusión de los resultados obtenidos, puede afirmarse que la fertilización potencia notablemente la producción de semilla de colza y que este cultivo, incluso en el secano de zona semiárida, puede constituir una alternativa para el agricultor, frente a los cultivos tradicionales. Sin embargo, se realizará este experimento durante más años para poder obtener resultados más consistentes.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido subvencionado por las Empresas FERTIBERIA S.A. y BIOCAST S.A. (Biocarburos de Castilla). Los autores agradecen la colaboración técnica prestada por J.C. Estévez González y V.O. González Blanco.

Bibliografía

- CAMPS, M, MARCOS, F. 2002. Los Biocombustibles, Ediciones Mundi-Prensa, 366 pp.
- CIEMAT. 2005. Proyecto singular estratégico sobre cultivos Energéticos en España: retos y oportunidades (Pse-cultivos), 2005-2013. J. E. Carrasco (Coordinador).
- JUNTA DE CASTILLA Y LEÓN. CONSEJERÍA DE AGRICULTURA Y GANADERÍA. 2005. *Anuario de Estadística Agraria de Castilla y León 2003*.
- JUNTA DE CASTILLA Y LEÓN. 2006a. *Tierras de Castilla y León*, Nº 121.
- JUNTA DE CASTILLA Y LEÓN. 2006b. Colza: El cultivo de moda; estrategia de la UE para los biocarburos. *Tierras de Castilla y León*, Nº 122.
- LÓPEZ BELLIDO L. 2002. *Cultivos industriales*, Ediciones Mundi-Prensa, 1071 pp.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACIÓN. 2004. Anuario de Estadística Agraria.
- PROVEDO PISANO R., DÍEZ ANTOLÍNEZ R. 2006. *El cultivo de la colza en Castilla y León. Resultados de los ensayos, campaña 2005-06*. Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León (ITACyL). Junta de Castilla y León, 55 pp.

EFFECT OF FERTILIZATION ON SEED PRODUCTION OF RAPE CULTIVARS

Summary

Nowadays, the production of energetic crops for obtaining biofuels is increasing; this situation will greatly influence the characteristics of European agriculture. The increase in the demand of rapeseed oil by the bio-diesel industries creates interesting perspectives for this crop.

The effect of fertilization on seed production of three cultivars of *Brassica napus* (ES Hydromel, ES Betty, ES Nectar), and one cultivar of *Brassica carinata* (Linea C-101) was studied. An experiment was developed in dry conditions in the province of Salamanca (autumn sowing). Two different commercial formulations applied at different rates and times, plus an unfertilized control, were used as treatments. Seed production increased with the addition of fertilizers ($p < 0.01$). However, no significant differences in production existed among fertilizer treatments ($p > 0.05$). Seed production was found to be similar ($p > 0.05$) for the three *B. napus* cultivars tested.

Key words: rape, *Brassica napus*, *Brassica carinata*, fertilization, seed production

EVALUACIÓN DE DIFERENTES CALENDARIOS DE SIEGA SOBRE LA PRODUCCIÓN DE FORRAJE Y PROTEÍNA BRUTA DE UN ALFALFAR EN EL VALLE MEDIO DEL EBRO

IGNACIO DELGADO¹, FERNANDO MUÑOZ¹ & DONATO ANDUEZA²

¹CITA de Aragón. Apartado 727. 50080 Zaragoza (España). ² INRA. URH. 63122 Saint Genes Champanelle (Francia)

Resumen

Se estudiaron 16 calendarios de recolección del forraje de un cultivo de alfalfa en regadío, variando la fecha de la realización de los cortes primero, segundo, quinto y sexto. Los resultados obtenidos en los tres primeros años muestran que la producción media de materia seca fue de 16 577 kg/ha, siendo la producción máxima y mínima, 17 790 kg/ha y 15 138 kg/ha, respectivamente, según los calendarios de siega. Las producciones más elevadas se obtuvieron practicando los manejos que más se aproximaban al tradicional, es decir, realizando el primer corte cuando el nuevo rebrote alcanza los 5 cm, los cortes 2º, 3º 4º y 5º con el 10% de los tallos floridos y el 6º corte a mediados de noviembre. La producción anual de proteína bruta, media de los dos primeros años, fue de 3870 kg de PB/ha y la máxima y mínima, 4 122 y 3 556 kg de PB/ha respectivamente. Los mejores calendarios de producción de proteína bruta fueron coincidentes con los de materia seca. El porcentaje medio anual de PB fue de 22,69%.

Palabras clave: *Medicago sativa* L., materia seca, calidad, estado fenológico, regadío.

Introducción

La alfalfa es el primer cultivo forrajero en España, ocupando una superficie de 256 298 ha, lo que representa el 24% de la superficie total destinada a forrajes cosechados y el 71% en regadío. La importancia del cultivo es todavía mayor en el Valle Medio del Ebro, donde la alfalfa es un cultivo tradicional al que se dedican 143 162 ha, el 67% de la superficie total ocupada por forrajes en las provincias que lo integran y el 93% en regadío (M.A.P.A., 2005). Un 84 % de la misma se destina a la industrialización y representa el 72 % de la alfalfa deshidratada en España (A.E.F.A., comunicación personal).

El estudio de la frecuencia de corte es un trabajo básico en el manejo del alfalfar, obteniéndose diversas valoraciones sobre el rendimiento, calidad del forraje y persistencia del cultivo al variar el calendario de aprovechamientos. Sheaffer *et al.* (1988) resumieron los criterios seguidos por diferentes autores para la explotación de un alfalfar: siega en estadios fenológicos previamente determinados; siega en fechas regulares fijadas de antemano y siega a partir de la aparición de renuevos en la corona. Sus resultados llevaron a la conclusión de que con el primer criterio se obtenían los valores más altos de la combinación de los factores producción y calidad del forraje; con el segundo se facilitaba la organización de la explotación, sobre todo cuando el aprovechamiento se industrializa; y el tercero garantizaba la persistencia del alfalfar.

Smith (1972) popularizó el criterio de siega en el estadio “10% de tallos floridos”, como guía para indicar a los productores el momento más adecuado de corte. Ahora bien, cuando se sigue este criterio en el Valle Medio del Ebro, Delgado *et al.* (2003) observaron cierta dificultad y arbitrariedad para decidir el momento de la siega, ya que el cv Aragón, el más utilizado, no florece en abril y octubre (coincidiendo normalmente con el primero y sexto cortes); alarga la floración en mayo y septiembre (segundo y quinto cortes), por lo que la consecución del estadio “10% de tallos floridos” se prolonga en el tiempo, optando los agricultores por realizar la siega al inicio de la floración; en cambio, en julio y agosto (tercero y cuarto cortes), el proceso de la

floración se acelera, pasando el alfalfar del 10 al 100% en pocos días y el corte se realiza en cualquiera de los estadíos.

En lo que respecta a la fecha del último corte en otoño, Sheaffer *et al.* (1988) concluyeron, sobre todo para zonas frías, que si se cosechaba la alfalfa durante el 'período crítico', es decir, dentro de las 46 semanas antes de la primera helada de otoño, podía dañarse apreciablemente el alfalfar, disminuyendo con ello la producción de la primavera siguiente y posiblemente la persistencia del cultivo, ya que se reducía la capacidad de almacenamiento otoñal de los carbohidratos y proteínas de las raíces y, con ello, las posibilidades del rebrote primaveral. En nuestras condiciones, se ha apreciado que el efecto del último corte de otoño o el pastoreo en otoño-invierno puede reducir ligeramente la producción del primer corte en la primavera del año siguiente, pero que no afecta a la producción anual ni a su persistencia (Lloveras *et al.*, 1998; Chocarro *et al.*, 2001; Delgado *et al.*, 2004).

Con el fin de determinar el calendario de siega más acorde para lograr la producción óptima de forraje y proteína bruta en el Valle Medio del Ebro, se ha llevado a cabo un estudio combinando diversos criterios para decidir el momento del corte. En el presente trabajo se presentan los resultados obtenidos en los tres primeros años de la explotación del alfalfar.

Material y Métodos

El estudio se efectuó en una parcela regada por inundación en Zaragoza, durante el periodo 2003-2005. La temperatura media anual del periodo de ensayos fue de 14,7°C y las extremas de las temperaturas medias mensuales, -2,1 °C y 34,3 °C, destacando la mínima diaria absoluta de -10,3 °C; la precipitación media anual osciló entre 250 y 459,9 mm. La parcela se situó en un suelo aluvial no salino, de textura franca, pH al agua (1:2,5) 8,20 y fertilidad media.

La siembra se realizó el 19 de septiembre de 2002, utilizando el cv. 'Aragón' a la dosis de siembra de 30 kg/ha. Como abonado de fondo se aportaron 600 kg/ha de complejo 8-24-8 y 500 kg/ha en invierno en los años siguientes. La parcela se regó por inundación con una frecuencia mínima de 12 días en los meses estivales.

Se evaluaron 16 calendarios anuales de recolección del forraje, diferenciando el momento de la realización de los cortes primero, segundo y quinto en función del estado fenológico, y del sexto según la fecha otoñal. Para ello, se realizaron todas las combinaciones posibles, utilizando para el primer corte los siguientes criterios: a) iniciando el nuevo rebrote desde la corona y b) nuevo rebrote a 5 cm de altura; segundo corte: a) 1% de los tallos floridos y b) 10% de los tallos floridos; tercer y cuarto cortes de verano efectuados en el momento que se estime oportuno, a partir del estadío 10% de tallos floridos; quinto corte: a) 1% de los tallos floridos y b) 10% de los tallos floridos, y sexto corte: a) última decena de octubre y b) última decena de noviembre (Tabla 1).

Tabla 1. Estado fenológico en el momento del corte de los 16 calendarios de siega realizados a un alfalfar en regadío en Zaragoza

Tratamiento	Corte 1	Corte 2	Corte 3	Corte 4	Corte 5	Corte 6
1	NR 1 cm	1% flor.	10% flor.	10% flor.	1% flor.	3 ^a dec. Oct.
2	NR 1 cm	1% flor.	10% flor.	10% flor.	1% flor.	2 ^a dec. Nov.
3	NR 1 cm	10% flor.	10% flor.	10% flor.	1% flor.	3 ^a dec. Oct.
4	NR 1 cm	10% flor.	10% flor.	10% flor.	1% flor.	2 ^a dec. Nov.
5	NR 1 cm	1% flor.	10% flor.	10% flor.	10% flor.	3 ^a dec. Oct.
6	NR 1 cm	1% flor.	10% flor.	10% flor.	10% flor.	2 ^a dec. Nov.
7	NR 1 cm	10% flor.	10% flor.	10% flor.	10% flor.	3 ^a dec. Oct.
8	NR 1 cm	10% flor.	10% flor.	10% flor.	10% flor.	2 ^a dec. Nov.
9	NR 5cm	1% flor.	10% flor.	10% flor.	1% flor.	3 ^a dec. Oct.
10	NR 5cm	1% flor.	10% flor.	10% flor.	1% flor.	2 ^a dec. Nov.
11	NR 5cm	10% flor.	10% flor.	10% flor.	1% flor.	3 ^a dec. Oct.
12	NR 5cm	10% flor.	10% flor.	10% flor.	1% flor.	2 ^a dec. Nov.
13	NR 5cm	1% flor.	10% flor.	10% flor.	10% flor.	3 ^a dec. Oct.
14	NR 5cm	1% flor.	10% flor.	10% flor.	10% flor.	2 ^a dec. Nov.
15	NR 5cm	10% flor.	10% flor.	10% flor.	10% flor.	3 ^a dec. Oct.
16	NR 5cm	10% flor.	10% flor.	10% flor.	10% flor.	2 ^a dec. Nov.

NR = Nuevo rebrote

Las evaluaciones realizadas fueron la producción de materia seca (MS) y el porcentaje de proteína bruta (PB) de la MS del forraje, según las normas AOAC (1990), en seis cortes por año. El diseño estadístico fue en bloques al azar con tres repeticiones, siendo el tamaño de la parcela elemental es de 10 m² (2 x 5 m). Los resultados se compararon mediante el análisis de la varianza por el procedimiento ANOVA y el test de Duncan, con el paquete estadístico SAS (1998).

Resultados y Discusión

La producción media anual de materia seca de los tres años de estudio, en el conjunto de los calendarios de siega, fue de 16 577 kg/ha, con máximos y mínimos de 17 790 kg/ha y 15 138 kg/ha (Tabla 2). La distribución de la MS por cortes fue: 13,3% para el 1°; 20,1% para el 2°; 22,5% para el 3°; 16,2% para el 4°; 15,5% para el 5° y 12,4% para el 6° corte.

Del análisis de los resultados se desprende que las mayores producciones de forraje se obtuvieron practicando los manejos que más se aproximaban al tradicional, es decir, realizando el primer el corte cuando el nuevo rebrote alcanza los 5 cm, y efectuando los cortes 2°, 3° 4° y 5° con el 10% de los tallos floridos y el 6° corte a mediados de noviembre. La realización del 2° corte en el estadio “10% de floración” fue el factor más determinante para la consecución de las máximas producciones de MS. El momento en el que se efectuaron los cortes 1°, 5° y 6° fueron menos precisos, pudiéndose llevar a cabo diversas combinaciones del momento de corte entre los mismos. Podría adelantarse, por tanto, el 5° corte al estadio “1% de floración”, ya que afectó escasamente a la producción de forraje, y dejar la fecha del corte de otoño indiferente ya que apenas afectó al rendimiento. Los peores resultados productivos se obtuvieron cuando los cortes 1° y 2° se efectuaron precozmente. Ello permite deducir que las fechas de los cortes 1° y 2°, pero sobre todo del 2° que es el más productivo, son las más decisivas en la producción anual de MS, no siendo conveniente adelantarlas.

Tabla 2. Producción de materia seca/ha, utilizando 16 calendarios de siega diferentes en un cultivo de alfalfa en regadío, en Zaragoza

Tratamiento	Total 03	Total 04	Total 05	Total 3 años
1	15 710 cde	16 383 cde	13 625 c	45 718 e
2	15 631 de	15 410 e	14 372 bc	45 413 e
3	16 503 bcde	18 919 ab	15 952 ab	51 374 abc
4	16 792 bcde	18 748 ab	15 609 ab	51 149 abc
5	17 365 abc	17 966 abcd	15 630 ab	50 961 abcd
6	17 360 abc	18 085 abcd	14 606 abc	50 050 abcd
7	16 348 bcde	17 291 bcde	14 732 abc	48 371 cde
8	17 002 abcd	18 662 abc	15 467 abc	51 131 abc
9	15 721 cde	16 006 de	15 468 abc	47 194 de
10	15 864 cde	16 756 bcde	15 737 ab	48 357 cde
11	18 575 a	18 259 abcd	16 040 ab	52 873 ab
12	18 517 a	18 388 abc	16 464 a	53 369 a
13	16 234 bcde	16 815 bcde	14 940 abc	47 989 cde
14	15 294 e	17 947 abcd	15 837 ab	49 078 bcde
15	18 567 a	16 806 bcde	14 582 bc	49 955 abcd
16	17 853 a	19 790 a	15 077 abc	52 720 ab
Significación	**	*	NS	**

NS = P>0,05; * = P<0,05; ** = P<0,01

La producción anual de PB y su porcentaje sobre MS durante 2003 y 2004, se presentan en la Tabla 3. La producción media anual de las dos campañas, en el conjunto de los calendarios de siega, fue de 3 870 kg de PB/ha con máximos y mínimos de 4 122 y 3 556 kg de PB/ha respectivamente. El porcentaje medio anual de PB fue de 22,69%, siendo los valores medios en cada corte de 25,03% en el 1º, 24,28% en el 2º, 22,29% en el 3º, 20,43% en el 4º, 22,97% en el 5º y 23,97% en el 6º.

Los mejores calendarios de siega para producción de PB fueron coincidentes con los descritos anteriormente para la producción de MS, aunque las diferencias entre calendarios se redujeron ya que una menor producción de forraje atribuida al adelanto en el corte, pudo compensarse parcialmente con un contenido en PB más elevado.

Los resultados obtenidos muestran que el criterio divulgado por Smith (1972) sigue siendo válido en las condiciones del Valle Medio del Ebro, pudiendo los agricultores llevar a cabo una mezcla de los tres criterios descritos por Sheaffer *et al.* (1988). El primer corte puede efectuarse a partir del momento en que se inicia el nuevo rebrote, determinando el momento del corte la presencia de malas hierbas o el requerimiento de la industria deshidratadora. El segundo, tercero y cuarto cortes conviene realizarlos a partir del momento en que el alfalfar alcanza el estadio "10% de tallos floridos". La fecha de realización del último corte en otoño no es determinante y puede retrasarse finales de noviembre o pastorearse en invierno, dado que las bajas temperaturas que pueden alcanzarse, apenas afectan a la producción y persistencia del cultivo (Lloveras *et al.*, 1998; Chocarro *et al.*, 2001; Delgado *et al.*, 2004).

Tabla 3. Producción de proteína bruta (PB)/ha, utilizando 16 calendarios de siega diferentes en un cultivo de alfalfa en regadío, en Zaragoza

Trat.	Total 2003		Total 2004		Total 2 años	
	kg PB/ha	% PB	kg PB/ha	% PB	kg PB/ha	%PB (máx.-mín.)
1	3553 b	22,63 d	3560 de	21,70 ef	7112 de	22,15 fg (24,63-18,78)
2	3553 b	22,76 cd	3265 e	21,12 f	6817 e	21,95 g (25,12-19,31)
3	3824 ab	23,17 abcd	4230 ab	22,36 cde	8054 ab	22,73 cde (25,28-20,09)
4	3940 ab	23,47 ab	4105 abc	21,89 def	8045 ab	22,64 cdef (25,53-20,09)
5	4032 a	23,22 abcd	4054 abcd	22,56 cde	8086 ab	22,88 bcd (25,23-20,07)
6	3927 ab	22,63 d	3941 bcd	21,79 ef	7868 abc	22,20 efg (24,40-19,80)
7	3818 ab	23,34 abc	3921 bcd	22,73 bcd	7740 abcd	23,02 abc (25,80-20,40)
8	3921 ab	23,05 abcd	4073 abcd	21,83 ef	7994 ab	22,41 defg (24,72-20,83)
9	3696 ab	23,27 abcd	3584 cde	22,44 cde	7280 cde	22,83 bcd (24,63-20,78)
10	3690 ab	22,82 bcd	3777 bcde	22,54 cde	7467 bcd	22,68 cdef (24,86-21,26)
11	3935 ab	23,07 abcd	4075 abcd	22,30 cde	8010 ab	22,67cdef (24,63-20,44)
12	3819 ab	22,68 d	4128 ab	22,46 cde	7947 ab	22,56 cdef (25,30-20,51)
13	3905 ab	23,55 a	3963 bcd	23,59 ab	7868 abc	23,56 a (25,41-21,32)
14	3710 ab	23,06 abcd	4007 abcd	22,32 cde	7717 abcd	22,67 cdef (25,13-21,38)
15	3635 b	23,03 abcd	3971 bcd	23,65 a	7606 abcd	23,34 ab (27,56-21,00)
16	3735 ab	22,77 cd	4507 a	22,79 abc	8243 a	22,78 bcd (25,93-20,73)
Sign.	NS	NS	*	***	**	***

NS = P>0,05; * = P<0,05; ** = P<0,01

Dichos criterios pueden ser válidos, asimismo, si se pretende optimizar la producción de MS con la de PB. Con los estadíos elegidos para determinar la fecha de siega, las diferencias en el forraje en porcentaje de PB fueron escasas; el mayor porcentaje presentado por los cortes 1º y 2º cuando se efectuaron en el estadío más precoz, se compensó con un porcentaje de PB inferior en los cortes 3º y 4º, como consecuencia de su estado más avanzado de floración por la prolongación del periodo entre cortes, dado que la fecha de realización de los cortes 3º y 4º fue la misma para todos los tratamientos.

Conclusiones

Los resultados obtenidos muestran la plasticidad que presenta la realización de diferentes calendarios de recolección de forraje en la alfalfa. Las producciones más elevadas se obtuvieron practicando los manejos que más se aproximaban al tradicional, es decir, realizando el primer corte cuando el nuevo rebrote alcanza los 5 cm, los cortes 2º, 3º 4º y 5º con el 10% de los tallos floridos y el 6º corte a mediados de noviembre, aunque otros son posibles. Así, la fecha de realización de los cortes primero, quinto y sexto no es decisiva y se pueden adoptar diferentes criterios, siendo la fecha del segundo corte la más decisoria en la maximización de la producción de materia seca y de proteína bruta.

La producción media anual de materia seca fue de 16 577 kg/ha, siendo la producción máxima y mínima de 17 790 kg/ha y de 15 138 kg/ha, respectivamente, según los calendarios de siega. La producción anual de proteína bruta, media de los dos primeros años, fue de 3870 kg de PB/ha y la máxima y mínima, 4122 y 3556 kg de PB/ha, respectivamente. Los mejores calendarios de producción de proteína bruta fueron coincidentes con los de materia seca. El porcentaje medio anual de PB fue de 22,69%.

Bibliografía

A.O.A.C., 1990. *Official Methods of Analysis of the Association of Official Agricultural Chemists*. Arlington, EEUU.

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.

DELGADO I., ANDUEZA D., MUÑOZ F., 2003. Forage yield and persistence of lucerne cultivars in two harvest frequencies. *Czech Journal of Genetic Plant Breeding*, **39 (special issue)**, 266-268.

DELGADO I., ANDUEZA D., MUÑOZ F., 2004. Efecto del pastoreo otoñal sobre la producción y persistencia de un cultivo de alfalfa. *Pastos*, **XXXIV (1)**, 93-102.

LLOVERAS J.; FERRÁN J.; ALVAREZ A.; TORRES L., 1998. Harvest Management effects on alfalfa (*Medicago sativa* L.) production and quality in Mediterranean areas. *Grass and Forage Science*, **53**, 88-92.

MAPA, 2005. *Anuario de Estadística Agroalimentaria 2003*. Ed. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid.

SAS, 1998. *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. In: *Alfalfa and alfalfa improvement*, 411-437. Ed. A.A. Hanson, D. K. Barnes, R.R. Hill. Agronomy, 29 series.

SMITH D., 1972. Cutting schedules and maintaining pure stands. In: *Alfalfa science and technology*, 481-496. C.H. Hanson (Ed), Agronomy, 15 series.

EVALUATION OF THE EFFECT OF DIFFERENT HARVESTING SCHEDULES ON FORAGE AND CRUDE PROTEIN YIELD OF A LUCERNE FIELD IN THE EBRO MEDIUM VALLEY

Summary

Sixteen forage harvesting schedules of an irrigated lucerne crop were studied changing the dates of the first, second, fifth and six cuts. The results obtained in the first three years show that the dry matter average yield was 16 577 kg/ha, being 17 790 kg/ha and 15 138 kg/ha the maximum and minimum yield respectively, according to the harvesting schedules. The highest yields were obtained with those management types closer to the traditional one, that is, practicing the first cut when the new regrowth reaches 5 cm, the second, third and fourth with 10% bloom and the sixth cut at mid-November. The crude protein annual yield, average of the two first years, was 3870 kg CP/ha and the maximum and minimum one 4122 and 3556 kg CP/ha respectively. The best crude protein yield schedules coincided with those of dry matter. The average annual CP percentage was 22.69%.

Key words : *Medicago sativa* L., dry matter, quality, phenological state, irrigation.

PRODUCCIÓN FORRAJERA DE TAGASASTE Y TRES ESPECIES DE *TELINE* EN CANARIAS

E. CHINEA¹; A. GARCÍA-CIUDAD²; E. BARQUÍN¹ & B. GARCÍA-CRIADO²

¹ Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agraria (ULL), Tenerife (Islas Canarias, España).² Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología. (CSIC). Apd 257. Salamanca. Email: echinea@ull.es

Resumen

Se ha evaluado la producción de cuatro especies de leguminosas arbustivas, endémicas de las Islas Canarias, como fuente de forraje para los animales. Se estudió la supervivencia de las plantas, la relación materia comestible/materia incomible (MC/MI), y la producción de materia seca comestible (MSC) a tres alturas de corte. Los muestreos se hicieron al finalizar cada una de las estaciones, durante dos años consecutivos. La producción de *Chamaecytisus palmensis* (tagasaste) fue significativamente superior, en las tres alturas de corte, a la de las especies del género *Teline*. Las tres especies de *Teline* fueron menos productivas pero similares entre sí. *Chamaecytisus palmensis* fue la especie de mayor desarrollo y las especies de *Teline* las de menor altura, diámetro del tronco y de la corona. Después de tres años de la instalación del experimento, la supervivencia de las plantas fue: *Teline canariensis* (100 %), *Teline osyrioides osyrioides* (99%), *Chamaecytisus palmensis* (97%) y *Teline osyrioides sericea* (95%). En este periodo los arbustos no presentaron ninguna plaga.

Palabras Clave *Chamaecytisus palmensis*

Introducción

En Canarias, archipiélago oceánico y volcánico con peculiar clima mediterráneo, existen numerosas especies de arbustos endémicos de la familia Leguminosae, correspondientes a los géneros *Adenocarpus* (3 especies); *Anagyris* (1); *Chamaecytisus* (1, diversas subespecies y variedades); *Cicer* (1); *Dorycnium* (3); *Genista* (2); *Ononis* (2); *Spartocytisus* (2) y *Teline* (10, con diversas especies, subespecies y variedades) (Barquín y Chinaea, 1995). Las especies autóctonas son capaces de crecer y desarrollarse en sus lugares de origen aun en condiciones de fertilidad baja de zonas áridas y semiáridas. En Canarias, donde la mecanización es muy costosa por la irregular orografía de las islas, sería difícil elegir las especies apropiadas si no fuera por el rico acervo de endemismos que posee, que evita tener que recurrir a especies provenientes de áreas foráneas de similares características.

Dos especies y dos subespecies arbustivas endémicas de las Islas Canarias (*Chamaecytisus palmensis*, *Teline canariensis*, *Teline osyrioides osyrioides* y *Teline osyrioides sericea*) han sido seleccionadas para este estudio por las siguientes razones: *C. palmensis* (tagasaste), de cultivo muy extendido (Lambert *et al.*, 1989; Douglas *et al.*, 1996; Lefroy 2002), se suele tomar como referencia por su alta producción y calidad. Milthorpe y Dann (1991) citan producciones de 1,1 t MSC/ha/año (420 mm/año, precipitación), 2,0 t MSC/ha/año (640 mm/año, precipitación) y McGowan y Matthews (1992), de 7,9 t MSC/ha/año (1100 mm/año, precipitación). *T. canariensis*, *T. osyrioides sericea* y *T. o. osyrioides* son filogenéticamente especies hermanas (Percy y Cronk, 2002), silvestres, y endémicas de Tenerife, su potencial forrajero no ha sido investigado.

El objetivo fue estudiar especies endémicas de las Islas Canarias y técnicas de cultivo para proporcionar forraje para los rumiantes todo el año. Además se intentó proponer un sistema de aprovechamiento de arbustos de interés para regiones áridas y semiáridas.

Materiales y Métodos

El ensayo se realizó en una finca experimental ubicada en La Laguna (Tenerife, Islas Canarias), a 549 msnm. Las precipitaciones anuales fueron de 562 mm (1999) y 338 mm (2000) la temperatura media del aire varió entre 12,4° y 22 °C. Suelo de tipo Ultic Haplustafs. La parcela de ensayo no fue fertilizada durante el experimento. El análisis edafológico del suelo aportó los siguientes resultados: 47% de arcilla (0-50 cm de profundidad), pH 6,5, Conductividad Eléctrica (1,07 dS/m), y contenido en materia orgánica (3%). Los niveles de P Olsen (47 ppm) y cationes asimilables (Ca 9,5 meq/100g; Mg 6,0 meq/100g; Na 1,3 meq/100g y K 1,5 meq/100g) son altos (Junta de Extremadura, 1992).

Diseño del ensayo y muestreo. El material estudiado procede de germoplasma recolectado en 1998 en poblaciones naturales de la isla de Tenerife (China, 2001). Para la siembra se emplearon contenedores forestales. Las plántulas se mantuvieron durante cinco meses en un invernadero. El transplante a la parcela se realizó en febrero de 1999. El diseño fue de parcelas divididas y distribuidas al azar (4 especies x 4 repeticiones). Cada especie estuvo representada por 21 plantas distribuidas en tres líneas. A cada línea de 7 plantas (parcela elemental), elegida al azar, se le aplicó una altura de corte distinta: 30, 50, y 70 cm. La distancia entre líneas fue de 1,87 m y la separación entre plantas dentro de cada línea de 1,04 m (5142 arbustos/ha).

El éxito de establecimiento de los plantones fue debido: a) al uso de alvéolos de polietileno que en su extremo inferior presentan unas aberturas laterales; este diseño impide a las raíces volverse hacia arriba y enroscarse, lo que provoca con el tiempo la muerte de las plantas trasplantadas, b) a la irrigación en los primeros meses del cultivo.

Tabla 1. Estado fenológico de los arbustos en la estación de corte.

	1999				2000		
	Primavera	Verano	Otoño	Invierno	Primavera	Verano	Otoño
<i>C.p.</i>	Vegetativo	Vegetativo	Floración	Floración	Fructificación	Vegetativo	Floración
<i>T.c.</i>		Vegetativo	Floración	Floración	Fructificación	Vegetativo	Floración
<i>T.o.s.</i>		Vegetativo	Vegetativo	Floración	Fructificación	Vegetativo	Floración
<i>T.o.o.</i>		Vegetativo	Vegetativo	Floración	Fructificación	Vegetativo	Floración

C.p.: *Chamaecytisus palmensis*; *T.c.*: *Teline canariensis*; *T.o.s.*: *T. osyrioides sericea*; *T.o.o.*: *T. o. osyrioides*.

Los cortes se programaron cuando los brotes fueron >20 cm, se efectuaron un total de siete cortes, el final de siete estaciones consecutivas (mayo, septiembre, diciembre 1999 y marzo, mayo, septiembre y diciembre 2000). En la Tabla 1 se refleja el estado fenológico de los arbustos en el momento de los cortes. Antes de hacer los cortes se midió la altura, diámetro del tronco y la corona de cada planta (Tabla 2).

El primer corte (primavera 1999) sólo se hizo sobre *C. palmensis*, que había alcanzado una altura mínima de 110 cm. La producción total de biomasa de cada altura de corte (parcela elemental) se pesó en fresco. De cada bloque se tomó una muestra de unos 2 kg para separar a mano y pesar la fracción comestible (MC) y la materia incombible (MI) (leña y palos verdes). De la fracción MC se tomaron 500 g y se secaron a 60 °C durante 48 horas.

Análisis estadístico. Los estudios estadísticos se han hecho mediante el análisis de varianza, con el programa SPSS 11,5 (SPSS 2002), para la comparación de medias se utilizó el test de Duncan ($P < 0,05$).

Resultados

Las estaciones más lluviosas fueron las de otoño e invierno. Con estas lluvias no se produjo encharcamiento del suelo. Después de tres años de cultivo, la supervivencia de las plantas fue: *T. canariensis* (100 %), *T. o. osyrioides* (99%), *C. palmensis* (97%) y *T. o. sericea* (95%). *C. palmensis* fue la especie de mayor desarrollo y las especies de *Teline* las de menor altura, diámetro del tronco y de la corona (Tabla 2).

Producción de materia seca comestible. El primer año (1999) la producción media de MSC no presentó diferencias significativas entre especies y alturas de corte (Tabla 3). El segundo año (2000) la producción media de *C. palmensis* fue significativamente superior ($P < 0,05$) en las tres alturas de poda a las de las de *Teline*. Estas fueron menos productivas pero similares entre sí (Tabla 3).

Tabla 2. Altura media de las planta, diámetro del tronco y de la corona, de las cuatro especies en el momento del corte.

		Alturas de corte (cm)		
		30	50	70
<i>Chamaecytus palmensis</i>	Altura planta	110,3 ^a	133,8 ^b	148,6 ^c
	Diámetro tronco	3,3 ^a	4,0 ^b	4,2 ^b
	Diámetro corona	73,7 ^a	82,0 ^{ab}	90,4 ^b
<i>Teline canariensis</i>	Altura planta	75,5 ^a	85,2 ^b	101,3 ^c
	Diámetro tronco	2,9 ^a	3,1 ^a	3,1 ^a
	Diámetro corona	49,7 ^a	56,4 ^b	57,2 ^b
<i>T. osyrioides sericea</i>	Altura planta	81,0 ^a	94,6 ^b	107,4 ^c
	Diámetro tronco	1,9 ^a	2,3 ^b	2,3 ^b
	Diámetro corona	43,7 ^a	50,3 ^b	51,3 ^b
<i>T. osyrioides osyrioides</i>	Altura planta	60,7 ^a	72,9 ^b	91,1 ^c
	Diámetro tronco	2,1 ^a	2,3 ^a	2,7 ^b
	Diámetro corona	41,7 ^a	46,6 ^b	52,1 ^c

Nota:- Los valores con la misma letra no presentan diferencias significativas entre alturas de corte y la misma especie (fila). Test de Duncan $P < 0,05$.

Relación materia comestible/materia incomedible. Las tres especies de *Teline* presentaron valores significativamente más altos que *C. palmensis* en las estaciones de verano 1999, otoño 1999 e invierno 2000 (Tabla 4). En *C. palmensis* la fracción MC fue superior en los muestreos de primavera 2000 y otoño 2000. En general las tres *Teline* tienen mayor proporción de MC, pero menor producción que *C. palmensis* (Tabla 4).

Discusión

La supervivencia alcanzada fue superior al 43% obtenida Barquín y China (1995), y similar a los mejores resultados (95%) de Lambert *et al.*, 1989, y (81 al 96 %) de Milthorpe y Dann, 1991. Los arbustos crecieron rápidamente en el suelo arcilloso, fértil y con buen drenaje. Las plantas jóvenes fueron vigorosas y resistentes a las plagas y enfermedades. Es muy importante la poda de formación en esta etapa del crecimiento para estimular la formación de numerosos tallos bajos.

Los plántones de tagasaste pueden crecer libremente hasta la altura de 1,30 m para luego ser sometidos a podas; cuando las ramas son demasiadas altas son más difíciles de cosechar y de iniciar el rebrote. El objetivo fue obtener plantas con varios tallos. No solo así son más productivas sino que los numerosos tallos dan más producción si la planta es explotada de forma intensiva por el ganado. Es importante conservar los arbustos bajos y densos y sin dañar su corteza si van a ser utilizados para la alimentación del ganado (Snook, 1996). Entre cortes las plantas brotaron de forma vigorosa y rápida, incluso durante el verano, y no hubo pérdida de plantas.

Con la frecuencia de corte considerada en este trabajo, la fracción MC fue superior al 50 %, porcentaje mayor que el obtenido por Milthorpe y Dann (1991) que realizaron dos cortes por año, evitando el contenido de tallos de bajo valor nutritivo y MI, que van aumentando con la edad. Con ello aumenta la producción de materia seca y su calidad.

La distancia entre las plantas fue práctica para esta frecuencia y técnica de corte, pero si se cosechara usando un tractor sería necesario aumentar el espacio entre filas al doble. Con esta técnica de aprovechamiento, la distribución estacional de la producción de MSC se mantuvo bastante constante todo el año, salvo en *C. palmensis* y *T. canariensis* en los cuales se incrementó en invierno y otoño respectivamente. Los excedentes de MC de estas estaciones se podrían almacenar deshidratados para su utilización en los veranos secos. El régimen de corte manual y transporte es práctico sólo en sistemas estabulados, que son mayoría en Canarias, dado que el queso fresco de cabra es un producto muy valioso que hace rentable el aprovechamiento de los arbustos, para disponer de alimento verde de alta calidad todo el año.

Tabla 3. Producción media y total de materia seca comestible (t MSC/ha) en cada año de corte y para tres altura de corte en las cuatro especies de arbustivas.

años	cm	n	<i>C.p.</i>		n	<i>T.c.</i>		n	<i>T.o.s.</i>		n	<i>T.o.o.</i>	
			Media	Total		Media	Total		Media	Total		Media	Total
1999			a A			a A			a A			a A	
	30	12	0.57	6.95	8	0.53	4.26	8	0.36	2.88	8	0.28	2.25
	50	12	0.67	8.04	8	0.44	3.55	8	0.37	2.98	8	0.34	2.75
	70	12	0.46	5.56	8	0.44	3.56	8	0.30	2.42	8	0.34	2.77
	Media			6.85			3.79			2.76			2.59
2000			a B			a A			a A			a A	
	30	16	0.76	12.1	16	0.35	5.60	16	0.37	6.05	16	0.31	5.11
	50	16	0.77	12.4	16	0.39	6.33	16	0.45	7.22	16	0.33	5.30
	70	16	0.97	15.6	16	0.38	6.15	16	0.52	8.42	16	0.46	7.38
	Media			13.3			6.02			7.27			5.93

Nota: -cm= Altura de corte (cm).

- *C.p.*: *Chamaecytisus palmensis*, *T.c.*: *Teline canariensis*, *T.o.s.*: *T. osyrioides sericea*, *T.o.o.*: *Tosyrioides osyrioides*.

- Las letras con caracteres minúsculos se han utilizado para indicar la existencia de diferencias significativas entre las especies (filas). Mientras que los caracteres mayúsculos se refieren a diferencias dentro de la misma especie (columna). Test de Duncan $P < 0,05$.

De esta forma la producción de leche es más independiente de la compra de forraje importado. De las plantas estudiadas: *C. palmensis* fue la de menor fracción MC, la de mayor desarrollo y producción de MSC y más exigente en precipitaciones. Las especies de *Teline* presentaron la mayor fracción MC pero las de menor desarrollo y producción de MSC son los arbustos más resistentes a la sequía, idóneos para zonas semiáridas y áridas.

Tabla 4. Fracción materia comestible vs materia incomedible (MC/MI) de cuatro especies arbustiva. Valores medios de cuatro repeticiones en cada estación.

	1999				2000		
	Primave.	Verano	Otoño	Invierno	Primaver.	Otoño	Verano
<i>C. p.</i>	ab 1.11	a A 1.05	bc A 1.44	ab A 1.13	c A 1.61	ab A 1.14	c A 1.58
<i>T. c.</i>		b B 3.13	c B 4.69	b B 3.67	a A 1.96	a AB 1.37	a A 1.39
<i>T. o. s.</i>		b B 2.42	d B 5.42	c B 4.21	b A 2.25	b C 3.16	a A 1.25
<i>T. o. o.</i>		c C 4.77	c B 5.34	c C 5.52	ab A 1.67	b B 2.20	a A 1.16

Nota: - *C.p.*: *Chamaecytisus palmensis*; *T.c.*: *Teline canariensis*; *T.o.s.*: *T. osyrioides sericea*; *T.o.o.*: *T. o. osyrioides*.

- Las letras con caracteres minúsculos se han utilizado para indicar la existencia de diferencias significativas dentro de la misma especie (filas). Mientras que los caracteres mayúsculos se refieren a diferencias entre especie (columna). Test de Duncan $P < 0,05$.

La altura de corte no afectó a la producción de MSC, pero *C. palmensis* (15,6 t MSC/ha/año), *T. o. sericea* (8,42 t MSC/ha/año) y *T. o. osyrioides* (7,38 t MSC/ha/año) mostraron valores ligeramente altos a la altura de corte de 70 cm así como *T. canarienses* (6,33 t MSC/ha/año) a la altura de corte de 50 cm.

La producción anual del tagasaste esta limitada por las lluvias, siendo las áreas adecuadas las que están entre los 400 y 800 mm (Milthorpe y Dann, 1991). A pesar de ser el segundo año el más seco (338 mm), la producción se incrementó en todas las especies. La producción media de materia seca comestible de *C. palmensis* (13,36 t MSC/ha/año) fue superior a la producción obtenida con precipitaciones que oscilaron entre los 420 y 640 mm de lluvia por Milthorpe y Dann (1991); Oldham *et al.* (1991) y Eastham *et al.* (1993) e inferior a la obtenida por Snook (1996) en Margaret River (Western Australia) con 1000 mm de precipitación. Las especies de *Teline* tuvieron una producción superior a las 1,6 t MSC/ha/año, obtenidas por Radcliffe (1985) en *C. palmensis* cortado a 30 cm y con una precipitación de 223 mm.

Los resultados obtenidos demuestran el gran interés que tienen estos arbustos para proporcionar un alimento sano y saludable para los animales todo el año. Se propone este sistema de aprovechamiento para estudiar la producción y calidad de otros arbustos endémicos de rápido desarrollo que no han sido estudiados.

Bibliografía

BARQUÍN, E.; CHINEA, E., 1995. Cinco leguminosas arbustivas endémicas de Canarias con posibilidades forrajeras. En: *Pastos y productos ganaderos*, 9-23. Ed. E. China, E. Barquín Universidad de La Laguna, Tenerife, España.

CHINEA, E., 2001. *Leguminosas arbustivas endémicas de Canarias. Interés como recurso forrajero y para la conservación del suelo*. Tesis Doctoral, Universidad de La Laguna.

DOUGLAS, G.B.; BULLOCH, B.T.; FOOTE, A.G., 1996. Cutting management of willows (*Salix* spp.) and leguminous shrubs for forage during summer. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, **39**, 175-184.

EASTHAM, J.; SCOTT, P.R.; STECKIS, R.A.; BARTON, A.F.M.; HUNTER, L.J.; SUDMEYER, R.J., 1993. Survival, growth and productivity of tree species under evaluation for agroforestry to control salinity in the Western Australian wheatbelt. *Agroforestry Systems*, **21**, 223-237.

JUNTA DE EXTREMADURA, 1992. *Interpretación de análisis de suelo, foliar y agua de riego*. Mundi-Prensa. 280 pp. Madrid, España.

LAMBERT, M.G.; JUNG, G.A.; COSTALL, D.A., 1989. Forage shrubs in North Island hill country 1. Forage production. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, **32**, 477-483.

LEFROY, E.C., 2002. *Forage trees and shrubs in Australia. Their current use and future potencial*. A report for the RIRDC/L& W Australia/FWPRDC Joint Venture Agroforestry Program. Supported by the Natural Heritage Trust. RIRDC Publication No 02/039 RIRDC Project No. UWA-53A.

MCGOWAN, A.A.; MATTHEWS, 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.

MILTHORPE, P.L.; DANN, P.R., 1991. Production from tagasaste (*Chamaecytisus palmensis*) at four contrasting sites in New South Wales. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, **31**, 639-644.

OLDHAM, C.M.; ALLEN, G.; MOORE, P.M.; MATTINSON, B.A., 1991. Animal production from tagasaste growing on deep sands in a 450 mm winter rainfall zone. *Western Australian Journal of Agriculture*, **32**, 24-30.

PERCY, D.M.; CRONK, Q.C.B., 2002. Different fates of Island brooms: contrasting evolution in *Adenocarpus*, *Genistas*, and *Teline* (Genisteae, Fabaceae) in the Canary Islands and Madeira. *American Journal of Botany*, **89(5)**, 854-864.

RADCLIFFE, J.E., 1985. *Fodder tree production under cutting for 5 years in Canterbury Hill Country*. Fodder Trees. Report No. 106. Department of Scientific Industrial Research. Christchurch, New Zealand. pp. 19-23.

SNOOK, L.C., 1996. *Tagasaste. A productive browse shrub for sustainable agriculture*. Second Edition. Agrovision, 132 pp. Mansfield Queensland, Australia,

SPSS, 2002. SPSS for Windows V. 11,5. SPSS Inc. Chicago, Illinois. USA.

FORAGE PRODUCTION OF TAGASATE AND THREE TELINE SPECIES FROM THE CANARY ISLANDS

Abstract

Four species of leguminous shrubs endemic to the Canary Islands (Spain) were evaluated as a source of animal forage. Plant survival, edible/inedible fraction (EM/IM) and production of dry

matter (EDM) at three cutting heights were evaluated. Samples were taken at the end of each season during two consecutive years. Production of *Chamaecytisus palmensis* (tagasaste) was significantly higher at all three heights than that of the species of *Teline*. The three *Teline* species were less productive but similar to each other. *Chamaecytisus palmensis* had higher plant height, and trunk and crown diameter than the *Teline* species. Plant survival three years after experiment established was as follows: *Teline canariensis* (100%), *Teline osyrioides osyrioides* (99%), *Chamaecytisus palmensis* (97%) and *Teline osyrioides sericea* (95%). No pests were found in the plants during the cultivation period.

Key words *Chamaecytisus palmensis*

VARIETADES DE GUISANTE PARA FORRAJE. SIEMBRAS DE PRIMAVERA

MARÍA J. BANDE-CASTRO, NIEVES DÍAZ DÍAZ & JUAN PIÑEIRO-ANDIÓN
Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo. Apartado 10. E-15080 A Coruña (España)

Resumen

Se estudia el comportamiento agronómico de 17 variedades de guisante (*Pisum sativum* L.) que se sembraron en mezcla con la variedad 'Senatrit' de triticale (x *Triticosecale* Wittm.). Las producciones oscilaron entre 6,9 y 10,3 t ha⁻¹ MS, la contribución de los guisantes a la producción osciló entre 44,1 y 86,7 %, la del triticale entre 13,3 y 52,9 %, el contenido en proteína entre 11,5 y 15,1 %, y el contenido en materia seca entre 34,0 y 47,7 %. Se concluye que: 1) Al igual que ocurría en las siembras de otoño, la elección de variedad desde el punto de vista productivo hay que hacerla variedad a variedad, independientemente de su grado de precocidad, y 2) Conviene hacer la cosecha en un estado de desarrollo más próximo al inicio de la floración y no tan tardía como se hizo en este experimento, para evitar encamados y contenidos en materia seca excesivamente altos, y contenidos en proteína bajos.

Palabras clave: Mezcla triticale-guisante.

Introducción

Esta comunicación complementa la presentada en la Reunión Científica de la SEEP celebrada en Salamanca en 2004 con el título 'Variedades de guisante para forraje. Siembras de otoño' (Piñeiro *et al.*, 2004) y se enmarca, como la anterior, en el contexto de la intensificación de la producción forrajera en las explotaciones de vacuno de leche en Galicia, que recurren a la compra de forrajes y concentrados para atender la alimentación de su relativamente alta carga ganadera, hasta el punto de que solamente el 20 % de la producción de leche puede atribuirse a los forrajes propios en muchas explotaciones en la actualidad (Barbeyto Nistal y López Garrido, 2007), a pesar que el Programa de Gestión de Explotaciones de Vacuno de Leche había fijado como objetivo en la década de los noventa del siglo pasado llegar a producir el 40 % de leche con forrajes de la explotación.

Por otro lado, el cambio producido en los últimos años en el manejo de la alimentación del ganado en las explotaciones ganaderas de leche de la Cornisa Cantábrica ha generalizado el uso de raciones completas casi exclusivamente a base de ensilados, lo que lleva a la necesidad de buscar nuevos forrajes para ensilar con altos contenidos proteicos, que contribuyan a atenuar los gastos de alimentación (Martínez *et al.*, 2005).

Aunque hasta el momento lo más recomendable en Galicia son las siembras de otoño de las mezclas cereal-leguminosa, es necesario investigar las posibilidades de una siembra de primavera de un cultivo, distinto del maíz y del girasol, que permita la obtención de forrajes ricos en proteína y que podría llegar a formar parte de una rotación forrajera, intercalado entre dos praderas de duración media, que necesitan ser renovadas con cierta frecuencia. El guisante es, en principio, una opción a explorar dados los buenos resultados conseguidos en las siembras de otoño y sabiendo que en otros países, como Dinamarca (EGF, 2000), es común sembrar en primavera la mezcla cebada-guisante, para cosechar y ensilar en verano. Evidentemente, las condiciones edafoclimáticas de Galicia son diferentes, con veranos más secos, siendo necesario hacer una investigación local, que es el objetivo de este trabajo.

Dado que la cebada no es cultivo común en Galicia porque exige suelos menos ácidos, se optó por asociar los guisantes al triticale, que ha demostrado tener un mejor comportamiento que la avena y el centeno en siembras de primavera (Suárez *et al.*, 2004).

Materiales y métodos

Variedades comerciales

Se usaron las 17 variedades de guisante: ‘Athos’, ‘Austin’, ‘Azur’, ‘Badminton’, ‘Forrimax’, ‘BG2’, ‘Cosmos’, ‘Declic’, ‘Elegant’, ‘Gracia’, ‘Canis’, ‘Celine’, ‘Grande’, ‘Hard’, ‘Loto’, ‘Odalet’, y ‘Mb’, dentro de cuales están incluidas las 10 del ensayo de otoño (Piñeiro *et al.*, 2004).

Fecha de siembra, localidad y suelo

Se sembraron el 4 de Abril de 2003 en la finca principal del CIAM, situada en la localidad de Mabegondo (Abegondo, A Coruña), a 120 m de altitud en zona costera, con tipo climático B2r B'2'a' (Thornwaite), sobre un suelo de esquistos de Órdenes, de textura franco-limosa (USDA), en una parcela que había estado sembrada de raigrás inglés (*Lolium perenne* L.) para producción de semilla durante tres años.

Parcela elemental, modo de siembra y diseño experimental

Cada una de las variedades se sembró en mezcla con triticale var. ‘Senatrit’, en dosis de 100 y 150 semillas por m² de guisante y triticale, respectivamente, en parcelas elementales de 6,75 m de largo por 1,36 m de ancho. Se sembró con la sembradora experimental “Hege”, que deja la semilla en líneas a 17 cm de distancia (8 líneas). El diseño experimental consistió en bloques al azar con 6 repeticiones. En los extremos de cada bloque se sembró una parcela extra con triticale y las mismas dimensiones de la parcela elemental, que sirvió de borde.

Preparación del suelo, abonado, herbicidas, insecticidas y funguicidas

La parcela se roturó en el otoño de 2002 y se mantuvo limpia de vegetación espontánea mediante gradeos. Antes de iniciar el experimento, el suelo tenía un pH (agua, 1:2,5) de 5,5, y una riqueza en P(Olsen, extracción en CO₃HNa) de 24 mg kg⁻¹ y en K(extracción en 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, que se enterró con un pase de grada. No se utilizaron ningún tipo 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. Tampoco se utilizaron herbicidas, insecticidas o funguicidas. En todo caso, no se trata de un cultivo ecológico porque la finca no es ecológica y no se cumplían, por tanto, todos los requisitos exigidos por la normativa vigente en ese momento.

Datos de cultivo y control de producción

Se han tomado las fechas de inicio de la floración, de inicio de la formación de vainas y de inicio de la aparición de vainas llenas, las alturas medias del triticale y del guisante de cada parcela, tanto al inicio de la floración del guisante como en el momento del corte, y datos de encamado del cultivo en el momento del corte.

Aunque las distintas variedades de guisante iniciaron su floración en fechas diferentes (Tabla 1), todas las parcelas se cortaron en el mismo día, el 10 de julio de 2003, 101 días después de la siembra. Para la determinación de la producción, se cortó la totalidad del forraje de cada parcela con una motosegadora y se pesó en campo todo el forraje verde, del que se tomó una muestra abundante que se transportó al laboratorio en bolsa de plástico herméticamente cerrada. Una vez en laboratorio se troceó la muestra 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 h a 80 °C, que se ha guardado para análisis, y 2) Otra, de unos 500 a 1000 g, para separación manual de triticale, guisante y otras plantas, que también se desecaron en estufa durante 17 h a 80 °C, para determinar la composición botánica en términos de materia seca.

La muestra seca se molió en molino de martillos “Christian-Morris” con tamiz de 1 mm para determinar posteriormente los contenidos en proteína bruta (PB), fibra ácido detergente (FAD),

fibra neutro detergente (FND), carbohidratos no estructurales totales (CNET) y carbohidratos solubles en agua (CSA), así como la digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica (IVDMO) mediante NIRS (Near Infrared Reflectance Spectroscopy), en un espectrofotómetro NIRSystem 6500 (Foss NIRSystem, Inc., Silver Spring, Washington, USA), en cámara isoterma, con módulo alimentador giratorio y equipado con el programa WinISI II v. 1.5 (Infrasoft International, Port Matilda, PA, USA). De los datos de composición química y valor nutritivo, en este artículo se presenta únicamente el contenido en proteína bruta

Resultados y discusión

Precocidad de floración

El inicio de floración de todas las variedades que produjo en un intervalo de 12 días, entre el 1 y el 13 de junio (Tabla 1), muy corto si se compara con la amplitud del período de floración de las distintas variedades en las siembras de otoño, que alcanzó 43 días, entre el 1 de abril y el 14 de mayo (Piñeiro *et al.*, 2004).

Tabla 1. Fechas de inicio de floración, inicio de formación de vainas y e inicio de vainas llenas.

Variedad	Floración	Formación vainas	Vainas llenas
Athos	01/06	10/06	16/06
Austin	02/06	10/06	16/06
Azur	02/06	10/06	16/06
Badminton	02/06	10/06	19/06
Cosmos	02/06	11/06	19/06
Elegant	02/06	11/06	19/06
Hard	02/06	10/06	19/06
Loto	02/06	10/06	18/06
Celine	03/06	16/06	20/06
Declic	03/06	16/06	20/06
Canis	04/06	16/06	21/06
Odalet	07/06	17/06	29/06
BG2	10/06	16/06	26/06
Gracia	10/06	22/06	01/07
Grande	10/06	16/06	24/06
Mb	10/06	21/06	28/06
Forrimax	13/06	23/06	01/07

Producción

Las producciones obtenidas fueron, en general, menores que las conseguidas en las siembras de otoño, si bien hay algunas excepciones en las que las producciones fueron similares o ligeramente mayores. La producción total (Tabla 2) osciló entre un máximo de 10,3 t ha⁻¹ (variedad 'Forrimax') y un mínimo de 6,9 t ha⁻¹ (variedad 'Azur'). Al contrario de lo que ocurrió en las siembras de otoño, en las que se observó una cierta tendencia a una menor producción a medida que las variedades eran más tardías, en la siembra de primavera no se observó tendencia alguna en este sentido. A pesar de la tendencia observada en las siembras de otoño, se recomendó hacer la elección hacerla variedad a variedad, independientemente de su grado de precocidad, porque había variedades de precocidad similar con producciones estadísticamente diferentes. Con mayor razón, se mantiene esta recomendación para las siembras de primavera al no observarse ninguna tendencia.

Composición botánica y contenido en proteína

Como en las siembras de otoño, la contribución del guisante a la producción total ha sido alta en todos los casos, oscilando entre el 44,1 % (variedad 'Badminton') y el 86,7 % (variedad 'Odalet'); mientras que la del triticale varió entre 13,3 y 52,9 %, que corresponden a las parcelas en las que estuvo asociado a las variedades 'Odalet' y 'Badminton', respectivamente. La proporción de otras especies ha sido baja, como en las siembras de otoño, a pesar de no haber utilizado herbicidas, variando entre 0 % (parcelas de las variedades 'Odalet' y 'BG2') y 4,0% (parcela de la variedad 'Austin'). Como en el otoño, se atribuyó la baja presencia de malas hierbas a que la siembra se hizo en una parcela que estuvo dedicada pradera durante tres años, lo que contribuyó a la disminución de la población de semillas de plantas espontáneas que crecen con los cultivos anuales.

El contenido en proteína fue, en general, algo inferior al de las siembras de otoño, sobre todo en algunas variedades más precoces, lo que se atribuyó su avanzado estado de madurez en el momento de la cosecha, porque el contenido en proteína del guisante tiende a disminuir en las fases avanzadas de su desarrollo (Flores *et al.*, 2003). Por esta razón, no es recomendable una cosecha tan tardía como se hizo en este experimento.

Tabla 2. Peso de mil semillas (pms), producción total (MS, t/ha), índice de producción (IP, 100=10,3, producción de 'Forrimax'), composición (C.) botánica (% MS), contenido en materia seca (MS, %) y contenido en proteína (PB, % MS) de variedades de guisante mezcladas con triticale.

Variedad	pms (g)	Producción MS		C. botánica (% MS)			PB			
		t/ha	IP	T	G	O	%	%		
Athos	285	9,4	91	abcde	50,7	46,8	2,5	45,7	12,5	cdef
Austin	298	9,2	89	abcde	50,7	45,3	4,0	46,7	11,9	def
Azur	167	6,9	67	f	48,9	48,7	2,4	47,7	11,6	ef
Badminton	226	9,6	93	abcde	52,9	44,1	2,9	47,2	11,8	def
Cosmos	305	9,9	96	abc	18,7	80,6	0,7	39,6	14,3	ab
Elegant	293	10,1	98	ab	29,6	70,0	0,4	44,1	14,0	ab
Hard	256	9,2	89	abcde	25,4	73,2	1,4	45,2	13,0	bcd
Loto	281	9,5	92	abcde	28,7	69,8	1,5	41,9	13,9	ab
Celine	253	8,9	86	abcde	30,9	68,8	0,3	45,8	13,3	bc
Declic	258	9,9	96	abcd	52,3	44,4	3,3	41,7	11,5	f
Canis	257	10,0	97	ab	21,3	78,3	0,4	45,3	13,0	bcde
Odalet	259	8,3	80	cdef	13,3	86,7	0,0	34,0	14,9	a
BG2	197	9,0	87	abcde	18,9	81,1	0,0	35,1	14,0	ab
Gracia	115	8,2	79	def	34,1	65,1	0,8	35,3	15,1	a
Grande	201	8,6	83	bcde	25,9	73,8	0,3	34,4	14,4	ab
Mb	165	8,1	79	ef	19,6	79,6	0,8	35,7	15,1	a
Forrimax	159	10,3	100	a	23,3	76,3	0,4	35,0	14,0	ab

C. = Composición T = Triticale, G = Guisantes, O = Otras especies

Letras distintas en la misma columna indican medias significativamente diferentes, aplicando el test de Duncan para $p < 0,05$.

Contenido en materia seca

El contenido en materia seca del forraje cosechado fue en general alto, sobre todo en las variedades precoces, variando entre el 34,0% (variedad 'Odalet') y el 47,7% (variedad 'Azur'), lo que se atribuyó al avanzado estado de madurez de estas variedades. Esto podría llegar a ser un problema para las operaciones de ensilado por dificultades de compactación, ya que los valores óptimos para conseguir un buen ensilado están entre 30-35%. Se observó una tendencia a la disminución del contenido en materia seca a medida que las variedades son más tardías, debido a que el corte se realizó para todas las variedades en la misma fecha, estando en estado más inmaduro las más tardías y, como consecuencia, con un contenido de humedad más alto. No es recomendable, por tanto, hacer una cosecha tan tardía de las variedades precoces.

Encamado y alturas

En la Tabla 3 se recoge la altura de las plantas de triticale y guisante (cm) en el inicio de la floración del guisante y en el momento de corte (10/07/2003), y el estado del encamado en el momento del corte.

Se observó que las alturas al inicio de la floración de las variedades de guisante son un indicador de su altura final. En el momento del corte había bastantes parcelas muy encamadas, que se correspondían, sobre todo, con las variedades más altas. Las variedades más encamadas fueron 'Odalet', 'BG2', 'Gracia', 'Grande' y 'Mb', que están, de hecho, entre las más altas. Como consecuencia del alto grado de encamado generalizado ocurrido en este experimento, y para evitarlo, se recomienda no alcanzar estados de desarrollo tan tardíos en el momento de la cosecha, que conllevan, por otro lado, una disminución de la digestibilidad y del contenido en proteína del forraje cosechado (Flores *et al.*, 2003).

Tabla 3. Altura (cm) de las plantas de triticale (T) y guisante (G) en el inicio (I) de la floración del guisante y en el momento de corte, y grado de encamado en el momento del corte.

Variedad	I. floración		Momento de corte		Grado de encamado ¹
	T	G	T	G	
Athos	41,4	41,8 h	89,1	73,1 f	4,5 de
Austin	63,1	63,0 e	88,6	73,1 f	1,3 f
Azur	42,2	49,9 g	88,3	90,0 e	7 abc
Badminton	60,2	58,5 ef	89,7	70,6 f	2,5 ef
Cosmos	42,1	49,2 g	85,3	97,5 de	7,8 ab
Elegant	62,8	71,0 d	85,6	93,6 e	7,7 ab
Hard	44,4	52,5 fg	87,8	98,3 de	6,2 bcd
Loto	48,1	52,8 fg	90,1	93,9 e	7,5 ab
Celine	67,7	88,1 c	80,3	111,1 c	5,2 cd
Declic	75,3	70,6 d	91,1	79,4 f	1,2 f
Canis	65,4	85,3 c	89,1	106,4 cd	4,2 de
Odalet	71,9	96,8 b	78,6	130,0 b	8,5 a
BG2	69,0	117,4 a	77,8	154,5 a	8,3 ab
Gracia	70,4	110,2 a	78,9	147,2 a	8,5 a
Grande	69,2	91,0 bc	84,5	125,0 b	8,7 a
Mb	72,2	110,8 a	77,8	153,6 a	8,8 a
Forrimax	86,4	111,6 a	80,6	134,4 b	7,3 ab

¹Grado de encamado: 1 = no encamado, 9 = muy encamado.

Letras distintas en la misma columna indican medias significativamente diferentes, aplicando el test de Duncan para $p < 0,05$.

Conclusiones

1. Al igual que ocurría en las siembras de otoño; la elección de variedad desde el punto de vista productivo hay que hacerla variedad a variedad, independientemente de su grado de precocidad.
2. Conviene hacer la cosecha en un estado de desarrollo más próximo al inicio de la floración y no tan tardía como se hizo en este experimento, para evitar encamados, contenidos en materia seca excesivamente altos y contenidos en proteína bajos.

Bibliografía

- BARBEYTO NISTAL, J., LÓPEZ GARRIDO, C., 1997. Resultados do Programa de Xestión de Vacún de Leite en Galicia no período 1998-2005. Consellería do Medio Rural. Santiago de Compostela (España) (en prensa).
- EGF 2000. Post conference tour. 18th General Meeting of the European Grassland Federation. 22-25 de mayo. Aalborg (Dinamarca).
- FLORES, G.; GONZÁLEZ ARRÁEZ, A.; PIÑEIRO, J.; CASTRO, P.; DÍAZ VILLAMIL, L.; VALLADARES, J., 2003. Actas de XLIII Reunión Científica de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos, 261-266.
- MARTÍNEZ, A.; PEDROL, N.; PIÑEIRO, J. 2005. Cultivares de haboncillo (*Vicia faba* L.) y triticale (x *Triticosecale* Wittm.) para producción de forraje invernal en zonas húmedas con mezclas cereal-leguminosa. Actas de la XLV Reunión Científica de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos, 673-679.
- PIÑEIRO, J.; DÍAZ, N.; SANTOALLA, M^a C.; SUÁREZ, R.; FERNÁNDEZ, J. 2004. Variedades de guisantes para forraje. Siembras de otoño. Actas de la XLIV Reunión Científica de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos, 405-409.
- SUÁREZ, R.; DÍAZ, N.; PIÑEIRO, J.; SANTOALLA, C. 2004. Mezclas de avena, centeno y triticale con guisante y veza en siembras de primavera. Actas de la XLIV Reunión Científica de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos, 399-403.

Agradecimientos

Este trabajo fue realizado gracias a la financiación por el INIA del proyecto RTA01-144-C5-1.

CULTIVARS OF FORAGE PEAS. SPRING SOWINGS.

Summary

The behaviour for cultivation and use of 17 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 6,9 to 10,3 t ha⁻¹, the contribution of the peas to yield ranged from 44,1 to 86,7%, that of the triticale from 13,3 to 52,9%, crude protein content from 11.5 to 15.1% and dry matter content from 34.0 to 47.7 %. It is concluded that: 1) Just like happened in the autumn sowings; from the productive viewpoint the choice of cultivar has to be made cultivar to cultivar, independently of its earliness, 2) Harvesting closer to flowering initiation, well in advance to what was done in this experiment, is recommended in order to avoid high lodging, high dry matter content, and low protein content.

Key words : Whole crop triticale-peas forage.

EFECTO DE LA FERTILIZACION FOSFATADA DE LARGA DURACION SOBRE LA PRESENCIA DE TREBOL VIOLETA EN PRADOS DE MONTAÑA

R. GARCÍA, S. ANDRÉS, J. ALVARENGA, C. VALDÉS Y A. CALLEJA

Departamento de Producción Animal

Universidad de León. E-24071 León

Telf: +34 987 291 315 Fax: +34 987 291 311

alfredo.calleja@unileon.es

Resumen

La utilización de fertilizantes minerales con el fin de aumentar las producciones en los prados de siega en zonas de montaña es una práctica habitual que, dependiendo de las dosis utilizadas, puede provocar cambios no sólo en la cantidad de hierba obtenida, sino también en su composición química y botánica, es decir, en la calidad del forraje. Así, la respuesta de los dos tréboles (*Trifolium repens* y *Trifolium pratense*) difiere enormemente frente a una fertilización fosfórica prolongada, dado que el violeta (en contra de lo esperado), disminuye drásticamente con el aumento de la aportación de fósforo.

Cuando se administraron 80 kg de P_2O_5 ha^{-1} $año^{-1}$, el trébol violeta disminuyó ligeramente con respecto al testigo (0 kg de P_2O_5 ha^{-1} $año^{-1}$), siendo los descensos más marcados con las dosis más elevadas de P_2O_5 (160 y 240 kg ha^{-1} $año^{-1}$). El análisis de fósforo del suelo, en estos dos últimos casos, puso de manifiesto un contenido muy elevado de este elemento en ambas parcelas, por lo que parece razonable pensar que el fósforo se haya acumulado en el suelo a lo largo de los años, dando lugar a algún efecto perjudicial para el desarrollo del trébol violeta.

Palabras clave: *Trifolium pratense*, prados, fertilización.

Introducción

A lo largo de diversas experiencias llevadas a cabo en la Montaña de León (García *et al.* 2004), se ha podido apreciar como el fósforo ha sido el elemento fertilizante que más positivamente a influido sobre la composición botánica de los prados de dicha zona (Orden *Arrhenatheretalia*) ya que ha favorecido la producción de gramíneas y, de forma muy activa, la de leguminosas. Sin embargo, la aplicación reiterada de dicho fertilizante a lo largo de los años ha venido a demostrarnos que el efecto es distinto dependiendo de la especie de trébol, así frente al efecto positivo que tiene la fertilización fosfatada sobre el trébol blanco, la tiene negativa frente al violeta (García *et al.*, 2005 y 2006).

Con el objetivo de aclarar este comportamiento, en el año 2005 se recogieron muestras de hierba (en los cortes de Junio, Julio y Septiembre) y de suelo (antes de la fertilización y después de cada uno de los cortes citados anteriormente) para estudiar el balance entre las entradas y salidas de fósforo así como la presencia de trébol violeta en cada una de ellas.

Material y métodos

Del prado de regadío de la Montaña de Riaño (León) que se fertiliza anualmente, desde el año 1978, con N (0, 60, 120 y 180 kg ha^{-1} $año^{-1}$), P_2O_5 (0, 80, 160 y 240 kg ha^{-1} $año^{-1}$) y K_2O (0, 60, 120 y 180 kg ha^{-1} $año^{-1}$) de acuerdo con un diseño factorial 4^2 (Rodríguez *et al.*, 1980), se han utilizado las tres parcelas que han recibido exclusivamente fertilización fosfórica (80, 160 y 240 kg P_2O_5 ha^{-1} $año^{-1}$, 010, 020 y 030, respectivamente) y como testigo se ha tomado la parcela que no recibe ningún tratamiento de fertilización. Antes de la aplicación del fertilizante (a la salida del invierno) se tomaron muestras de suelo (con una sonda de 20 cm), así como después de cada uno de los cortes realizados. Las muestras fueron secadas a temperatura ambiente para ser, posteriormente, tamizadas hasta pasar por luz de malla de 2 mm, y analizadas para conocer

el contenido en fósforo asimilable por el método Olsen (Olsen *et al.*, 1954) en el Laboratorio de Técnicas Instrumentales de la Universidad de León.

De cada una de las parcelas, una vez pesadas para conocer su producción en cada uno de los tres cortes, se tomaron dos muestras representativas. Una fue utilizada para llevar a cabo una separación botánica para comprobar la cantidad de trébol violeta presente; mientras que la otra se utilizó (una vez seca y molida en molino con malla de 1 mm) para conocer el contenido de fósforo por el método del amarillo de nitromolibdovanadato (Duque, 1971).

Para el estudio estadístico se recurrió al análisis de regresión lineal, con la obtención de la ecuación de la recta, el coeficiente de correlación lineal de Pearson y el error típico de la estimación.

Resultados y discusión

En la Tabla 1 se muestra el balance anual de las cuatro parcelas estudiadas en el año 2005. La tabla está dividida en tres secciones, en la primera se puede apreciar el contenido de fósforo de suelo (en kg ha^{-1}), teniendo en cuenta la profundidad de 20 cm de la sonda y como densidad la unidad, (<http://www.ipni.net/ppiweb/ltams.nsf>), ya que lo que nos interesa es comparar las parcelas entre si en cuatro momentos a lo largo del año; a la salida del invierno y antes de proceder a la fertilización del prado y tras cada uno de los cortes llevados a cabo. En la segunda se observa la extracción de fósforo realizada en cada una de las siegas así como el balance, considerado como fósforo del suelo en el comienzo de la campaña más las entradas llevadas a cabo por medio del aporte de fertilizantes, menos las salidas por la extracción del vegetal. La tercera sección se corresponde con la producción anual (y en cada corte) de trébol violeta en cada una de las cuatro parcelas.

Referente al contenido de fósforo en el suelo, después de 29 años con la misma fertilización, la parcela 030 ($240 \text{ kg ha}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$) presenta unos contenidos edáficos que supera con creces el límite de 30 ppm (aproximadamente $137 \text{ kg ha}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$, haciendo la misma conversión que en nuestros suelos) considerado como nivel por encima del cual no es necesario fertilizar con fósforo un trébol violeta ya establecido (Gardner *et al.*, 2000); los niveles de la parcela testigo y la que recibe anualmente $80 \text{ kg P}_2\text{O}_5$ pueden considerarse bajos y normales los de la parcela 020 ($160 \text{ kg ha}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$). Los contenidos edáficos se ajustan a la recta de regresión:

$$y (\text{P}_2\text{O}_5 \text{ suelo}) = 9,86 + 0,81x (\text{P}_2\text{O}_5 \text{ aportado}), \text{ con un coeficiente de correlación de Pearson de } 0,95 \text{ y un error típico de la estimación de } 0,2.$$

En el caso de la cantidad fósforo extraído se observa como a medida que la aplicación de fertilizante aumenta lo hace, paralelamente, el de la extracción de dicho elemento ajustándose a la ecuación:

$$y (\text{P}_2\text{O}_5 \text{ extraído}) = 14,43 + 0,23 x (\text{P}_2\text{O}_5 \text{ añadido}), \text{ con un coeficiente de correlación de } 0,97 \text{ y error típico de } 0,10.$$

Cuando se incrementa el contenido de fósforo en el suelo, por efecto de la fertilización, lo hace el porcentaje del mismo en la planta cultivada, hecho ya contrastado en las superficies pratenses de nuestra zona (Calleja, 1976); por otro lado la producción en materia seca en las parcelas fertilizadas es superior a la del testigo, por lo que al sumar ambas características del forraje provoca estas diferencias en las extracciones. Aunque al incrementarse la aportación de fósforo, el porcentaje del mismo que es extraído por el vegetal va siendo cada vez menor; así se pasa de una utilización del 50%, en el caso de la dosis de $80 \text{ kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$, a únicamente el 27% en la dosis más elevada.

La última parte de la Tabla 1 refleja la producción (en kg ha^{-1}) del trébol violeta a lo largo del año de muestreo. Se observa como la mayor cantidad de biomasa se encuentra en el testigo disminuyendo a medida que el aporte de fósforo se incrementa, circunstancia que ya habíamos comentado en un trabajo previo (García *et al.*, 2006), con unos descensos entre el

testigo y la primera dosis próximos al 10%, pero que asciende al 50% con las dosis más elevadas; ajustándose a la recta:

$$y \text{ (kg de trébol)} = 105,57 - 0,28x \text{ (kg de P}_2\text{O}_5 \text{ en el suelo)}, \text{ con un coeficiente de correlación de } 0,88 \text{ y un error típico de la estimación de } 0,14.$$

Este comportamiento del trébol violeta frente al fósforo es algo que no hemos encontrado en la bibliografía consultada, quizá debido a que los experimentos de campo no suelen durar tantos años, por lo que la acumulación de fósforo en el suelo (como pasa en ésta experiencia) no tienen lugar; o bien que cuando se realizan los estudios en condiciones controladas en cámaras de cultivo la concentración de fósforo empleada es netamente inferior a la utilizada en este caso, por lo que el efecto positivo sobre el crecimiento del trébol violeta (Hellsen y Huss-Danell, 2000), no es el encontrado por nosotros.

Llegado a este punto resulta difícil poder explicar el descenso en la producción del trébol violeta; una de las causas podría ser un contenido excesivo de fósforo en la planta en relación con el de nitrógeno; si para Marschner (1995) el promedio óptimo de la relación N/P en el trébol violeta es próximo a 7 y que los valores superiores denotan una deficiencia en fósforo y si para Mullen *et al.* (1988) (aunque se refiera a la soja) dichos valores se encuentran entre 6,2 (para altos contenidos en fósforo) y 19,3 (en el caso de bajos contenidos de fósforo), en nuestro caso (datos sin publicar) se encuentran entre 8,97 (valor en la parcela testigo) y 3,06 (parcela 030).

Otra posible causa podría deberse a un antagonismo entre ambos tréboles, dado que a medida que el violeta desaparece con el fósforo, el blanco se incrementa hasta un 300% en las parcelas con mayor contenido en dicho elemento (García *et al.*, 2006); bajo nuestro punto de vista, el análisis del proteoma del trébol blanco y del trébol violeta cosechados en parcelas con distintas dosis de fertilizante fosfatado podría arrojar un poco de luz sobre las razones que explican la proliferación del primero y la desaparición del último, habida cuenta que el fósforo es un importante regulador de las rutas metabólicas de todo organismo vivo. Por tanto, es posible que en función de la dosis de fertilizante fosfatado algunas proteínas se expresen de modo distinto en especies de trébol diferentes.

Tabla 1. Balance anual del fósforo en un prado permanente tras 29 años de fertilización fosfatada.

Parcelas	CONTENIDO EN SUELO (kg ha ⁻¹ P ₂ O ₅)			
	0-0-0	0-80-0	0-160-0	0-240-0
Previo fertilizar	34,80	46,26	121,82	225,33
Aporte (kg ha ⁻¹ P ₂ O ₅)	0	80	160	240
Tras Corte 1	32,06	78,32	136,48	304,57
Tras Corte 2	30,22	61,37	130,53	243,65
Tras Corte 3	18,77	86,10	124,57	279,38
Parcelas	EXTRAÍDO POR LAS PLANTAS (kg ha ⁻¹ P ₂ O ₅)			
	0-0-0	0-80-0	0-160-0	0-240-0
Corte 1	4,46	13,11	19,08	24,70
Corte 2	3,32	12,41	19,21	21,57
Corte 3	2,78	11,75	16,93	18,80
TOTAL	10,56	37,27	55,22	65,07
BALANCE	24,24	88,99	226,60	400,26
PRODUCCIÓN TREBOL VIOLETA (kg ha ⁻¹ MS)				

Parcelas	0-0-0	0-80-0	0-160-0	0-240-0
Corte 1	59,46	34,80	7,49	18,64
Corte 2	22,57	42,41	34,90	16,22
Corte 3	21,98	18,17	9,35	16,37
TOTAL	104,01	95,38	51,74	51,23

Leyenda: 0-0-0 = testigo; 0-1-0 = 80 kg ha⁻¹ P₂O₅; 0-2-0 = 160 kg ha⁻¹ P₂O₅; 0-3-0 = 240 kg ha⁻¹ P₂O₅

Bibliografía

- CALLEJA, A., 1976. Contenido mineral y variaciones producidas por la fertilización fosfatada en plantas aisladas y henos de prados permanentes de la comarca del Porma (León). *An. Fac. Vet. León*, **22**, 597-681.
- DUQUE, F., 1971. Determinación conjunta de fósforo, potasio, calcio, magnesio, hierro, manganeso, cobre y cinc en las plantas. *An. Edaf. Agrob.*, **30 (3-4)**, 207-229.
- GARCÍA, R.; RODRÍGUEZ, M.; ANDRÉS, S.; CALLEJA, A., 2004. Cuarenta años de fertilización en prados de la Montaña de León. II Influencia sobre la composición botánica. *Pastos*, **XXXIV (2)**, 153-206.
- GARCÍA, R.; ANDRÉS, S.; ALVARENGA, J.; CALLEJA, A., 2005. Efecto de la fertilización NPK y del fraccionamiento del nitrógeno en la producción de tréboles. En: *Producciones agroganaderas: gestión eficiente y conservación del medio natural (vol II)*, 549-556. Ed. B. DE LA ROZA, A. MARTÍNEZ, A. CARBALLAL. SERIDA. Gijón (España).
- GARCÍA, R.; ANDRÉS, S.; VALDÉS, C.; CALLEJA, A., 2006. *Trifolium repens* L. and *Trifolium pratense* L. under PK fertilization in meadows. *Grassland science in Europe*, 399-401.
- GARDNER, E. H.; JACKSON, T. L.; DOERGE, T. A.; HANNAWAY, D. B.; McGUIRE, W. S., 2000. *Red Clover*. Oregon State University. <http://extension.oregonstate.edu/catalog/html/fg/fg17-e/>
- RODRÍGUEZ, M.; DE LA PUENTE, T.; CALLEJA, A., 1980. Relaciones entre el abonado NPK y la composición botánica en prados de regadío de la montaña leonesa. *Pastos*, **10(1)**, 105-113.
- HELLSTEN, A.; HUSS-DANELL, K., 2000. Interaction effects of nitrogen and phosphorus on nodulation in red clover (*Trifolium pratense* L.). *Acta Agric. Scand., Sect B.*, **50**, 135-142.
- MARSCHNER, H., 1995. *Mineral nutrition of higher plants*. 2nd edition. Academic Press, 889 pp. Londres (Reino Unido).
- MULLEN, M. D.; ISRAEL, D.W.; WOLLUM, A. G., 1988. Effects of *Bradyrhizobium japonicum* and soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) phosphorus nutrition on nodulation and dinitrogen fixation. *Appl. Environ. Microbio.*, **54**, 2387-2392.
- OLSEN, S.R.; WATANABE, F.S.; COLE, C.V.; DEAN, L.A., 1954. *Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate*. U. S. Dept. Agric. Circular No.939. Washington, DC, (USA).

LONG-TERM EFFECT OF PHOSPHATE FERTILIZATION ON RED CLOVER IN MOUNTAIN MEADOWS

Summary

Mineral fertilization is a common practice in mountain meadows in order to increase herbage production. Depending on the rates used, herbage chemical and botanical composition may also be modified, having a great influence on the nutritive value of the herbage obtained. White and red clovers showed a different response to phosphorus fertilization. While white clover yield increased as the rates of phosphorus became higher, red clover yield was negatively affected.

When 80 kg P₂O₅ ha⁻¹ year⁻¹ was applied to the soil, red clover decreased slightly as compared with plots without phosphorus fertilization, but almost disappeared when 160 and 240 kg P₂O₅ ha⁻¹ year⁻¹ were used. Soil analysis showed a high phosphorus content in the soils fertilized with the two highest rates, so it seems that the accumulation of this element for many years can be toxic for red clover.

Keywords: *Trifolium pratense* L., meadows, fertilization.

LA HIDROSIEMBRA EN LA REVEGETACIÓN DE ÁREAS MINERAS DEGRADADAS

IVÁN FERNÁNDEZ, JOSÉ ALBERTO OLIVEIRA & ELIAS AFIF

Universidad de Oviedo. Dpto. de Biología de Organismos y Sistemas. Campus de Mieres.
33600 Mieres (Asturias)
Telf: +34 985 45 80 46 Fax: +34 985 45 80 56
* oliveira@uniovi.es

Resumen

Con el objetivo de obtener una cubierta vegetal estable en distintas áreas mineras degradadas, se evaluó la eficacia de la hidrosiembra realizada en dos lugares: la escombrera del pozo de San José (Mieres) y en la mina a cielo abierto de Mozquita (Mieres), hace nueve y siete años respectivamente. Entre las especies hidrosembadas, el *Dactylis glomerata* y la *Festuca arundinacea* fueron las que mejor se adaptaron a los terrenos degradados. De las especies que han colonizado espontáneamente las zonas degradadas (Otras especies), destaca una leguminosa, *Medicago lupulina*, que aparece en las tres áreas estudiadas, lo que indica que puede ser interesante utilizar dicha especie en mezclas de hidrosiembra para futuras revegetaciones.

Palabras clave: minería del carbón, escombreras mineras, revegetación, *Dactylis glomerata*, *Festuca arundinacea*, *Medicago lupulina*

Introducción

Las actividades mineras proporcionan gran cantidad de materias primas necesarias para mantener nuestro nivel de vida, el problema que se presenta en la actualidad es que estas actividades generan gran cantidad de impactos ambientales (González-Alday y Martínez-Ruiz, 2003). Para la corrección de esos impactos se llevan a cabo labores de recuperación (Jardón y Calvo, 1993; Sierra, 2002) que constan de tres fases principales; mantenimiento del equilibrio hidrológico, reducción del impacto visual y creación de una cubierta vegetal estable. En este trabajo nos centraremos en esta última fase de la recuperación.

Para la creación de una cubierta vegetal estable se suele utilizar el método de la hidrosiembra (Martínez-Ruiz *et al.*, 2004), porque es el más adecuado para implantar una cubierta vegetal en suelos de elevada pendiente y baja calidad, que son precisamente los suelos típicos de áreas degradadas mineras. En estos terrenos donde lo importante a corto plazo es conseguir su estabilización y reducir el impacto visual los métodos tradicionales de siembra y plantación son menos eficaces que la hidrosiembra, aunque pueden usarse para complementarla.

En este estudio se pretende conocer el efecto de diferentes mezclas de hidrosiembra en la creación de una cubierta vegetal estable en distintas áreas mineras degradadas, mediante el estudio del Índice de cobertura vegetal.

Materiales y Métodos

Localización de los estudios

Los estudios sobre el efecto de la hidrosiembra se llevaron a cabo en dos áreas distintas:

- *Área degradada del Pozo San José.* Se trata de una antigua mina subterránea de carbón, situada en las proximidades de la localidad de Turón, perteneciente al concejo de

Mieres (Asturias). Los estériles de dicha mina se depositan en una escombrera contigua a la mina, denominada escombrera del Pozo San José. Esta escombrera fue hidrosemada con el objetivo de establecer una cubierta vegetal estable, nuestro estudio analiza si se consiguió ese objetivo o no. Durante la toma de muestras en la escombrera del Pozo San José se observó que existían dos zonas claramente diferenciadas en pendiente y altitud, a las que en este estudio nos referiremos como talud 1 (La zona de menor pendiente y altitud) y talud 2 (La zona de mayor pendiente y altitud).

- *Área degradada de Mozquita*. Se trata de una mina a cielo abierto de carbón que se sitúa en el límite de los concejos de Mieres y Langreo (Asturias). Nuestro estudio analiza la hidrosiembra realizada sobre algunos de los terrenos que ocupaba dicha mina en la zona denominada Mozquita Norte, perteneciente a Langreo. Destacar que esta mina tiene una gran extensión y que todavía se encuentra activa.

Mezclas para hidrosiembra

La hidrosiembra en la escombrera del Pozo San José se realizó en 1997, con los siguientes componentes (idénticos para ambos taludes): Gramíneas: *Lolium perenne* (100 kg/ha), *Lolium multiflorum* (60 kg/ha), *Festuca arundinacea* (60 kg/ha), *Dactylis glomerata* (80 kg/ha) y Leguminosas: *Trifolium repens* (40 kg/ha), *Trifolium pratense* (40 kg/ha) y *Lotus corniculatus* (20 kg/ha), por lo tanto se añadió una mezcla total de 400 kg/ha.

La hidrosiembra en la mina a cielo abierto de Mozquita Norte se realizó en 1999 con los siguientes componentes: Gramíneas: *Lolium multiflorum* (54 kg/ha), *Lolium perenne* (90kg/ha), *Dactylis glomerata* (30 kg/ha), *Festuca arundinacea* (15 kg/ha), *Festuca rubra* (21 kg/ha), *Festuca ovina* (15 kg/ha) y Leguminosas: *Trifolium repens* (30 kg/ha), *Lotus corniculatus* (15 kg/ha), por lo tanto se utilizó una mezcla total de 300 kg/ha.

Muestras

La toma de muestras se realizó de forma independiente en el talud 1 y talud 2 de la escombrera del Pozo San José y en Mozquita Norte. Para la toma de muestra se marcaron tres parcelas de 16 m² en cada una de las tres zonas de estudio. Para tomar las muestras se utilizó un marco cuadrado de 0,5 m de lado, siendo de 0,25 m² la superficie de muestreo de cada muestra. En cada parcela se realizaron 4 muestreos independientes, por tanto se analizará 1 m² de terreno en cada parcela.

La toma de muestra para el talud 1 y el talud 2 de la escombrera del Pozo San José se realizó en el año 2005, mientras que la toma de muestra para Mozquita Norte se realizó en el año 2006, es decir siete años después de la realización de las hidrosiembras.

En cada inventario se tomaron los datos de cobertura de las especies hidrosembradas, el resto de especies presentes en la zona muestreada y no hidrosembradas se incluyeron en un grupo al que denominaremos "Otras especies", de este grupo también se tomaron datos de cobertura y se identificaron las especies predominantes. A continuación se cortaron las especies y se introdujeron en bolsas correctamente identificadas para llevarlas al laboratorio. Una vez en el laboratorio se separaron cada una de las especies hidrosembradas y se pesaron obteniendo el peso en verde. También se pesó el grupo de "Otras especies" pero estas todas juntas.

Una vez obtenido y anotado el peso en verde, las especies hidrosembradas (por separado) y el grupo Otras especies, se introdujeron en una estufa a 80 °C durante 24 horas para obtener el peso seco. No se presentan en este trabajo los valores de producción de biomasa.

Se estimó el Índice de cobertura como diferencia entre el porcentaje de especies vegetales presentes y el porcentaje de suelo desnudo (sin vegetación).
El análisis estadístico se realizó mediante el programa SPSS (SPSS, 2002).

Resultados

Análisis de varianza

Tabla 1. Análisis de varianza del índice de cobertura (Ic) del Pozo de San José. GL = Grados de libertad, NS = Valor no significativo, * = Valor significativo (al nivel 0,05), ** = Valor bastante significativo (al nivel de 0,01), *** = Valor muy significativo (al nivel 0,001).

<i>Orígenes de variación</i>	<i>GL</i>	<i>Ic (%) Gramíneas</i>	<i>Ic (%) Otras especies</i>	<i>Ic (%) Total</i>
<i>Talud</i>	1	26,042 NS	8816,667***	12150***
<i>Parcela (talud)</i>	4	48,958 NS	188,542 NS	348,958*
<i>Error</i>	18	34,375	95,833	91,667

En este análisis se tuvo en cuenta los factores talud y parcela (talud) para las variables cuantitativas Gramíneas, “Otras especies” y cobertura total. Los resultados mostraron que existen diferencias muy significativas para el factor talud en las variables “Otras especies” y cobertura total, mientras que para la variable Gramíneas no fue significativo. También se observó que no existen diferencias significativas para el factor parcela (talud) en las variables Gramíneas y “Otras especies”, mientras que la diferencia es significativa para la variable índice de cobertura total.

Tabla 2. Análisis de varianza del índice de cobertura (Ic) de la mina Mozquita Norte. GL = Grados de libertad, NS = Valor no significativo, * = Valor significativo (al nivel 0,05), ** = Valor bastante significativo (al nivel de 0,01), *** = Valor muy significativo (al nivel 0,001).

<i>Orígenes de Variación</i>	<i>GL</i>	<i>Ic (%) Gramíneas</i>	<i>Ic (%) Otras especies</i>	<i>Ic (%) Total</i>
<i>Parcela</i>	2	277,083 NS	102,083 NS	58,333 NS
<i>Error</i>	9	423,611	73,611	172,222

En este análisis se tuvo en cuenta sólo el factor parcela para las variables Gramíneas, “Otras especies” y cobertura total. Los resultados mostraron que no hubo diferencias significativas para el factor parcela en las tres variables analizadas.

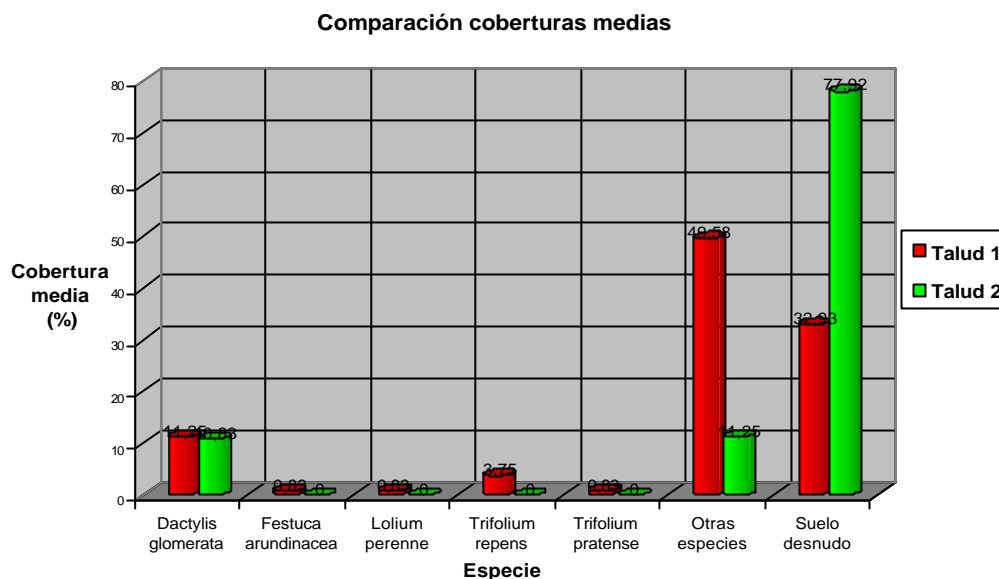


Figura 1. Comparación de la cobertura media (%) por especies en el pozo de San José.

De las especies hidrosebradas en el talud 1 no aparecen ni el *Lolium multiflorum*, ni el *Lotus corniculatus*, la que más cobertura alcanza dentro de las hidrosebradas es el *Dactylis glomerata* con un 11,25% de cobertura media, después *Trifolium repens* con 3,75% de cobertura media, seguido de *Festuca arundinacea*, *Lolium perenne* y *Trifolium pratense* con cobertura media de 0,83%. El grupo “Otras especies” es el que alcanzó mayor cobertura con un 49,58%, destacando dentro de este grupo la abundante presencia de *Medicago Lupulina*. Además hubo un 32,93% de suelo desprovisto de vegetación. En el talud 2 de las especies hidrosebradas sólo apareció el *Dactylis glomerata* que alcanzó un 10,83% de cobertura media, el grupo “Otras especies” volvió a ser el que alcanzó mayor cobertura con un 11,25%, tratándose de un grupo muy heterogéneo con presencia de *Medicago lupulina* y *Agrostis capillaris*. En el talud 2 hubo casi un 78% de suelo desnudo.

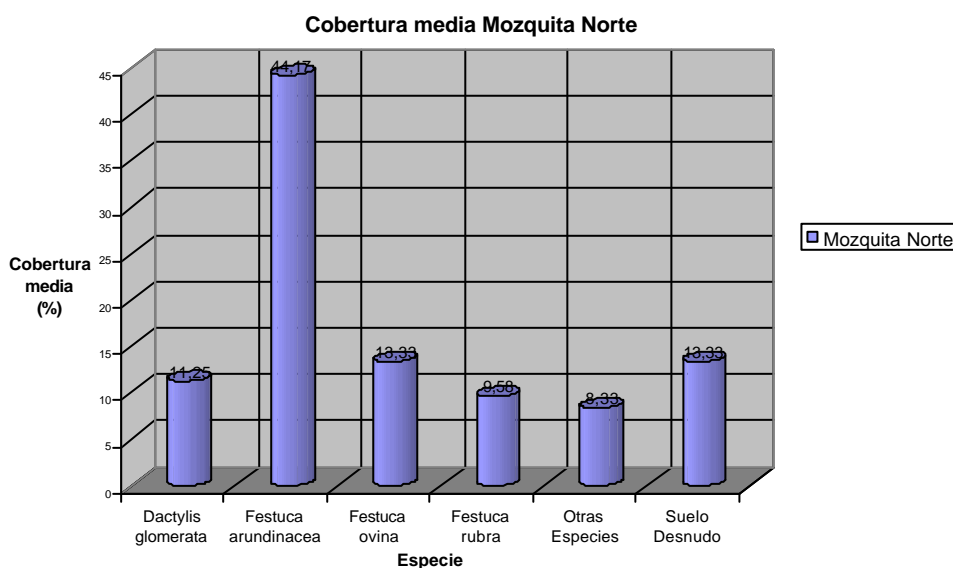


Figura 2. Comparación de la cobertura media (%) por especies en Mozquita Norte.

De las especies hidrosebradas apareció el *Dactylis glomerata* con una cobertura media de 11,25%, la *Festuca ovina* con cobertura media de 13,33%, la *Festuca rubra* con cobertura media de 9,58% y la *Festuca arundinacea* siendo esta última la que mayor cobertura media alcanzó con un 44,17%, el grupo “Otras especies” alcanzó un 8,33% de cobertura, siendo un grupo muy heterogéneo con presencia de *Medicago lupulina*, *Vicia* sp., etc. Además hubo un 13,33% de suelo desnudo.

Discusión

El índice de cobertura total y del grupo “Otras especies” en el Pozo San José, varía mucho dependiendo del talud en el que nos encontremos, mientras que la cobertura de Gramíneas es parecida en ambos taludes. El índice de cobertura para Gramíneas y para “Otras especies” es parecido con independencia del talud al que pertenezca la parcela analizada, mientras que la cobertura total cambia dependiendo del talud al que pertenezca la parcela.

El índice de cobertura en Mozquita Norte fue similar en cada una de las parcelas analizadas. De las especies hidrosebradas la que predomina es el *Dactylis glomerata* tanto en el talud 1 como en el talud 2, mientras que el resto alcanzan menor cobertura en el talud 1 y ni si quiera aparecen en el talud 2. El grupo “Otras especies” es el mayoritario en el talud 1 y también apareció en el talud 2. Destaca que el talud 2 tiene una mayor cantidad de suelo desnudo, esto puede ser debido a que en esa zona la pendiente es mayor. Por familias las Gramíneas son las que más predominan dentro de las especies hidrosebradas, ya que las Leguminosas aparecen con menor cobertura en el talud 1 y no aparecen en el talud 2.

Para que una revegetación se haya completado con éxito la cobertura de herbáceas debe de ser de al menos un 70% a los cinco años de haberse realizado la hidrosiembra (HUNOSA, comunicación personal, 2006). En el talud 1 la revegetación casi se ha completado con éxito (67,07%), mientras que en el talud 2 la revegetación ha fracasado (22,08% de cobertura media).

Entre las especies hidrosebradas, la *Festuca arundinacea*, es la predominante con mucha diferencia respecto al resto, las especies hidrosebradas alcanzan mucha mayor cobertura que el grupo otras especies y la cantidad de suelo desnudo es bastante baja. No aparece ninguna especie hidrosebrada de la familia Leguminosas, teniendo sólo Gramíneas. La revegetación ha sido un éxito, alcanzando una cobertura media del 86,67%.

Conclusiones

- En lo referente al éxito de la revegetación de herbáceas mediante hidrosiembra, se puede decir que la revegetación se ha completado con éxito en Mozquita Norte y no se ha conseguido en la escombrera del Pozo San José.
- En cuanto a las especies hidrosebradas, la que ha alcanzado un mayor índice de cobertura ha sido el *Dactylis glomerata* que aparece en todas las zonas estudiadas. Otra especie destacada es la *Festuca arundinacea* que es la especie predominante en Mozquita Norte y aparece también en el talud 1 de la escombrera del Pozo San José.
- De las especies que han colonizado espontáneamente las zonas degradadas (Otras especies), destaca una leguminosa, la *Medicago lupulina*, que aparece en las tres áreas estudiadas, lo que indica que puede ser interesante utilizar dicha especie en mezclas de hidrosiembra para futuras revegetaciones.

Bibliografía

MARTINEZ-RUIZ, C., FERNANDEZ-SANTOS, B., GARCÍA, J.A., PUERTO, A., 2004. Cambios en la composición florística tras hidrosiembra en un ambiente semiárido. En: Pastos y ganadería extensiva. Eds. García B., García A., Vázquez de Aldama B. R., Zabalgogezcoa I. *Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.*, pp. 53-58. Salamanca.

GÓNZALEZ-ALDAY, J., MARTINEZ-RUÍZ, C., 2003. Influencia de la hidrosiembra en la revegetación de escombreras de carbón. *Actas del VII Congreso Nacional de la Asociación Española de Ecología Terrestre*, pp. 1357-1371. Barcelona.

HUNOSA, 2006. Comunicación personal.

JARDON, S., CALVO, R., 1993. Recuperación de zonas industriales mineras con suelos alterados. *XX Congreso de la asociación española de parques y jardines públicos*. Bilbao.

SIERRA E., 2002. Restauración de terrenos alterados en la explotación a cielo abierto de Mozquita-Matona. En: *Departamento de medio ambiente HUNOSA*, pp. 1-34. Langreo.

SPSS, 2002. SPSS para Windows, versión 11.5 SPSS Inc. 1989-2002.

Agradecimientos

A la empresa CALFENSA PROYECTOS (Lugo) y a la Empresa Nacional Hulleras del Norte (HUNOSA) por la información aportada sobre las hidrosiembras realizadas.

HIDROSEEDING IN THE REVEGETATION OF DEGRADED MINING AREAS

Summary

With the objective of obtaining a stable vegetal cover in different degraded mining areas, the efficiency of hidroseeding was evaluated in two places: the San Jose (Mieres) mine-spoil heap and mine Mozquita (Mieres) hidroseeded nine and seven years ago respectively. Among the species hidroseeded, *Dactylis glomerata* and *Festuca arundinacea* were those that better adapted to degraded lands. Of the species that have spontaneously colonized the degraded zones (Other species), it must be pointed out *Medicago lupulina* that appears in the three studied areas, which indicates it can be interesting to use this species in mixtures of hidroseeding for future revegetations.

Key words: coal mining, mine-spoil heap, revegetation, *Dactylis glomerata*, *Festuca arundinacea*, *Medicago lupulina*

SIEMBRA DIRECTA Y FERTILIZACIÓN CON PURÍN DEL MAÍZ FORRAJERO EN SUELOS PESADOS. EFECTOS SOBRE LA SALUD DEL SUELO Y LA COSECHA

I. MIJANGOS, C. GARBISU, N. LORENZO, A. IBARRA, A. AIZPURUA & I. ALBIZU

NEIKER – Tecnalia / Dpto. de Agroecosistemas y Recursos Naturales
Parque Tecnológico de Bizkaia – P.812.
Berreaga, 1. E-48160 Derio (Bizkaia)
Telf: +34 902 540 546 Fax: +34 902 540 547
*imijangos@neiker.net

Resumen

La reutilización de los residuos ganaderos (purín) y el empleo de la siembra directa pueden producir beneficios tanto económicos como medioambientales. Para evaluar su aplicabilidad en suelos pesados y húmedos se inició este ensayo en mayo de 2005 en Derio (Bizkaia), con la siembra de maíz forrajero. Se estudió su efecto combinado y por separado, en comparación con técnicas más convencionales (laboreo y fertilización mineral). Para ello se analizaron parámetros químicos, físicos y biológicos del suelo, así como la producción y valor nutritivo del forraje. El abonado con purín, en comparación con el mineral, favoreció la actividad biológica del suelo y la presencia de lombrices. La siembra directa, a pesar de haber producido una mayor compactación superficial en comparación con la siembra convencional, no limitó la actividad biológica del suelo. En cuanto a la producción y valor nutritivo del maíz, ambas técnicas se comportaron satisfactoriamente en esta primera cosecha, tanto al emplearlas juntas como al combinarlas con las técnicas de laboreo y fertilización convencionales.

Palabras clave : Parámetros biológicos; siembra directa; fertilidad del suelo; maíz forrajero; salud del suelo

Introducción

Las explotaciones de vacuno de leche de la Cornisa Cantábrica, tal y como ocurre en el resto de la Comunidad Europea, tienden en los últimos años a aumentar el número de cabezas por explotación y a modernizar sus infraestructuras para intensificar su producción, a fin de hacer frente a un mercado cada vez más competitivo.

En este contexto, una práctica común suele ser incrementar los alimentos comprados fuera de la explotación, pero esto implica una gran dependencia frente a sus cambios de precio. Otra opción sería ampliar la superficie forrajera mediante la incorporación de tierras antes no utilizadas, o mediante la compra o arrendamiento de tierras, pero las tierras útiles para este fin son actualmente escasas y caras. La solución podría pasar por aumentar la cantidad y calidad del forraje producido por unidad de superficie, aprovechando al máximo los recursos de la propia explotación, para lograr una base forrajera propia más sólida.

En este sentido, se tiende a la reutilización como abono orgánico de los propios residuos ganaderos de la explotación en forma de purines y estiércoles. Por ello, son muchos los estudios sobre el impacto medioambiental que pueden tener dependiendo del manejo de los mismos, tanto a nivel de lixiviados como de emisiones a la atmósfera (Merino *et al.*, 2001). Los estudios que tienen en cuenta su efecto en la salud del suelo son, sin embargo, más escasos. Otra manera de optimizar los recursos y reducir costes de producción es el método de la siembra directa. Es sabido que esta opción puede presentar ventajas económicas y medioambientales, por lo que ha tenido una gran expansión mundial en los últimos años. En suelos pesados, por el contrario, su capacidad productiva es más cuestionada (Martínez y Piñeiro, 2002), y su impacto sobre la salud del suelo aún ha sido poco estudiada.

Teniendo en cuenta estas premisas, el objetivo de este trabajo es estudiar el efecto de la fertilización orgánica (*vs* mineral) y de la siembra directa (*vs* convencional) en suelos de textura fina y húmedos, tanto a nivel productivo como a nivel de su efecto sobre la salud del suelo (i.e. sobre los parámetros químicos, físicos y biológicos del suelo).

Materiales y Métodos

El ensayo de campo se inició en Mayo de 2005 en la finca que NEIKER Tecnalia- Instituto Vasco de Investigación y Desarrollo Agrario- posee en Derio (Bizkaia), a una altitud de 60 m sobre el nivel del mar, con una precipitación anual de 1100 mm y una temperatura media anual de 13,5 °C. El suelo es un Cambisol Epidiátrico (FAO) de textura franco-arcillo-limosa, pH (H₂O)=5,4, P (Olsen)=10 mg kg⁻¹, K extraíble (NH₄Ac)=126 mg kg⁻¹, y en ese momento albergaba una pradera de raigrás italiano cv. 'Nival' que había sido sembrada el otoño anterior sin fertilización para homogeneizar la parcela.

El diseño experimental fue en bloques al azar con tres réplicas y un tamaño de parcela elemental de 17,5 m² (5 x 3,5 m). Uno de los factores a estudiar fue el tipo de fertilización (orgánica *vs* mineral). La fertilización orgánica consistió en la aplicación superficial de purín de vacuno fresco (7% MS) equivalente a 150-110-220 kg ha⁻¹ de N-P₂O₅-K₂O, suponiendo una disponibilidad en el primer año del 50% para el nitrógeno, del 85% para el P y del 100% para el K (Ziegler y Heduit, 1991). Para la fertilización mineral se emplearon NH₄NO₃ al 33,5%, P₂O₅ al 18% y KCl al 60%, igualando las dosis aplicadas en forma de purín. Dentro de cada tipo de fertilización, también se comparó la siembra directa frente a una siembra convencional que incluyó un pase de arado de vertedera y tres pases de rotavator. Las parcelas destinadas a la siembra directa se trataron con glifosato (36%) a razón de 6 L ha⁻¹ del producto comercial aproximadamente una semana antes de la fertilización y de la siembra, mientras que a las parcelas de siembra convencional se les aplicó un tratamiento de preemergencia a base de pendimetalina (33%), también a razón de 6 L ha⁻¹ del producto comercial, en este caso el día posterior a la siembra. Para realizar la siembra se empleó en ambos casos una sembradora directa Semeato; en todas las parcelas se sembró se sembró maíz forrajero cv 'Belonia Hybrid', de ciclo corto, a una densidad de 95000 plantas ha⁻¹ y con un marco de siembra de 70 x 15 cm. Se realizaron tres muestreos de suelo, (1) justo antes de los tratamientos (abonado y laboreo), (2) un mes después (efectos a corto plazo) y (3) cinco meses después de los mismos, coincidiendo con el momento de la cosecha del maíz. Se tomaron muestras de suelo al azar en cada una de las parcelas del ensayo al azar con ayuda de una sonda manual de embudo de 2,5 cm de diámetro y 15 cm de profundidad. Las muestras se secaron al aire durante aproximadamente una semana (hasta peso constante), se tamizaron (2 mm) y se almacenaron a 4°C hasta la fecha de análisis.

Se analizaron los siguientes parámetros químicos del suelo (MAPA, 1994): pH, saturación de Al, materia orgánica, N total, NH₄⁺, P Olsen, K, Ca y Mg.

Los parámetros biológicos del suelo que se analizaron fueron el N mineralizable, la respiración basal, la abundancia de lombrices 0-30 cm, y las actividades enzimáticas deshidrogenasa, β-glucosidasa, arilsulfatasa y fosfatasa ácida según Dick *et al.* (1996).

En cuanto a los parámetros físicos, se analizaron la humedad gravimétrica del suelo (70 °C), su temperatura (con un termómetro de campo Minitherm HI8753) y su grado de compactación 0-75 cm (con un penetrómetro Rimik CP40). Para medir la compactación se llevaron a cabo cinco mediciones en distintos puntos de cada parcela, para finalmente obtener un valor medio para cada una de éstas.

Finalmente, para cuantificar la cantidad y el valor nutritivo del forraje, se cortaron las dos hileras centrales de cada parcela en estado del grano pastoso-vítreo, se secaron a 60°C y se

estimó la producción de materia seca total, digestibilidad, fibras neutra y ácida detergente, cenizas, almidón (éste sólo en la mazorca) y proteína bruta según Zasoski y Burau (1977).

Para determinar las diferencias entre los tratamientos se empleó el análisis de la varianza (ANOVA) y el test de Fisher ($p < 0,05$) para la separación de medias.

Resultados y discusión

Los efectos a corto plazo (1 mes) de los distintos tratamientos de laboreo y abonado sobre los parámetros químicos, biológicos y físicos analizados se observan en las tablas 1, 2 y 3, respectivamente. Se comparan los tratamientos entre sí, y además se estudia su evolución en comparación con una pradera natural contigua (Control).

Previamente, en un muestreo realizado antes de estos tratamientos (Mijangos *et al.*, 2006) se comprobó que el Control se diferenciaba por una mayor fertilidad natural (derivada de un contenido en materia orgánica superior), menor acidez y actividad biológica muy superior.

Un mes después de los tratamientos (Tabla 1) se siguen observando algunas diferencias significativas entre el Control y el conjunto de las parcelas cultivadas, que se refieren al mayor contenido de éste en materia orgánica y nitrógeno total. Sin embargo, por efecto de la aplicación de los abonos, algunas parcelas cultivadas le superan ahora en los contenidos de NH_4^+ , P y K, aunque éste último solamente es superior en las parcelas de siembra directa.

En cuanto al conjunto de las parcelas cultivadas, en este muestreo los valores máximos de los parámetros químicos analizados se dan en los tratamientos de SD+O, siendo significativamente mayores los del pH, la materia orgánica, el N total, el P, el K y el Mg (Tabla 1).

Tabla 1 Efectos a corto plazo (1 mes) del laboreo y del abonado sobre las propiedades químicas del suelo. Diferentes letras dentro de cada línea indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

CORTO PLAZO- VERANO	Siembra Directa (SD)		Siembra Convencional (SC)		Control
	Orgánica	Mineral	Orgánica	Mineral	
pH	6.1 ^c	5.5 ^a	4.9 ^b	4.8 ^b	5.5 ^a
Saturación Δ1 (%)	2.0 ^a	3.8 ^a	12.2 ^b	14.7 ^b	1.8 ^a
MO (%)	4.4 ^c	2.9 ^b	2.8 ^b	2.8 ^b	6.6 ^a
N total (%)	0.18 ^c	0.14 ^b	0.14 ^b	0.13 ^b	0.30 ^a
NH_4^+ (mg/kg suelo)	5.8 ^a	32.3 ^b	8.8 ^a	11.4 ^a	4.1 ^a
P Olsen (mg/kg suelo)	45 ^b	19 ^a	14 ^a	13 ^a	12 ^a
K (mg/kg suelo seco)	291 ^{bcd}	309 ^{bd}	170 ^a	165 ^a	217 ^{ac}
Ca (mg/kg suelo seco)	1660 ^a	1515 ^a	1145 ^b	1145 ^b	1563 ^a
Mg (mg/kg suelo seco)	160 ^c	107 ^b	119 ^b	106 ^b	196 ^a

El aumento del pH en las parcelas orgánicas se debió posiblemente a la adición reciente del purín que en este caso presentaba un pH de 6,7. El hecho de que este efecto sea más acusado en SD +O que en las parcelas SC+O se debe a que las muestras de suelo, tomadas para la realización de las analíticas, pertenecían al intervalo de 0-15 cm de profundidad. En las parcelas SC+O el purín se repartió o distribuyó a lo largo de la capa arada (0-25 cm) por lo que el efecto de dicho abono fue menor. Esto también se refleja en el contenido de MO y nutrientes, que fueron superiores en las parcelas que incluyeron siembra directa frente a las convencionales. Sin embargo, el contenido de NH_4^+ en SD+O fue el más bajo, y también en las parcelas convencionales el abonado orgánico mostró menor concentración de amonio que las minerales, mientras que el bioparámetro N mineralizable (NM) en SD+O fue muy superior (Tabla 2). Esta combinación de factores puede indicar un ciclo del N más coordinado con las necesidades del

cultivo, disminuyendo los riesgos de contaminación medioambiental, y está de acuerdo con estudios anteriores (Drinkwater *et al.*, 1996), que comprobaron que suelos que recibieron fertilización orgánica, en comparación con la fertilización mineral, mostraron niveles más altos de actividad microbiana y N mineralizable, junto con reservas de N mineral instantáneo más bajas.

De hecho, los parámetros biológicos medidos en este estudio muestran en conjunto una mayor actividad microbiana en las parcelas abonadas con purín, tanto dentro de las parcelas de siembra directa como en las labradas (Tabla 2). La actividad deshidrogenasa, indicadora de la población microbiana viable, tras el tratamiento SD+O incluso supera significativamente al control, lo que relaciona la adición de materia orgánica y las prácticas de no laboreo (Doran, 1980) con el incremento de la población microbiana. Sin embargo, la respiración del suelo no varía entre los tratamientos. Por tanto, si se contemplan ambos parámetros, podría deducirse que en las parcelas de siembra directa (sobre todo en SD + O) la actividad oxidativa (respiración) por unidad de biomasa microbiana es menor que en las parcelas labradas, lo que según determinados autores puede ser debido a una mayor eficiencia en la utilización de los sustratos orgánicos por parte de la microflora. En cambio, el aumento de las emisiones de CO₂ por unidad de biomasa microbiana estaría reflejando un estrés de dicha microflora ante condiciones adversas (monocultivo, acidificación, niveles altos de metales pesados, etc.) (Gil-sotres *et al.*, 2005), además de una disminución de la capacidad de secuestro de C de ese suelo.

Tabla 2. Efectos a corto plazo (1 mes) del laboreo y del abonado sobre las propiedades biológicas del suelo. Diferentes letras dentro de cada línea indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

CORTO PLAZO-VERANO	Siembra Directa (SD)		Siembra Convencional		Control
	Orgánica	Mineral	Orgánica	Mineral	
Parámetros Biológicos					
Des-H (mg INTF kg^{-1} suelo)	18 3 ^b	24 ^a	13 ^a	08 ^a	66 ^a
R-Chc ($\text{mg } \Delta\text{-NP kg}^{-1}$ suelo)	105 3 ^d	44 7 ^c	60 6 ^b	67 6 ^b	290 3 ^a
P-ácid ($\text{mg } \Delta\text{-NP kg}^{-1}$ suelo)	227 5 ^c	166 5 ^c	335 3 ^b	310 0 ^b	991 3 ^a
Arils ($\text{mg } \Delta\text{-NP kg}^{-1}$ suelo)	61 1 ^c	30 3 ^b	40 2 ^{bc}	35 8 ^{bc}	640 1 ^a
NM (mg kg^{-1} suelo seco)	64 7 ^c	33 3 ^b	24 6 ^b	25 3 ^b	105 1 ^a
Respirac Basal ($\text{g CO}_2 \text{ m}^{-2}$)	0 5 ^{ab}	0 5 ^{ab}	0 6 ^a	0 5 ^{ab}	0 6 ^{ab}
Lombrices (ind. m^{-2})	0 0 ^a	0 0 ^a	0 0 ^a	0 0 ^a	0 0 ^a

Siguiendo con los parámetros biológicos, en este muestreo no se contabilizó ninguna lombriz. Según Labrador (2001) la temperatura letal para las lombrices es 28 °C y si atendemos a las temperaturas del suelo registradas (Tabla 3) es lógico pensar que las lombrices hubieran migrado a estratos más profundos y frescos.

En cuanto a la humedad del suelo, el control se encontraba más seco porque en las parcelas cultivadas se realizaron dos riegos superficiales para favorecer la germinación del maíz, ya que no llovió en las tres semanas posteriores a la siembra. Entre las parcelas cultivadas, la mayor compactación superficial (0-20 cm) observada en las parcelas de SD hizo que se mantuviesen algo más húmedas en verano. Por otro lado, debe tenerse en cuenta que con valores de resistencia a la penetración mayores de 2 MPa puede haber restricciones para el crecimiento radicular y que en suelos arcillosos, superado este valor, habría una reducción en la tasa de elongación de las raíces de un 50% (Vorhees *et al.*, 1975). Sin embargo, este hecho no se vio reflejado a nivel productivo.

Tabla 3. Efectos a corto plazo (1 mes) del laboreo y del abonado sobre las propiedades físicas del suelo. Diferentes letras dentro de cada línea indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

CORTO PLAZO– VERANO	Siembra Directa (SD)		Siembra Convencional		Control
	Orgánica	Mineral	Orgánica	Mineral	
T^a (°C)	27 7 ^a	29 9 ^b	30 0 ^b	29 7 ^b	27 4 ^a
Humedad Gravimétrica	22 8 ^d	19 0 ^{bc}	17 2 ^{ac}	18 0 ^{ac}	15 5 ^a
Compactación 0-20 cm	1947 ^{ac}	2100 ^{ac}	793 ^b	991 ^b	2431 ^a
Compactación 20-40 cm	2180 ^c	2026 ^{bc}	1966 ^{bc}	1902 ^b	2622 ^a
Compactación 40-75 cm	2062 ^b	2258 ^b	2230 ^b	2196 ^b	3158 ^a

En el muestreo realizado en otoño se analizaron de nuevo los parámetros químicos, físicos y biológicos del suelo, tal y como muestran las tablas 4, 5 y 6, respectivamente. En comparación con el muestreo anterior, se observó un incremento generalizado de la acidez del suelo, aunque en las parcelas orgánicas se siguió notando un cierto efecto corrector de la acidez por el purín. En cuanto a la materia orgánica y el resto de nutrientes, las diferencias encontradas en el muestreo anterior (Tabla 1) dejaron de ser significativas con el paso del tiempo, no observándose diferencias químicas entre los tratamientos en términos generales (Tabla 4).

Tabla 4. Efectos a medio plazo (5 meses) del laboreo y abonado sobre las propiedades químicas del suelo. Diferentes letras dentro de cada línea indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

MEDIO PLAZO– OTOÑO	Siembra Directa (SD)		Siembra Convencional (SC)		Control
	Orgánica	Mineral	Orgánica	Mineral	
nH	5 1 ^c	4 7 ^b	4 0 ^{bd}	4 7 ^b	5 5 ^a
Saturación Δ1 (%)	16 0 ^c	23 8 ^b	16 0 ^{bc}	18 7 ^{bc}	3 0 ^a
MO (%)	2 9 ^b	2 6 ^b	2 7 ^b	2 8 ^b	7 4 ^a
N total (%)	0 15 ^b	0 14 ^b	0 15 ^b	0 15 ^b	0 34 ^a
NH₄⁺ (mg/kg suelo)	2 3 ^b	4 7 ^b	4 2 ^b	11 2 ^a	11 8 ^a
P Olsen (mg/kg suelo)	13 ^c	9 ^b	11 ^{abc}	11 ^{ab}	13 ^{ac}
K (mg/kg suelo seco)	105 ^b	176 ^b	178 ^b	178 ^b	273 ^a
Ca (mg/kg suelo)	1325 ^b	1144 ^b	1257 ^b	1233 ^b	1577 ^a
Mg (mg/kg suelo)	143 ^b	103 ^c	141 ^b	124 ^b	203 ^a

En cuanto a los parámetros físicos analizados (Tabla 5), las parcelas no labradas (SD) continuaron estando significativamente más húmedas y compactadas en superficie (0-20 cm) que las parcelas que incluían laboreo (SC). Aún así, estas últimas incrementaron en mayor medida su resistencia a la penetración en superficie respecto al muestreo anterior, lo que era de esperar como consecuencia del paso del tiempo desde que se realizó el laboreo.

Tabla 5. Efectos a medio plazo (5 meses) del laboreo y abonado sobre las propiedades físicas del suelo. Diferentes letras dentro de cada línea indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

MEDIO PLAZO – OTOÑO	Siembra Directa (SD)		Siembra Convencional		Control
	Orgánica	Mineral	Orgánica	Mineral	
T^a (°C)	16 7 ^{bc}	16 9 ^{ac}	16 6 ^b	16 6 ^b	17 0 ^a
Humedad Gravimétrica	23 0 ^b	23 2 ^b	20 4 ^a	20 8 ^a	22 3 ^{ab}
Compactación 0-20 cm	2010 0 ^c	1963 1 ^c	1463 3 ^b	1525 0 ^b	3313 8 ^a
Compactación 20-40 cm	2767 8 ^b	2665 3 ^b	2763 3 ^b	2685 2 ^b	4180 9 ^a
Compactación 40-75 cm	3202 0 ^b	3234 6 ^b	3555 4 ^{ab}	3163 5 ^b	3904 9 ^a

La actividad biológica en general fue superior en este muestreo (Tabla 6), posiblemente favorecida por la humedad y las temperaturas suaves propias del otoño. Incluso aparecieron lombrices, y es de destacar que lo hicieron únicamente en las parcelas orgánicas que, además, de nuevo mostraron valores en los parámetros biológicos analizados superiores a sus homólogas minerales, dentro de cada tipo de siembra. En cuanto al laboreo, no se vio un efecto claro sobre los parámetros biológicos analizados.

Tabla 6. Efectos a medio plazo (5 meses) del laboreo y abonado sobre las propiedades biológicas del suelo. Diferentes letras en cada línea indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

MEDIO PLAZO – OTOÑO			Siembra Directa (SD)		Siembra Convencional		Control
			Orgánica	Mineral	Orgánica	Mineral	
Des.H	(mg INTF kg^{-1})	22.5 ^c	5.0 ^{ab}	1.5 ^{ab}	1.0 ^b	0.3 ^{ad}	
R.Cluc	(mg 4-NP kg^{-1})	86.0 ^b	61.7 ^b	80.1 ^b	60.4 ^b	683.1 ^a	
P.ácido	(mg 4-NP kg^{-1})	285.0 ^b	274.8 ^b	388.1 ^b	372.0 ^b	1580.3 ^a	
Aril.S	(mg 4-NP kg^{-1} suelo)	91.1 ^b	65.1 ^b	58.0 ^b	28.0 ^b	640.6 ^a	
N Mineralizable	(mg kg^{-1})	34.0 ^c	23.4 ^b	27.7 ^{bc}	23.0 ^b	80.6 ^a	
Respiración Basal	(μCO_2)	0.2 ^{bc}	0.3 ^c	0.2 ^b	0.2 ^{bc}	0.7 ^a	
Lombrices	(ind. m^{-2})	2.7 ^b	0.0 ^b	2.7 ^b	0.0 ^b	24.0 ^a	

Por último, en la Tabla 7 se muestran los valores de producción de materia seca así como los de los distintos parámetros relacionados con el valor nutritivo del maíz forrajero, los cuales se corresponden con el contenido en almidón de la mazorca, proteína bruta (PB), fibra ácido detergente (FAD), fibra neutro detergente (FND) y el valor de digestibilidad (D) del maíz. En cuanto a la producción, la combinación de tratamientos más desfavorable fue SD+M mientras que la más favorable fue SC+O, aunque de manera general no se dieron diferencias significativas -con la única excepción de la diferencia entre estos tratamientos que fueron los extremos-. En cuanto al valor nutritivo del maíz no se dieron diferencias significativas para ninguno de los parámetros entre ninguno de los tratamientos. A pesar de la producción más baja de SD+M, los valores de producción y valor nutritivo del maíz obtenidos se consideran en su conjunto aceptables para todas las opciones de manejo estudiadas. Por tanto, no se observó una limitación de la producción ni del valor nutritivo del maíz a causa de la compactación superficial observada en las parcelas de siembra directa, al contrario de lo que podía suponerse.

Tabla 7: Valores de producción y parámetros de valor nutritivo del maíz forrajero.

	Producción (t ha^{-1}) ¹⁾	Almidón (%)	PB (%)	FAD (%)	FND (%)	D (%)
SC+M	12,1 ^{ab}	54,6 ^a	8,9 ^a	17,1 ^a	38,2 ^a	75,9 ^a
SC+O	12,3 ^a	57,0 ^a	8,7 ^a	16,9 ^a	37,2 ^a	75,9 ^a
SD+M	8,8 ^b	54,3 ^a	9,0 ^a	16,6 ^a	39,0 ^a	75,7 ^a
SD+O	11,9 ^{ab}	54,8 ^a	8,3 ^a	16,4 ^a	38,5 ^a	76,1 ^a

Conclusiones

El empleo de fertilizantes orgánicos (purín) produjo un incremento en la actividad biológica del suelo y en la abundancia de lombrices con respecto a los fertilizantes minerales. Además, permitió obtener una producción forrajera adecuada, presentando una dinámica de mineralización del N más acoplada a los requerimientos del cultivo.

La siembra directa supuso una compactación superficial que, sin embargo, no limitó la producción (a excepción del tratamiento que combinaba la siembra directa y el abonado mineral) ni el valor nutritivo del forraje y tampoco la actividad biológica del suelo. Pareció contribuir a reducir las emisiones de CO₂ por unidad de biomasa microbiana.

Los parámetros biológicos analizados se mostraron sensibles y capaces de discriminar a corto plazo las distintas opciones de manejo del suelo estudiadas, especialmente la actividad deshidrogenasa, y mantuvieron su respuesta a medio plazo.

Bibliografía

DICK, R.P.; BREACKWELL, 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).

DORAN, J.W., 1980. Soil microbial and biochemical changes associated with reduced tillage. *Soil Sci Soc Am*, **44**, 765-771.

DRINKWATER, L.E.; CAMBARDELLA, C.A.; REEDER, J.D.; RICE, C.W., 1996. Potentially mineralizable nitrogen as an indicator of biologically active soil nitrogen. En: *Methods for Assessing Soil Quality*, 217-229. Ed. J.W. DORAN & A.J. JONES. SSSA. Madison. Wisconsin (EEUU).

GIL-SOTRES, F.; TRASAR-CEPEDA, C.; LEIRÓS, M.C.; SEOANE, S., 2005. Different approaches to evaluating soil quality using biochemical properties. *Soil Biol Biochem*, **37**, 877-887.

LABRADOR, J., 2001. *La materia orgánica en los agrosistemas (2ª ed.)*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid (España).

MAPA, 1994. *Métodos oficiales de análisis III*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid (España).

MARTÍNEZ, A.; PIÑEIRO, J., 2002. Primeros años de siembra directa de maíz para ensilar. *Actas de la XLII Reunión Científica de la SEEP*, 303-308. Lleida.

MERINO, M.P.; ESTAVILLO, J.M.; PINTO, M.; RODRÍGUEZ, M.; DUÑABEITIA, M.K.; GONZÁLEZ-MURUA, C., 2001. *Soil Use and Management*, **17**, 121-127.

MIJANGOS, I.; GARBISU, C.; ARISTEGIETA, A.; IBARRA, A.; MENDARTE, S.; ALBIZU, I., 2006. Wood ash as fertilizer and soil acidity corrector: effects on soil quality and crop yield. *Grassland science in Europe*, **11**, 808-810. Badajoz.

VOORHEES, W.B., 1983. Relative effectiveness of tillage and natural forces in alleviating wheel-induced soil compaction. *Soil Sci Soc Am*, **47**, 12-133.

ZASOSKI, R.J.; BURAU, R.G., 1977. A rapid nitric-perchloric acid digestion method for multielement tissue analysis. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, **8**, 425-436.

ZIEGLER, D.; HEDUIT, M., 1971. *Engrais de ferme: valeur fertilisante, gestion, environnement*. ITP, ITCF, ITEB. Paris (Francia).

DIRECT SEEDING AND SLURRY FERTILIZATION IN FORAGE CORN CROP IN HEAVY SOILS. EFFECTS ON SOIL HEALTH AND YIELD


Summary

The reuse of animal slurry and the utilization of no-tillage can produce economic and environmental benefits. In May 2005, a field assay was established in Derio (Spain) to evaluate the beneficial effects of no-tillage and/or the addition of cow slurry on soil health in a heavy and humid soil. For comparison purposes, we also studied the effect of conventional tillage and mineral fertilization on soil health. Soil chemical, physical and biological parameters were analyzed, as well as forage production and nutritional value. Cow slurry, as compared to mineral fertilizers, enhanced soil biological activity and abundance of earthworms. Despite the soil compaction derived from no-tillage, soil biological activity was not decreased under no-tillage. Satisfactory results of forage corn production and nutritional value were obtained under organic fertilization and no-tillage conditions.

Keywords Biological parameters; direct seeding; soil fertility; forage corn; soil health

Producción Animal





“Evolución Reciente de los sistemas de explotación de rumiantes en zonas de montaña: Factores de sostenibilidad”

CONFERENCIA SESIÓN III: Producción Animal



Alberto Bernués
CITA (Aragón)

PRODUCCION ANIMAL

“Evolución Reciente de los sistemas de explotación de rumiantes en zonas de montaña: Factores de sostenibilidad”

CONFERENCIA SESIÓN III: PRODUCCIÓN ANIMAL

**Alberto Bernués
CITA (Aragón)**

EVOLUCIÓN RECIENTE DE LOS SISTEMAS DE EXPLOTACIÓN DE RUMIANTES EN ZONAS DE MONTAÑA: FACTORES DE SOSTENIBILIDAD

ALBERTO BERNUÉS^{1*}, ANA OLAIZOLA², ISABEL CASASÚS¹, ANASTACIO GARCÍA-MARTÍNEZ¹, JOSÉ LUIS RIEDEL¹

¹Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón, Apdo. 727, 50080 Zaragoza.

²Departamento de Agricultura y Economía Agraria, Universidad de Zaragoza, Miguel Servet 177, 50013 Zaragoza. *abernues@aragon.es

Resume n.-

En esta ponencia se revisan algunos de los múltiples factores que determinan la sostenibilidad de los agro-ecosistemas pastorales en zonas de montaña. Para su descripción, estos factores han sido agrupados en 3 tipos: ambientales, económicos y sociales, aunque existen interrelaciones diversas entre ellos. Dada la importancia fundamental del tiempo, tanto en el propio concepto de sostenibilidad, como a la hora de entender la situación actual y el posible futuro de los sistemas de explotación de rumiantes, el análisis se realiza desde una perspectiva evolutiva, es decir, prestando atención a los cambios acontecidos en estos sistemas en los últimos años.

Palabras Clave.- sistemas agro-pastorales, evolución, sostenibilidad, factores ambientales, factores económicos, factores sociales

Introducción

El concepto de sostenibilidad no es fijo o estático sino que depende, por definición, de las necesidades presentes y futuras de la sociedad en su conjunto, necesidades que se encuentran en permanente evolución (por ejemplo, las demandas sociales de áreas de alto valor paisajístico y de recreo, demandas en términos de calidad de productos o preocupaciones de tipo ético como las referidas al bienestar animal). Este concepto puede ser trasladado a la agricultura y más concretamente a los sistemas de producción animal, los cuales a su vez se encuentran en permanente cambio, de manera que Maxwell y Milne (1995) afirman que la consecución del desarrollo sostenible en sistemas agro-pastorales depende de la consecución de equidad intra- e inter-generacional en términos sociales, de integridad ambiental y eficiencia económica.

Es necesaria una perspectiva sistémica para obtener un conocimiento holístico de los múltiples fenómenos que determinan la sostenibilidad de los sistemas de explotación ganadera (Maxwell y Milne, 1995; Gibon *et al.*, 1999). Desde esta perspectiva, los sistemas ganaderos se consideran no sólo como un proceso productivo, sino como una actividad humana. Este aspecto parece muy relevante cuando nos preocupamos por la sostenibilidad y supone la implicación de una amplia variedad de disciplinas: aspectos técnicos referidos al manejo de animales y pastos y las interrelaciones entre ambos, dinámica de la vegetación, etc., pero también considerar los aspectos sociales, económicos y políticos. Landais (1999) define una explotación sostenible como una explotación viable, “vivable”, transmisible y reproducible. Flamant *et al.*, (1999) proponen un marco metodológico para abordar el estudio de la sostenibilidad en el uso del suelo que supone enfoques multidisciplinares, con una combinación de escalas espaciales, temporales y bio-técnicas.

Por otro lado, para garantizar la equidad inter-generacional de los recursos naturales, el concepto de “reproducibilidad” (capacidad de reproducción) es fundamental (Thompson y Nardone, 1999). Estos autores identifican varios elementos de cualquier sistema agrícola que deben ser reproducibles para que dicho sistema siga un patrón evolutivo de desarrollo

sostenible; dichos elementos incorporan, entre otros, la fertilidad del suelo, la fauna y flora silvestre, el paisaje, el mantenimiento de la población rural y de la actividad económica.

Los elementos que integran y definen la compleja configuración de los sistemas agro-pastorales pueden permanecer, y de hecho han permanecido, relativamente estables por largos periodos de tiempo, pero la aparición de desequilibrios como consecuencia de cambios en la reproducibilidad de elementos individuales pueden amenazar la sostenibilidad global de todo el sistema. Bernués *et al.* (2005) identificaron algunos de estos elementos en desequilibrio en un Parque Natural de media montaña mediterránea que amenazan su sostenibilidad a medio plazo: baja continuidad de muchas explotaciones, intensificación del manejo en sistemas ganaderos ovinos, degradación de recursos de pastoreo y concentración de áreas de pastoreo.

Por tanto, para garantizar la sostenibilidad de los sistemas son necesarias, además de técnicas y políticas que atenúen los impactos negativos en el entorno natural, también sistemas que satisfagan las necesidades sociales de los agricultores y de los consumidores (Boyazoglu, 2002).

A pesar de la literatura existente sobre sostenibilidad y agricultura sostenible, todavía el concepto de sostenibilidad no es operacional en muchas situaciones (Gafsi *et al.*, 2006). En este sentido, este trabajo pretende contribuir al debate sobre la situación actual de algunos factores, frecuentemente interrelacionados, que determinan la sostenibilidad de los sistemas agro-pastorales de montaña en el noreste de la Península Ibérica¹, agrupados en 3 tipos: ambientales, estructurales/económicos y sociales. Además, dada la importancia del factor tiempo, tanto en el propio concepto de sostenibilidad, como a la hora de entender la situación actual y el posible futuro de los sistemas de explotación de rumiantes, el análisis se presentará, cuando sea posible, desde una perspectiva evolutiva.

Evolución de factores ambientales

Efectos del pastoreo del ganado sobre la vegetación

El uso del ganado como herramienta de control de la dinámica de la vegetación hacia estados de mayor densificación o “matorralización” es un tema de gran importancia en amplias zonas de la cuenca Mediterránea. Es, asimismo, un tema controvertido; si bien los trabajos no cuestionan, en general, la idoneidad del pastoreo de los animales domésticos como moduladores de la vegetación y mantenedores del paisaje, sí existe divergencia de opiniones sobre su capacidad real para controlar la dinámica de la vegetación en las condiciones de manejo y presión actuales.

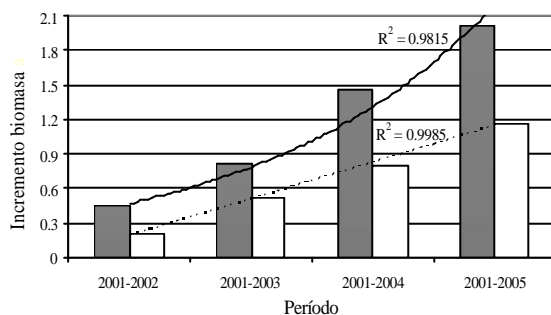
¹ Los resultados que se presentan corresponden en su mayoría a proyectos de investigación desarrollados por el Grupo Consolidado de Investigación en Sistemas Agro-silvo-pastorales Sostenibles del Gobierno de Aragón:

- Las actividades ganaderas en el Parque de la Sierra y Cañones de Guara. Bases para la gestión pastoral de un espacio natural protegido. CONSI+D Dpto. de Educación y Ciencia. Diputación General de Aragón, Ref. P085/2000.
- Herramientas para la gestión pastoral de Espacios Naturales Protegidos basadas en la interacción entre el ganado y la vegetación. Estudio en los Parques Naturales de Gorbeia (Vizcaya-Alava), Izki (Alava) y Sierra y Cañones de Guara (Huesca).INIA, Programa Nacional de Recursos y Tecnologías Agrarias Ref. RTA 02-086-C2-2.
- EVOLANDE: Control del embastecimiento por especies arbustivas mediante prácticas pastorales y gestión cinegética. Ayudas a la Investigación y Desarrollo Tecnológico en el marco de la Comunidad de Trabajo de los Pirineos. 2002-2003.
- Ecosistemas pastorales en zonas de montaña: análisis de su sostenibilidad mediante metodologías integradas en diferentes escalas espacio-temporales. INIA, Programa Nacional de Recursos y Tecnologías Agroalimentarias Ref: RTA2005-00234-C02-00. 2005-2008.
- Desarrollo de un Sistema de Apoyo a la Toma de Decisiones para la gestión sostenible de sistemas ganaderos extensivos de rumiantes y la evaluación de políticas en zonas de montaña. INIA RTA03-029-C02-1.

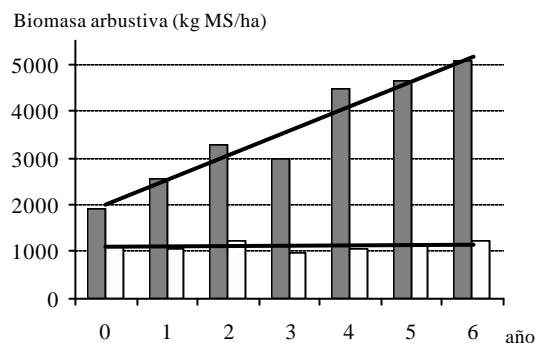
En este sentido, se han realizado sendos trabajos para determinar el efecto del pastoreo sobre la dinámica de la vegetación en presencia y ausencia de pastoreo, por ganado ovino en el Parque Natural de la Sierra y Cañones de Guara (PNSCG) en el Prepirineo y por vacas nodrizas en la Finca Experimental de la Garcipollera en el Pirineo Central, ambos en la provincia de Huesca (Riedel, 2007; Casasús *et al.*, 2007). Los resultados obtenidos indican que en ambos casos el pastoreo por el ganado permite evitar la acumulación de biomasa herbácea muerta en los pastos, que en ausencia del ganado queda sin consumir ni incorporar al suelo mediante pisoteo, con los riesgos de inflamabilidad que ello conlleva. Por el contrario, el pastoreo permite mantener la producción herbácea en unos niveles de disponibilidad suficientes para los rebaños, y además de una calidad superior, puesto que el constante rebrote genera una mayor proporción de material joven, menos fibroso y más proteico.

En la Figura 1 se presentan resultados de evolución de la biomasa arbustiva en ambas localizaciones. Los resultados abarcan periodos de tiempo de 5 y 6 años respectivamente y muestran como en el PNSCG el pastoreo de las ovejas a cargas medias de 0.15 UGT/ha modera pero no detiene el proceso de acúmulo de biomasa arbustiva, sin embargo el pastoreo de vacas de carne a cargas medias de 0.2 UGT/ha es capaz de mantener estable la biomasa arbustiva. En ambos casos se observa una rápida e intensa densificación de la vegetación arbustiva en ausencia de ganado, con lo que se rompe el mosaico abierto de distintos tipos de vegetación tradicional en estas áreas, que se hacen con ello más intransitables. Esta circunstancia, unida a la pérdida de calidad nutricional de la vegetación herbácea, hace que una vez instaurados ambos procesos sean difícilmente reversibles, de modo que se ve comprometido tanto el futuro uso de estos pastos por el ganado como los usos recreativos, aspecto éste de creciente importancia social.

Fig. 1. Evolución de la biomasa arbustiva en zonas pastadas y no pastadas por (a) ganado ovino (PNSC Guara) y (b) vacuno (Garcipollera)



Fuente: Riedel (2007)



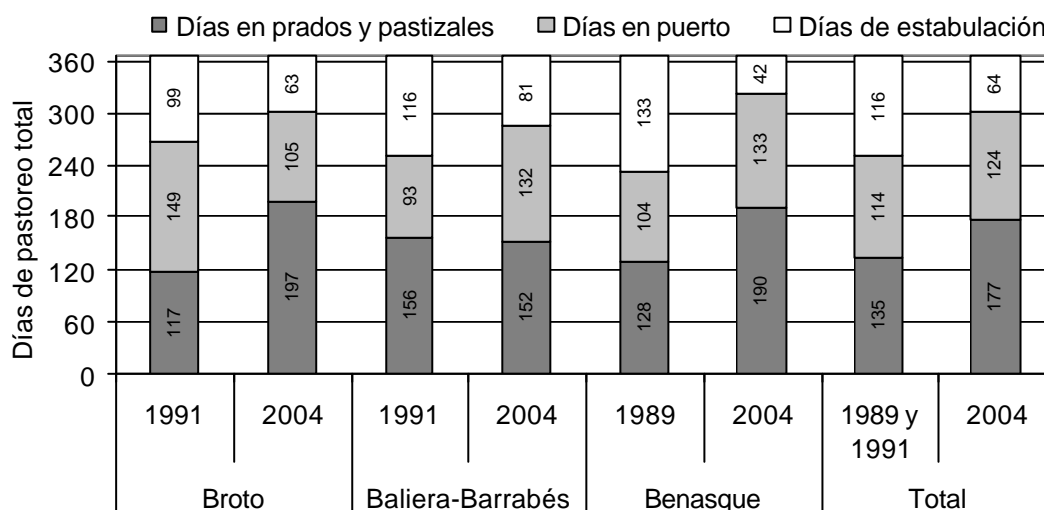
Fuente: Casasús *et al.* (2007)

Evolución del manejo del pastoreo

Ahora bien, ¿cómo ha evolucionado el manejo del pastoreo en estos sistemas en los últimos años?, ¿han sido las políticas de extensificación eficaces a la hora de potenciar el uso de los recursos naturales? Según nuestros resultados, parece existir una clara divergencia entre los cambios ocurridos en los sistemas de explotación de vacuno y de ovino.

Para el caso del vacuno, el manejo general del ganado ha presentado cambios muy significativos durante los últimos 15 años. En un trabajo que compara las mismas explotaciones de 3 valles Pirenaicos encuestadas en 1990 (Olaizola, 1992; Bernués, 1994) y en 2004 (García-Martínez (no publicado)), se constata que uno de los cambios más significativos ocurridos en el periodo de tiempo considerado se refiere a la orientación productiva, y este cambio de orientación explica en parte la evolución de otros muchos indicadores. Por un lado, ha desaparecido totalmente la producción de leche en todos los valles (consecuencia fundamentalmente de las políticas que estimulaban su abandono) y por otro, se ha dado una clara tendencia al cierre del ciclo productivo de carne a través del cebo intensivo en la propia explotación.

Paralelamente, se observa que la duración del periodo de pastoreo se ha incrementado considerablemente (Figura 2), por lo que en términos generales el periodo de estabulación invernal se ha reducido a sólo dos meses de media (García-Martínez *et al.*, 2006). El incremento del periodo de pastoreo se ha debido fundamentalmente a un mayor uso a diente de los pastos de fondo de valle y de las zonas intermedias. También se ha incrementado la proporción de animales que sube a los puertos, de un 58% de media en 1990 hasta el 75% en 2004, en las explotaciones estudiadas. Lógicamente, el uso de insumos externos en las explotaciones ha disminuido considerablemente. Básicamente el uso de concentrados comerciales para la alimentación del rebaño de vacas madres ha disminuido el 82% de media, pasando de 417 kg de concentrado por vaca y año a sólo 73 kg, en la actualidad. Se ha producido pues un proceso de extensificación en el manejo de recursos naturales y también en términos económicos, al reducirse considerablemente los costes unitarios de alimentación (los más importantes en cuantía de los Costes Variables).

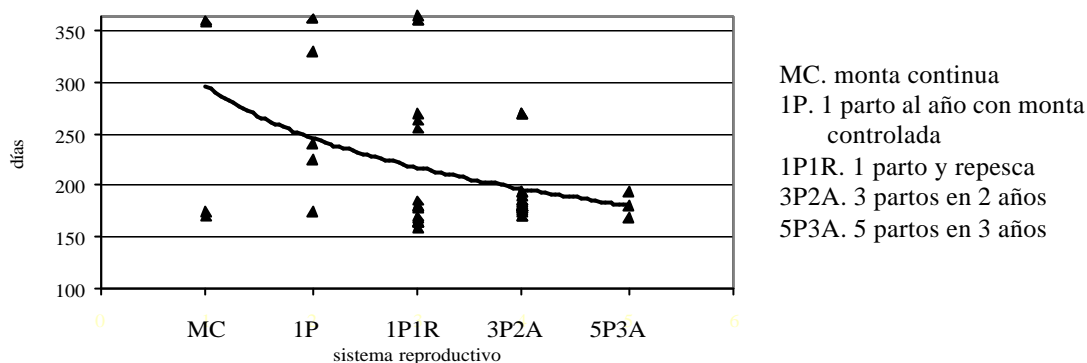


Fuente: García-Martínez *et al.* (2006a)

Fig. 2. Duración del periodo de pastoreo y estabulación invernal en 3 valles Pirenaicos.

En el caso del ovino, sin embargo, diversos trabajos señalan una tendencia clara hacia la intensificación del manejo general de la explotación con el objetivo de incrementar la productividad numérica (corderos vendidos por oveja y año). Normalmente esta intensificación

se manifiesta a través de la adopción de sistemas reproductivos intensivos: 3 partos en 2 años o 5 partos en 3 años. Riedel *et al.*, (2007) han demostrado una relación directa en el PNSCG entre la intensificación del sistema reproductivo, y por tanto del manejo general de la explotación, y la reducción del periodo de pastoreo (Figura 3). Además, al existir mayor proporción de animales con altas necesidades energéticas (mayor número de partos y lactaciones), se reduce la proporción de animales que salen a pastar, por lo que el efecto es doble. Estos autores apuntan como posibles consecuencias un progresivo abandono de áreas de pastos alejadas de la explotación o de menor calidad, así como una concentración en áreas próximas y más benignas. También en el Pirineo francés se ha demostrado que la fácil accesibilidad a las parcelas es un importante condicionante para mantener la actividad pastoral y, por tanto, evitar su abandono (Mottet *et al.*, 2006)



Fuente: Riedel *et al.* (2007)

Fig. 3. Duración del periodo de pastoreo en el PNSCG en función del manejo reproductivo

Evolución de factores estructurales y económicos

Como se ha comentado en la introducción, los aspectos estructurales y económicos son fundamentales para asegurar la capacidad de reproducción de cualquier sistema agrario, son por tanto un componente fundamental de su sostenibilidad. En los últimos años la PAC (Reforma de 1992, Agenda 2000, y de ahora en adelante su Reforma Intermedia) ha incidido de manera decisiva en la evolución de las explotaciones de rumiantes en toda Europa.

En el caso del vacuno en zonas de montaña la Tabla 1 resume la evolución de algunos indicadores estructurales y económicos de los sistemas practicados en los 3 valles antes mencionados. Además del cambio en la orientación productiva de las explotaciones de vacuno ya señalado, se observa claramente un incremento de la Superficie Agrícola Útil (SAU) (muy significativo en algunos valles) y, sobre todo, del tamaño de rebaño. El uso de la tierra también se ha extensificado, con un aumento de la proporción de la superficie forrajera (disminución de la agricultura) y disminución de los cultivos forrajeros dentro de ésta.

Tabla 1. Evolución de indicadores de estructura y economía de las explotaciones de vacuno

	Broto			Baliera-Barrabés			Benasque			Total		
	1991	2004	Sig.	1991	2004	Sig.	1989	2004	Sig.	89-91	2004	Sig.
SAU (ha)	17,7	34,8	***	96,1	106	NS	26,6	43,5	***	49	66,1	NS
% SF/SAU	95,6	98,1	NS	85,8	91,2	NS	97,8	99,9	***	92,8	95,8	NS
% CF/SF	2,5	0	*	17,1	6,9	***	4,3	0,6	***	8,4	2,9	***
UGT	46,7	69,1	***	66,8	82,6	NS	31,3	54	***	49	70,1	***
% Explot. leche	87,5	0	***	89,2	0	***	93,9	4,8	***	90,2	1,4	***
% Explot. cebo	12,5	45,5	***	10,8	55,2	***	6,1	42,9	***	9,8	48,6	***
CV ^{1 2}	11,9	20,7	*	19,3	28,4	*	11,6	15,8	NS	14,5	22,3	***
CV/UGT ¹	234	226	NS	276	362	**	362	231	***	291	281	NS
IT ^{1 2}	39,8	73,8	***	54,4	89,2	***	35	48,7	**	43,5	72,5	***
MB ^{1 2}	27,9	53,1	***	35,1	60,8	***	23,4	32,8	**	29,1	50,1	***
MB – Subv. ^{1 2}	23,6	24,2	NS	26,9	24,3	NS	20,5	13,6	***	23,8	21,1	NS
% Subv./MB	14,8	59,2	***	22,5	64,2	***	13,5	59,1	***	17,1	61,1	***
MB/UGT ¹	619	687	**	541	731	***	759	635	***	636	689	**
MB – Subv./UGT ¹	533	299	***	437	290	***	667	285	***	541	291	***
MB/UTA ^{1 2}	18,5	38,6	***	17,7	40,4	***	13,3	30,6	***	16,5	36,9	***
MB – Subv./UTA ^{1 2}	15,6	17,1	NS	13,8	16,1	NS	11,7	12,6	NS	13,7	15,4	NS

SAU= superficie agrícola útil; SF= superficie forrajera; CF= cultivos forrajeros; UGT= unidad ganadera total; CV= costes variables; IT= ingresos totales; MB= margen bruto; UTA= unidad de trabajo año.

NS = no significativo $p > 0,5$; * = significativo $p < 0,5$; ** = significativo $p < 0,01$ y *** = significativo $p < 0,001$.

¹ Euros constantes 2004. ² miles de € Fuente: García-Martínez *et al.* (2006a)

El análisis de la evolución de los costes pone de manifiesto un incremento de los costes variables (CV) medios por explotación debido al incremento de la dimensión de las explotaciones (Tabla 1). Sin embargo, cuando los CV se expresan por UGT, este indicador disminuye. De acuerdo con lo descrito en párrafos anteriores, el coste de la alimentación comprada para el rebaño madre descendió notablemente en los tres valles.

Como podía esperarse, los resultados económicos globales muestran un importante incremento, relacionado con el incremento de la dimensión (superficie y rebaño) de las explotaciones. El Margen Bruto (MB = ingresos totales – costes variables), ha mejorado, sin embargo cuando las subvenciones no se consideran (MB – subvenciones) las diferencias no son significativas. Este hecho resalta la importancia de las subvenciones sobre los resultados económicos de las explotaciones, ya que suponen el 61% del MB en 2004 y sólo el 17 % en 1991.

La productividad del rebaño (MB/UGT) ha aumentado ligeramente (Figura 4). No obstante, la productividad real del ganado, sin subvenciones, se ha reducido un 46% en los tres valles, característico de sistemas más extensivos. De mayor interés como indicador de sostenibilidad resulta el análisis de la productividad de la mano de obra (MB/UTA) que condiciona la reproducibilidad social de los sistemas, habiendo aumentado sustancialmente (123% en promedio), debido por un lado al incremento del MB de explotación (subsídios) y por otro a la reducción del trabajo en las explotaciones (menor número de UTAs como se describe en la siguiente sección). No obstante, descontadas las subvenciones que suponen una parte muy importante del Margen Bruto, podemos afirmar que la productividad de la mano de obra se ha mantenido constante, incluso ha aumentado ligeramente, aún sin considerar las ayudas de la PAC.

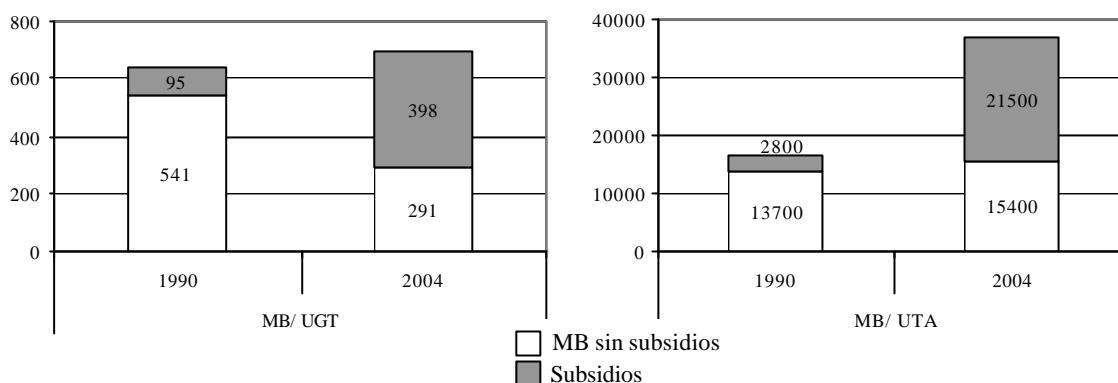


Fig 4. Evolución de la productividad animal y de la mano de obra en explotaciones de vacuno en 3 valles Pirenaicos (€).

En el caso del ovino también ha habido un acusado ajuste estructural en términos de dimensión de las explotaciones. Congost *et al.* (2006) han observado en un conjunto de explotaciones ovinas de Aragón en control de producciones (algunas de las cuales situadas en zonas de montaña) una progresiva disminución de explotaciones con censos inferiores a 200 ovejas y paralelamente un incremento de explotaciones con más de 600 ovejas en el periodo 2001-2005, de manera que sitúan el número de animales manejados por unidad de trabajo en unas 500-600 ovejas. Estos autores han observado asimismo un incremento de sistemas reproductivos intensivos, que suponen mayor número de partos por oveja y año, pero que como hemos mencionado antes tiene implicaciones en el uso de la tierra y la importancia relativa de insumos propios y comprados. Entre la campaña 2000-01 y 2004-05 han observado diferencias de productividad (corderos vendidos por oveja y año) de 1,1 a 1,3. Sin embargo, la intensificación reproductiva no supone automáticamente mejores índices de eficiencia técnico-económica, sino que ésta está más relacionada con la gestión general de la explotación, independientemente del nivel de intensificación (Pérez *et al.*, 2007).

En el caso de las explotaciones ovinas del PNSCG no se dispone de series temporales de datos, pero se trata de explotaciones de elevada dimensión ganadera y física. Según datos referidos a la totalidad de explotaciones que utilizan el Parque (54 explotaciones), éstas tienen de media 506 hembras adultas y 694 ha de SAU, de las que el 76,6% son arrendadas (Bernués *et al.*, 2005).

En la Tabla 2 se presentan algunos resultados económicos de una muestra de 11 explotaciones ovinas representativas de cuatro grupos de explotaciones establecidos mediante una tipología sobre el total de explotaciones que aprovechan el parque (Ammar, 2006). Es necesario señalar que muchas explotaciones de ovino tienen carácter mixto agrícola y ganadero, lo cual complica la diferenciación de determinados indicadores para cada actividad. Al igual que en el vacuno, destaca la importancia de las subvenciones (un 23,5% de media sobre los ingresos totales). Según estos datos, las subvenciones percibidas por oveja son equivalentes a la totalidad de los costes ganaderos fijos y variables por oveja.

Aunque no son totalmente comparables los datos de las Tablas 1 y 2, sí pueden señalarse algunas consideraciones. La importancia de las subvenciones sobre el MB es menor en el ovino (43%) que en el vacuno (61%). También se observa que la productividad de la mano de obra es menor 27,5K€ en explotaciones de ovino y mixtas agricultura-ovino, frente a 36,9K€ en explotaciones de vacuno. Por tanto, estos resultados indicarían que las explotaciones ovinas obtienen menores rentas que las explotaciones de vacuno, pero son menos dependientes de las subvenciones.

Tabla 2. Características estructurales y económicas de un grupo de explotaciones ovinas y mixtas ovino-agricultura en el PNSCG

	Mínimo	Máximo	Media
Número de ovejas	172,0	1700,0	693,8
UTA familiar	1,0	2,5	1,7
Ovejas/UTA	145,0	567,0	327,1
INGRESOS			
Total Ingresos Explotación.	21788	155718	79372
% Ingresos agrícolas/ Ingresos Totales	4,8	69,0	32,1
Total subvenciones	5119	41253	18569
% Subvenciones/ Ingresos Totales	12,8	28,8	23,5
Ingresos corderos/ oveja	49,3	92,4	64,9
Subvenciones/ oveja	23,8	35,3	27,8
Corderos vendidos/ oveja	0,8	1,7	1,1
COSTES			
Costes totales explotación	7712	82375	33784
Costes totales ganadería	3911	51473	19959
Costes ganaderos totales/ oveja	8,7	40,4	27,9
MARGENES Y PRODUCTIVIDAD			
% Subvenciones/ MB ovino	26,2	65,8	43,4
MB explotación/ UTAfamiliar	13394	42426	27515

Fuente: Ammar (2006)

Evolución de factores laborales, familiares y sociales

La Tabla 3 recoge la evolución de otros indicadores en las explotaciones de vacuno en los 3 valles Pirenaicos referidos anteriormente. El primer aspecto a destacar es la desaparición en el intervalo de tiempo, de algo menos de 15 años, del 30% de las explotaciones, tendencia común a otras zonas de montaña europeas (MacDonald *et al.*, (2000)). Las causas de abandono fueron la jubilación de los titulares de la explotación (40%) y la sustitución por otras actividades económicas (56,6%), de las cuales el turismo (33,3%) ha sido la más importante. También se ha producido un envejecimiento progresivo de los titulares de las explotaciones que han pasado de 40 a 48 años de media en 2004, consecuencia del intervalo de tiempo considerado y dada la ausencia de incorporación de jóvenes ganaderos. Así mismo se ha producido una reducción de la mano de obra dedicada a la explotación, pasando de 1,8 UTA de media 1990 a 1,4 UTA en 2004, a pesar del incremento en la dimensión de las explotaciones. Si bien, los sistemas de carne son menos exigentes en trabajo que los sistemas lecheros. Además, se observa un claro aumento de la agricultura a tiempo parcial entre los titulares estudiados y de la pluriactividad de la familia, normalmente vinculada al sector turístico.

Otro factor importante a destacar es la falta de perspectiva de continuidad en gran parte de las explotaciones. Así en 2004, el 42 % de la muestra estudiada no tiene asegurada su continuidad en los próximos 15 años, tratándose de explotaciones con titulares de edad avanzada sin hijos o bien con hijos pero que no van a continuar con la explotación ganadera.

Tabla 3. Evolución de variables sociales y de la familia en explotaciones de vacuno en el Pirineo

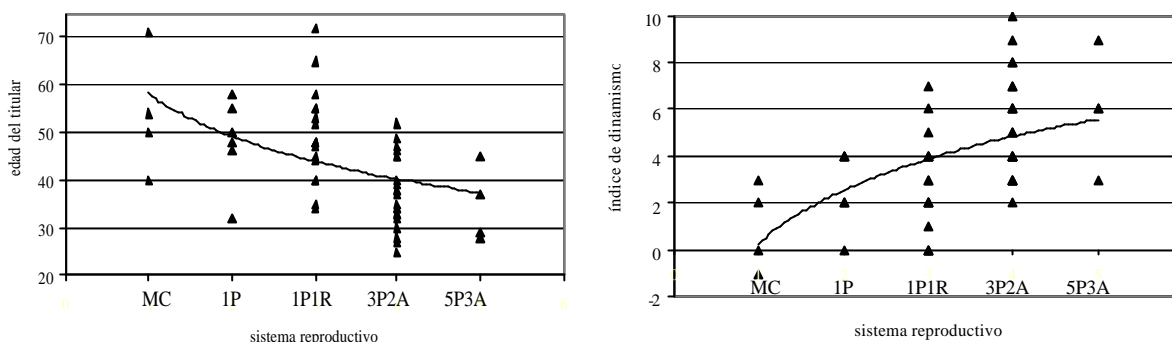
	Broto		Baliera-Barrabés		Benasque		Total	
	1991	2004	1991	2004	1989	2004	89-91	2004
Nº Explotaciones	32	22	37	29	33	21	102	72
Edad titular	38	47	41	47	43	51	40	48
UTA	1,5	1,4	2	1,6	1,7	1,1	1,8	1,4
Pluriactividad titular (%)	6,3	27,3	16,2	17,2	18,2	33,3	13,7	25
Pluriactividad familia (%)	46,9	77,3	32,4	48,3	45,5	52,4	41,2	58,3

Fuente: García-Martínez *et al.* (2006a)

Los datos de evolución presentados en las Tablas referidas al ganado vacuno son globales; es lógico esperar que los cambios observados hayan sido diferentes entre explotaciones. En un análisis de las dinámicas de evolución (tipos de cambios acontecidos) hemos podido identificar 6 trayectorias de evolución claramente diferenciadas en función de la dirección y magnitud del cambio en 4 factores: el tamaño y la productividad; grado de extensificación económica y del pastoreo; la carga ganadera; y la orientación productiva hacia el cebo. En este mismo análisis, se han identificado algunos indicadores que ayudan a comprender estas trayectorias diferenciadas: la familia y su grado de dinamismo (tamaño de familia, presencia de hijos y grado de innovación tecnológica del titular); y la localización física de la explotación y su entorno socio-económico (la distancia a la cabecera de comarca y la evolución de la población activa dedicada a la agricultura y los servicios), se han mostrado como los factores más relevantes a la hora de explicar las diferentes trayectorias de evolución que han seguido unas explotaciones frente a otras. Por ejemplo, hemos podido observar una clara relación entre el grupo de explotaciones que han sufrido cambios más intensos en el periodo de estudio con núcleos familiares grandes, con descendientes que quieren continuar la actividad agraria y un elevado grado de innovación tecnológica del titular (García-Martínez *et al.*, 2006b).

En el caso de los sistemas de explotación ovina en el PNSCG, Riedel *et al.* (2007) han identificado que la continuidad de muchas explotaciones de ovino está muy comprometida en el medio plazo, además estas explotaciones son las que hacen un uso más extensivo de la tierra y por tanto pueden ser consideradas como deseables desde el punto de vista de la gestión de los recursos naturales. Además, las explotaciones que muestran una continuidad en principio asegurada son aquellas que más se han intensificado (con la consiguiente reducción del pastoreo arriba indicada) y cuyos titulares son más jóvenes y con mayor grado de innovación tecnológica y dinamismo (Figura 5).

Estos autores concluyen que el factor trabajo (la cantidad, tipo y posibilidad de organización y programación) es fundamental para entender los cambios ocurridos en los sistemas ganaderos. Como hemos visto, el trabajo familiar está estrechamente relacionado con otros factores de tipo ambiental y económico, y es, por tanto, un factor crecientemente determinante en la evolución de los sistemas agro-pastorales, y por tanto un aspecto central de su sostenibilidad.



MC= monta continua; 1P= 1 parto al año con monta controlada; 1P1R= 1 parto y repesca; 3P2A= 3 partos en 2 años; 5P3A= 5 partos en 3 años

Fuente: Riedel *et al.* (2007)

Fig. 5 Relación entre grado de intensificación de la reproducción y edad (a) e índice de dinamismo del titular (b)

Consideraciones finales

De todo lo antedicho, podemos destacar los siguientes aspectos que tienen una implicación directa en la sostenibilidad de los sistemas de producción ganadera basados en el pastoreo:

- Se ha producido un gran reajuste estructural en los últimos años en las explotaciones tanto de vacuno como de ovino, debido fundamentalmente al efecto de las políticas agrarias y a la disminución paulatina del número de explotaciones.
- En los últimos quince años se ha dado un modelo evolutivo divergente entre las explotaciones de vacuno de montaña, que se han extensificado, debido en gran parte al abandono de la producción de leche, y las explotaciones de ovino de carne, que tienden a la intensificación.
- La intensificación en los sistemas de explotación ovinos conduce a la reducción del periodo e intensidad del pastoreo. Es previsible que continúe la tendencia al abandono de pastos con mayor concentración puntual en algunas áreas de pastoreo.
- Si bien el pastoreo puede evitar la densificación arbustiva con cargas y manejos de pastoreo adecuados y puede contribuir de forma eficaz a mantener el paisaje en las zonas de montaña, en muchas áreas la presión de pastoreo no es suficiente y los procesos de densificación de la vegetación continúan.
- En las explotaciones de vacuno, la productividad del trabajo ha aumentado en los últimos años debido fundamentalmente a las ayudas implementadas por la PAC y también a la disminución de la mano de obra de la explotación. También se observa una gran dependencia de las subvenciones en las explotaciones ovinas pero en menor grado.
- La continuidad de muchas explotaciones sigue estando comprometida en el corto-medio plazo, por lo que la disminución del número de explotaciones muy probablemente proseguirá. Esta disminución progresiva del número de explotaciones constituye una amenaza para la consolidación del papel de la ganadería en el mantenimiento del paisaje en las zonas de montaña, no sólo españolas sino en otras zonas europeas (Mottet *et al.*, 2006).
- En estas zonas, existe un elevado coste de oportunidad de la mano de obra, especialmente para los jóvenes, debido a la cada vez mayor competencia de otras actividades económicas, fundamentalmente relacionadas con el turismo lo que contribuye a frenar el relevo generacional en las explotaciones.

- La presencia de otro tipo de actividades en las explotaciones, realizadas por el titular o por otros miembros de la familia ha aumentado considerablemente y esta tendencia es muy posible que continúe. Los efectos de la pluriactividad sobre las posibilidades de continuidad en los sistemas ganaderos de montaña pueden ser diferentes según las características concretas de las zonas, y puede suponer en algunos casos el abandono de la actividad ganadera (MacDonald *et al.*, 2000). En las zonas estudiadas se observa, sobre todo para el vacuno, un mayor abandono de la actividad ganadera en los valles con un mayor desarrollo turístico.
- El factor trabajo y la calidad de vida de la familia son determinantes (cantidad de trabajo, tipo y posibilidades de programación) y es imprescindible considerar los aspectos sociales de las explotaciones si queremos entender la evolución de los sistemas de producción.
- Parece necesario que se prioricen las ayudas agroambientales hacia aquellas explotaciones que realmente hacen un uso sostenible del suelo y los recursos pastorales. Por ello, los *contratos de explotación sostenible* individualizados por zona o incluso por explotación pueden ser una opción en el diseño de políticas de conservación. La experiencia en otros países (Gafsi *et al.* 2006) indica que estas iniciativas han tenido efectos económicos positivos sobre las explotaciones aunque los efectos sociales y medioambientales han sido limitados.
- Por ello, en el diseño e implementación de este tipo de políticas es necesaria la participación de todos los actores rurales. Es evidente la importancia del estudio de la sostenibilidad de los sistemas ganaderos porque constituye el núcleo de un nuevo contrato social, entre la sociedad en su conjunto y los ganaderos. Esto requiere estudios más amplios, pero sobre todo, de enfoques metodológicos integrados, tanto desde el punto de vista de las disciplinas implicadas, como de las escalas espaciales y temporales utilizadas.

Bibliografía

- AMMAR A., 2006. Multifuncionalidad de las explotaciones ganaderas: relaciones de sostenibilidad entre los sistemas ovinos y el Parque de las Sierras y Cañones de Guara. Tesis Master CIHEAM, Instituto Agronómico Mediterráneo de Zaragoza, 246 pp.
- BERNÚÉS A., 1994. Economía de la sanidad animal en áreas de montaña: interrelaciones entre la patología y los sistemas de explotación de vacuno y evaluación económica de programas sanitarios. Tesis Doctoral, Universidad de Zaragoza. 308 pp.
- BERNÚÉS A., RIEDEL J.L., ASENSIO M.A., BLANCO M., SANZ A., REVILLA R., CASASÚS I., 2005. An integrated approach to study the role of grazing farming systems in the conservation of rangelands in a protected natural park (Sierra de Guara, Spain). *Livestock Production Science* 96, 75-85.
- BOYAZOGLU J., 2002. Livestock research and environmental sustainability with special reference to the Mediterranean basin. *Small Ruminant Research* 45, 193-200.
- CASASÚS I., BERNÚÉS A., SANZ A., VILLALBA D., RIEDEL J.L., REVILLA R., 2006. Vegetation dynamics in Mediterranean forest pastures as affected by beef cattle grazing. *Agriculture, Ecosystems and the Environment* (in press)

CONGOST S., ABAD F., ALBIOL A., LOZANO S., 2006. Control de producciones ovino 2004-05. Reflexiones sobre la evolución de los sistemas de producción de ovino de carne. Centro de Transferencia Agroalimentaria del Gobierno de Aragón, Informaciones Técnicas 171, 8 pp.

FLAMANT J.C., BERANGER C., GIBON A., 1999. Animal production and land use sustainability. An approach from the farm diversity at territory level. *Livestock Production Science* 61, 275-286.

GAFSI M., LEGAGNEUX B., NGUYEN G., ROBIN P., 2006. Towards sustainable farming systems: effectiveness and deficiency of the French procedure of sustainable agriculture. *Agricultural Systems* 90, 226-242.

GARCÍA-MARTÍNEZ A., BERNUÉS A., RIEDEL J.L., OLAIZOLA A.M., 2006A. Recent evolution of suckler cow farming systems in the Spanish central Pyrenees. *Options Méditerranéennes* (in press)

GARCÍA-MARTÍNEZ A., OLAIZOLA A., RIEDEL J.L., BERNUÉS A., 2006B. Trajectories of evolution of cattle farming systems in Spanish mountain areas. 57th Annual Meeting of European Association for Animal Production. Antalya, Turkey, 17-20 September 2006.

GARCÍA-MARTÍNEZ A. Los sistemas de vacuno de carne en el Pirineo Central Español: dinámica de las explotaciones y simulación de estrategias de adaptación al entorno socio-económico. (trabajo sin publicar)

GIBON A., SIBBALD A.R., FLAMANT J.C., LHOSTE P., REVILLA R., RUBINO R., SØRENSEN J.T., 1999. Livestock farming systems research in Europe and its potential contribution for managing towards sustainability in livestock farming. *Livestock Production Science* 61, 121-137.

LANDAIS E., 1999. Agriculture durable et plurifonctionnalité de l'agriculture. *Fourrages* 160, 317-331.

MACDONALD D., CRABTREE J. R., WIESINGER G., DAX, T., STAMOU N., FLEURY, P., LAZPITA J. G., GIBON A., 2000. Agricultural abandonment in mountain areas of Europe: Environmental consequences and policy response. *Journal of Environmental Management* 59: 47-69.

MAXWELL T.J., MILNE J.A., 1995. Role of herbivores in sustainable land production systems. Principles and practice – some of the issues. In: M. Journet, E. Grenet, M-H. Farce, M. Thériez, C. Demarquilly (eds), *Recent developments in the Nutrition of Herbivores*. Proc. of the IV Int. Symp. on the Nutrition of Herbivores, INRA Editions, 17-31.

MOTTET A., LADET S., COQUE N., GIBON A. 2006. Agricultural land-use change and its drivers in mountain landscapes: a case study in the Pyrenees. *Agriculture, Ecosystems and the Environment* 114, 269-310.

OLAIZOLA, A. 1991. Viabilidad económica de sistemas ganaderos de montaña, en condiciones de competencia en el uso de factores productivos. Análisis de la ganadería de un valle pirenaico característico mediante técnicas multivariantes y de optimización. Tesis Doctoral, Universidad de Zaragoza, 474 pp.

PÉREZ, J. P., GIL J.M., SIERRA I., 2007. Technical efficiency of meat sheep production systems in Spain. *Small Ruminant Research* 69(1-3), 237-241.

RIEDEL J.L., 2007. Bases para la gestión sostenible del Parque de la Sierra y Cañones de Guara: interacciones entre la ganadería y la dinámica de la vegetación. Tesis Doctoral, Universidad de Zaragoza.

RIEDEL J.L., CASASÚS, I., BERNUÉS A., 2007. Sheep farming intensification and utilization of natural resources in a Mediterranean pastoral agro-ecosystem. *Livestock Science* (in press)

THOMSON P.B., NARDONE A., 1999. Sustainable livestock production: methodological and ethical challenges. *Livestock Production Science* 61, 111-119.

VALOR NUTRITIVO EN DIETAS COMPLETAS (UNIFEED): INFLUENCIA DE LA BIBLIOTECA ESPECTRAL EN LOS ESTADÍSTICOS NIRS.

A. SOLDADO CABEZUELO, A. MARTÍNEZ FERNÁNDEZ, S. MODROÑO LOZANO, R.
GALIANO GARCÍA & B. DE LA ROZA DELGADO

Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario (SERIDA). Área de Nutrición
Animal, Pastos y Forrajes. Apdo. 13. E-33300 Villaviciosa (Asturias), España. Telf: +34 985
890 066 Fax: +34 985 891 854 broza@serida.org

Resumen

A lo largo de los años 1995-2006, se construyó una biblioteca de 1346 espectros de piensos compuestos, mezclas comerciales y mezclas “unifeed”, seleccionadas por el Laboratorio de Nutrición Animal del SERIDA, que fueron recogidos tras molienda y desecación en caso necesario, para su caracterización nutritiva en racionamientos. Con el propósito de incrementar la exactitud y precisión de los modelos predictivos, por reflectancia en el infrarrojo cercano (NIR) se ensayaron diferentes alternativas de variabilidad poblacional, en base a disgregar por tipo de muestra. Los resultados muestran mejoras significativas en los estadísticos obtenidos cuanto mayor es el número de muestras que se emplean en el desarrollo de los modelos quimiométricos, con una clara ventaja del tratamiento matemático de los datos en segunda derivada. Por otro lado, el uso del algoritmo LOCAL mejora las predicciones basadas en grandes bibliotecas espectrales.

Palabras clave: NIRS, raciones completas, parámetros físico-químicos, quimiometría.

Introducción

Las demandas actuales del consumidor, en busca de productos saludables, y la evolución de la sociedad, con una mayor importancia hacia el bienestar animal y cuidado del medioambiente, requieren de los sistemas productivos una mejora en la calidad de los productos en paralelo a unos procesos de producción sostenible, siendo el sector lácteo uno de los más implicados. Por ello, la tendencia de los racionamientos en los últimos años ha sido englobar todos los ingredientes de la ración para ser suministrados como alimento único o dieta completa, para favorecer el equilibrio entre nitrógeno y energía fermentable en el rumen, que permite optimizar la cantidad y calidad de las producciones, con la consiguiente reducción de contaminación medioambiental a través de la disminución de pérdidas de nutrientes en orina y heces (de la Roza *et al.*, 2005).

Por otro lado, es bien conocida la capacidad de la reflectancia en el infrarrojo cercano (NIRS) como herramienta viable para predecir el valor nutritivo de alimentos para animales. De hecho el SERIDA lleva trabajando durante los últimos 20 años en esta tecnología y ha conseguido implantarla, como alternativa rápida, exacta y precisa para el control de calidad de alimentos, con el consiguiente reconocimiento por parte de la Entidad Nacional de Acreditación (ENAC) en el año 2004 (430/LE1044), del cumplimiento de la Norma ISO-17025.

Sobre piensos compuestos y mezclas comerciales, el Laboratorio de Nutrición Animal del SERIDA en un principio de su actividad planteó el análisis tradicional por NIRS sobre muestras secas y molidas, aunque en la actualidad los avances en el modo de presentación, instrumentación y paquetes quimiométricos, posibilitan el potencial para el análisis NIRS de muestras en su estado natural: granos, semillas enteras, productos pelletizados, forrajes verdes, henos y ensilados (de la Roza *et al.*, 2000). Por ello, tras la implantación generalizada en las ganaderías del uso de raciones completas, en las que figuran como ingredientes, entre otros, forrajes verdes y/o ensilados en estado húmedo, a fin de poder ser analizados mediante NIRS con la información disponible, se planteó como sistema de preparación de muestra previa a la

recogida de información espectral, la desecación y molienda. En la actualidad, se dispone de una amplia información espectral (1346 espectros) de piensos compuestos, mezclas comerciales y dietas completas, recogida tras desecación en caso necesario y molienda, lo que ha permitido disponer de una amplia biblioteca espectral con una variabilidad tal que permitió el desarrollo de modelos NIRS de calibración consolidados, capaces de ser aplicados para la predicción rápida, precisa y exacta de parámetros nutritivos tales como materia seca (MS), cenizas, (CZ), proteína bruta (PB), fibra bruta (FB), extracto etéreo (EE) y almidón (ALM).

El objetivo de este trabajo ha sido desarrollar diferentes estrategias quimiométricas NIRS para predecir el valor nutritivo de piensos compuestos y mezclas a través de una comparación de los estadísticos obtenidos y los resultados de las diversas ecuaciones de validación externa. Ello nos permitirá corroborar que una adecuada ecuación de calibración, precisa una estudiada estrategia para lograr con el mínimo coste analítico, representar adecuadamente la gran variabilidad muestral existente y dar solución a la problemática que se quiere aplicar.

Materiales y Métodos

a. Poblaciones de muestras

Población 1 (P1), formada por 359 muestras de dietas completas integradas con forrajes verdes y/o ensilados, procedentes de diferentes explotaciones de la Cornisa Cantábrica y recopiladas en el Laboratorio de Nutrición Animal del SERIDA en los últimos 10 años.

Población 2 (P2), constituida por 967 muestras de piensos compuestos y mezclas comerciales de composición variable, con el mismo origen que en el caso de la Población 1, explotaciones de la Cornisa Cantábrica.

Población 3 (P3), es la población global, comprende las muestras de las poblaciones 1 y 2; por consiguiente, contiene, un total de 1326 muestras.

Población 4 (P4), para la validación externa de las ecuaciones NIRS, se han seleccionado de forma aleatoria 20 muestras del total disponible antes de comenzar el desarrollo de calibraciones.

b. Análisis de referencia

Los modelos de calibración fueron desarrollados a partir de parámetros analíticos determinados por las técnicas de referencia habituales en alimentación animal (AOAC, 1984), excepto para el almidón (Soldado *et al.*, 2003). La preparación de las muestras de piensos compuestos y mezclas comerciales para la recogida de su espectro NIR y su posterior análisis de laboratorio, consistió en una molienda previa a 1mm, mientras que las dietas completas, al contener forrajes verdes o ensilados húmedos en su composición, precisaron de una desecación previa a la molienda a 60 °C durante 24 horas.

c. Análisis NIRS

La recogida de datos espectrales NIRS se llevó a cabo en un equipo monocromador NIRSystems 5000 (FOSS NIRSystems, Silver Spring, MD, USA) dotado de módulo de giro y con un rango de medida comprendido entre 1100-2500 nm. Los espectros de las muestras se recogieron utilizando una cápsula circular de cinco cm de diámetro, por duplicado y posteriormente se utilizó el espectro promedio en el proceso de calibración. La recogida de datos espectrales se llevó a cabo mediante el programa ISI-NIRS2 versión 4.0 y el análisis quimiométrico de los mismos con el programa WinISI II versión 1.50.

Se siguieron dos estrategias de calibración diferentes: Calibraciones globales y calibraciones locales.

Las ecuaciones de calibración globales fueron desarrolladas mediante la regresión de mínimos cuadrados parciales modificada (MPLS: Modified Partial Least Squares), con una

transformación previa de los datos espectroscópicos mediante tratamiento de corrección de dispersión de la luz o scatter (Standard Normal Variate and Detrend) y diferentes tratamientos matemáticos en primera y segunda derivada (Shenk y Westerhaus, 1996). La elección de MPLS como modelo de regresión se basa en la necesidad de evitar problemas de colinearidad, al trabajar con muchas bandas en el espectro que permiten la medida cuantitativa de un analito. Con el fin de minimizar el error de predicción externa, se ha incluido en el desarrollo de las ecuaciones un algoritmo matemático incluido en el paquete quimiométrico ya citado, que en síntesis consiste en construir un fichero que se denomina “Fichero de Repetibilidad”, el cual permite minimizar las fuentes de variación externa que pueden afectar a las predicciones NIRS (ISI, 2000).

Para la evaluación de la precisión y exactitud de las ecuaciones se emplearon los siguientes estadísticos: los errores estándar de los residuales obtenidos para las muestras de calibración (ETC) y de validación cruzada (ETVC), respectivamente y los coeficientes de determinación para las etapas de calibración (R^2) y validación cruzada (r^2). Finalmente, para la evaluación externa del modelo de calibración se realizó una validación sobre veinte muestras del total de la biblioteca espectral recogidas a lo largo de todo el periodo de estudio, elegidas con el algoritmo SELECT (ISI, 2000).

Las calibraciones locales son una alternativa a los modelos globales NIRS (Shenk *et al.*, 1997), que plantean el desarrollo de ecuaciones específicas para cada muestra a analizar cuando se dispone de una biblioteca espectral grande, utilizando un grupo reducido de muestras espectralmente semejantes a la muestra problema, pero que reúna la máxima variabilidad posible. Emplea la técnica de regresión denominada LOCAL, incluida en el paquete quimiométrico WinISI II versión 1.50 y desarrolla las ecuaciones mediante PLS.

Resultados y Discusión

En la Tabla 1 se resumen los valores medios y desviaciones estándar de los diversos parámetros analizados por los métodos de referencia en las tres poblaciones sobre las que se aplicaron los modelos quimiométricos para el desarrollo de las ecuaciones NIRS. Todos los parámetros presentaron coeficientes de variación elevados en todas las poblaciones, excepto para la materia seca (MS) en la que presenta valores = 3%.

Tabla 1. Valor medio (% sobre muestra natural), intervalo de variación y desviación estándar de la composición químico bromatológica de las poblaciones de calibración.

	Parámetro	Mínimo	Máximo	Media	Desv Est
Dietas Completas	MS	88,06	97,78	94,86	2,10
	CZ	6,58	13,32	8,30	1,19
	PB	9,73	20,20	14,81	1,79
	FB	13,21	26,07	18,30	3,25
	EE	2,32	7,60	4,90	1,01
	ALM	9,58	27,32	16,51	3,90
Piensos Compuestos	MS	83,03	97,66	89,65	1,92
	CZ	1,22	13,64	7,30	1,92
	PB	7,00	28,78	16,57	2,45
	FB	1,55	28,55	7,86	4,09
	EE	1,48	10,74	4,51	1,75
	ALM	3,45	59,67	29,41	12,63
Dietas Completas + Piensos Compuestos	MS	83,03	97,78	90,50	2,74
	CZ	1,22	13,64	7,46	1,86
	PB	7,00	28,78	16,13	2,43
	FB	1,55	28,55	8,93	5,11
	EE	1,48	10,74	4,56	1,67
	ALM	3,45	59,67	24,04	11,81

MS: Materia seca; CZ: Cenizas; PB: Proteína bruta; FB: Fibra Bruta; EE: Extracto etéreo; ALM: Almidón.

1. Desarrollo de ecuaciones globales

En la Tabla 2 se resumen los estadísticos de las ecuaciones de calibración NIRS obtenidas con las Poblaciones 1, 2 y 3, en primera y segunda derivadas. En general, los estadísticos obtenidos para P 2 y P 3 en primera derivada son similares y mejores que los de P 1. Hecho esperable, ya que según las recomendaciones de Shenk y Westerhaus (1991) y la propia experiencia de nuestro grupo, a mayor variabilidad y número de muestras, mejores estadísticos de calibración y validación cruzada. Las diferentes ecuaciones de predicción presentaron valores de RDP superiores a tres, tal y como recomiendan Williams y Sobering (1996) para su uso en diagnósticos, excepto para el parámetro de cenizas probablemente debido a que el contenido en cenizas, es decir las sustancias inorgánicas, no presentan absorción en la región NIR y, para proteína y almidón de la P 1. No obstante, presentan una capacidad predictiva adecuada con los conjuntos poblacionales 2 y 3, con coeficientes de determinación para la calibración cruzada que explican el 80% de la variabilidad poblacional.

Por tanto, dada la interrelación entre P 1 y P 2, parece claro que resulta más operativo desarrollar una ecuación para dietas completas considerando conjuntamente ambas poblaciones (Población 3).

Tabla 2. Estadísticos de calibración y validación cruzada utilizando tratamientos matemáticos en primera (1, 5, 5, 1) y segunda derivada (2, 5, 5, 1).

Parámetro	Derivada	ETC	R ²	ETVC	r ²	RPD
MS (P1)		0,313	0,97	0,370	0,96	4,88
MS (P 2)	1D	0,318	0,90	0,338	0,89	3,04
MS (P 3)		0,360	0,98	0,370	0,98	7,35
MS (P1)		0,446	0,94	0,514	0,93	3,76
MS (P 2)	2D	0,302	0,92	0,330	0,91	3,25
MS (P 3)		0,330	0,99	0,356	0,98	7,72
CZ (P1)		0,561	0,67	0,706	0,47	1,38
CZ (P 2)	1D	0,670	0,85	0,738	0,81	2,31
CZ (P 3)		0,680	0,82	0,741	0,79	2,18
CZ (P1)		0,260	0,91	0,438	0,74	1,97
CZ (P 2)	2D	0,636	0,87	0,697	0,84	2,50
CZ (P 3)		0,647	0,85	0,733	0,80	2,24
PB (P 1)		0,684	0,84	0,712	0,83	2,40
PB (P 2)	1D	0,450	0,96	0,469	0,96	4,78
PB (P 3)		0,564	0,94	0,578	0,94	3,91
PB (P 1)		0,435	0,94	0,532	0,91	3,27
PB (P 2)	2D	0,444	0,96	0,473	0,96	4,88
PB (P 3)		0,502	0,95	0,523	0,95	4,31
FB (P1)		0,576	0,95	0,830	0,90	3,03
FB (P 2)	1D	0,504	0,97	0,566	0,97	5,36
FB (P3)		0,590	0,98	0,649	0,98	7,09
FB (P1)		0,194	0,99	0,439	0,94	4,16
FB (P 2)	2D	0,442	0,98	0,519	0,97	6,06
FB (P3)		0,475	0,99	0,536	0,99	8,87
EE (P 1)		0,188	0,96	0,282	0,90	3,16
EE (P 2)	1D	0,339	0,96	0,368	0,95	4,46
EE (P 3)		0,359	0,95	0,383	0,94	4,17
EE (P 1)		0,188	0,96	0,245	0,94	3,88
EE (P 2)	2D	0,337	0,96	0,366	0,95	4,51
EE (P 3)		0,352	0,95	0,377	0,94	4,21
ALM (P 1)		1,091	0,91	1,332	0,87	2,79
ALM (P 2)	1D	2,239	0,96	2,685	0,94	4,15
ALM (P 3)		1,766	0,97	1,963	0,97	5,61
ALM (P 1)		0,789	0,94	1,146	0,88	2,82
ALM (P 2)	2D	2,112	0,96	2,350	0,96	4,77
ALM (P 3)		1,699	0,98	1,914	0,97	5,82

MS: Materia seca; CZ: Cenizas; PB: Proteína bruta; FB: Fibra Bruta; EE: Extracto etéreo; ALM: Almidón; P1: Población 1; P2: Población 2; P3: Población 3. ETC y ETVC: Errores estándar de calibración y validación cruzada, respectivamente. R² y r²: coeficientes de determinación de calibración y validación cruzada. RPD: Desv. Est./ETVC.

El resumen los estadísticos en segunda derivada, se resumen, asimismo en la Tabla 2. Al igual que en el tratamiento en primera derivada, los estadísticos obtenidos para P 2 y P 3 son similares y mejores que los de P 1. No obstante, segunda derivada siempre presenta mejor exactitud y precisión que el tratamiento en primera derivada.

Con este trabajo se pretende presentar el desarrollo de modelos de calibración haciendo especial hincapié en cómo el incremento de la variabilidad poblacional, mejora las predicciones ante muestras desconocidas, siempre y cuando representen adecuadamente a la población en estudio.

El elevado número de muestras incluidas en el desarrollo de estas calibraciones, así como la variabilidad existente hacen que en la mayoría de las ecuaciones NIR desarrolladas con P 3 se alcancen valores de RDP superiores a tres.

La Figura 1, muestra la representación triangular de los principales parámetros nutritivos de este tipo de muestras: PB, EE y ALM para P 1 y P 2. En dicha Figura se puede apreciar el visible solapamiento existente entre ambas poblaciones, lo que resulta un argumento añadido para que las mezclas completas puedan ser predichas a través de las ecuaciones desarrolladas con la Población 3, cuyos estadísticos presentaron mejor exactitud y precisión.

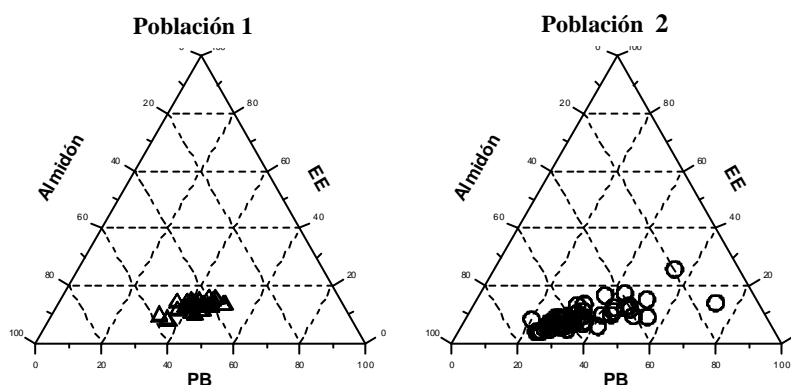


Figura 1. Representación gráfica de los parámetros nutricionales proteína bruta, extracto etéreo y almidón en las Poblaciones 1 y 2 (dietas completas y piensos compuestos).

2. Desarrollo de ecuaciones locales

El algoritmo LOCAL patentado por Shenk y Westerhaus (1998) es una aproximación diseñada para el manejo de grandes bibliotecas espectrales (Shenk *et al.*, 2001), que puede mejorar la capacidad predictiva de un modelo obtenido mediante la estrategia de calibración global entre un 10 y un 30 %, dependiendo de la diversidad espectral de las muestras contenidas en la biblioteca. Se basa en un método de predicción que calcula una calibración específica para cada muestra a predecir, usando un pequeño colectivo muestral de aprendizaje constituido por las muestras más semejantes a la desconocida y, seleccionadas, dentro una amplia biblioteca espectral.

El algoritmo LOCAL ha sido aplicado para la predicción de proteína bruta, en primera (LOCAL 1) y segunda derivada (LOCAL 2) utilizando los mismos tratamientos matemáticos que los evaluados en las ecuaciones globales sobre P 3, colectivo en el que se disponía de la mayor biblioteca espectral, seleccionando diferentes estrategias en cuanto al número de muestras a elegir para la predicción de muestras desconocidas (100, 200 o 300 muestras).

En la Tabla 3 se recogen los resultados de validación externa utilizando como colectivo de validación P 4, tanto para las calibraciones globales como tras aplicar el algoritmo LOCAL.

Como se puede apreciar en la Tabla 3 el algoritmo LOCAL ha mejorado los resultados predictivos en un 14% en el caso de primera derivada y en más de un 20% en segunda derivada para el error típico *de* predicción. Al igual que las ecuaciones globales, la segunda derivada se manifiesta como el mejor tratamiento matemático.

Tabla 3. Estadísticos de validación obtenidos para la predicción del contenido en proteína bruta del colectivo de validación de las ecuaciones desarrolladas con el algoritmo LOCAL vs ecuaciones globales.

Ecuación	BIAS	ETP	m	ETC	GH	NH
LOCAL 1	0,15	0,590	0,90	0,890	0,74	0,31
GLOBAL1	0,24	0,686	0,81	0,882	0,92	0,34
LOCAL 2	0,26	0,510	0,95	0,910	0,82	0,38
GLOBAL 2	0,13	0,620	0,88	0,882	0,86	0,37

m: pendiente; ETP: Error típico de predicción; ETC: Error típico de calibración; GH: Distancia de Mahalanobis al centro poblacional; NH: Distancia al vecino más próximo

Conclusiones

Los resultados detallados en el presente trabajo ponen de manifiesto que los mejores estadísticos de calibración en el desarrollo de ecuaciones globales, son los obtenidos utilizando un tratamiento en segunda derivada. Asimismo, el incremento de la variabilidad (Población 3) ha conseguido que se alcancen valores de RDP superiores a tres, tal y como se recomienda.

Por otro lado, la aplicación del algoritmo LOCAL reduce los errores de predicción de las ecuaciones desarrolladas para la estimación de proteína, con respecto a los obtenidos con la estrategia GLOBAL, siendo necesario destacar el hecho de que el éxito de la aplicación LOCAL está claramente condicionado por las características de la biblioteca espectral utilizada.

Bibliografía

AOAC., 1984. Official Methods of Analysis. Association of Official Agricultural Chemist. 14th ed.

DE LA ROZA, B.; MARBÁN, A.; PAREDES, E.; VICENTE, F.; RODRÍGUEZ, M. L.; ARGAMENTERÍA, A., 2005. Nivel de excreción de urea en leche como estimador de la alimentación nitrogenada en vacas. *Información Técnica Económica Agraria (ITEA)*, Vol. Extra N1 26. Tomo II, 650-652.

DE LA ROZA, B.; SÁNCHEZ, L.; MODROÑO, S.; MARTÍNEZ, A., 2000. Efectos del tamaño de partícula en la estimación por NIRS de los principios nutritivos de mezclas y piensos compuestos complementarios de los forrajes de la dieta. *XL Reunión científica de la SEEP*. 462-467.

ISI., 2000. *The complete software solution using a single screen for routine analysis, robust calibrations, and networking Manual*. Foss NIRSystem/TECATOR, Sylver Spring MD, USA, Infrasoft International, LLC.

SHENK J.S.; WESTERHAUS M.O., 1991. Population structuring of Near Infrared spectra and modified partial least square regression. *Crop Science*, 31 (6), 1548-1555.

SHENK J.S.; WESTERHAUS M.O., 1996. Calibration de ISI Way. En: *Near Infrared Spectroscopy: the future waves*, 198-202. Eds. A.M.C. DAVIES, P. WILLIAMS. NIR Publications, Chichester, West Sussex (UK).

SHENK J.S.; WESTERHAUS M. O., 1998. U.S. Pat. 5798526, Agosto, 25 1998.

SHENK J.S.; WESTERHAUS M.O., 2001. *Application of Near Infrared Spectroscopy to Agricultural Products. Handbook of Near Infrared Analysis*. Second Edition. Eds. D.A. BURNS, E.W. CIURCZAK . Practical spectroscopy Series, Vol. 27. Marcel Dekker, 681 pp. New York (USA)

SHENK J.S.; WESTERHAUS M. O.; BERZAGHI, P., 1997. Investigation of a LOCAL calibration procedure for near infrared instruments. *Journal of Near Infrared Spectroscopy*, 5, 223-232.

SOLDADO A.; MARTÍNEZ O.; MARTÍNEZ A.; DE LA ROZA-DELGADO B., 2003. Determinación rápida de almidón en ensilados de maíz mediante empleo del analizador bioquímico Ysi 2700. *IZASA LAB*, 1/03, 22- 23.

WILLIAMS, P.C.; SOBERING, D.C., 1996. How do we do it: a brief summary of the methods we use in developing near infrared calibrations. En: *Near Infrared Spectroscopy: the future waves*, 185-188. Eds. A.M.C. DAVIES, P. WILLIAMS. NIR Publications. Chichester, West Sussex, (UK).

Agradecimientos

Los autores desean expresar su agradecimiento al INIA por la financiación del proyecto que ha permitido la ejecución de este trabajo (RTA2005-00212-C02), así como al personal técnico del Laboratorio de Nutrición Animal del SERIDA por su colaboración.

NUTRITIVE VALUE ON UNIFEED DIETS: INFLUENCE OF SPECTRAL LIBRARIES ON NIRS STATISTICS

Summary

During 1995-2006 years, it was built a spectral library with a total of 1346 spectra: 967 compoundfeed and feedstuffs and 359 total mixed rations. Samples were selected by the Animal Nutrition Laboratory of SERIDA. The spectral data were recorded after drying and milling samples, using a NIRSystems 5000 (FOSS NIRSystems, Silver Spring, MD, USA) instrument, over a range of 1100-2500 nm. To increase accuracy and precision in the prediction models developed by NIRS technology, different alternatives were assayed according to population variability. Attending statistics, the best results were obtained with chemometric models developed on second derivative using the population containing more samples (P3; N=1346). Moreover, LOCAL algorithm improved predictive values when larger spectral libraries were used.

Keywords: NIRS, total mixed rations, physic-chemical parameters, chemometric.

CONDUCTA DE PASTOREO DE LOS RUMIANTES DOMÉSTICOS SEGÚN TIPO DE REBAÑO EN BREZALES-TOJALES PARCIALMENTE MEJORADOS

R. BENAVIDES, B.M. JÁUREGUI, U. GARCÍA, R. CELAYA & K. OSORO

Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario (SERIDA) / Área de Sistemas de Producción Animal, 33300-Villaviciosa (Asturias)
Telf: +34 985 890 066 Fax: +34 985 891 854
rbenavides@serida.org

Resumen

En el periodo 2003-2006 se han realizado controles de la actividad de pastoreo del vacuno, ovino y caprino, en pastoreo mono-específico o mixto, en parcelas de brezal-tojal que tienen un tercio de la superficie total con pasto sembrado de raigrás inglés y trébol blanco. Se estableció un diseño experimental de dos especies (vacuno u ovino) y dos manejos (pastoreo mono-específico o mixto con caprino) en dos bloques o repeticiones. El seguimiento de la conducta de pastoreo se realizó de forma visual, cuantificando el número de animales en pastoreo en la zona de vegetación natural o mejorada.

Los resultados mostraron conductas de pastoreo diferentes entre especies, siendo el ganado caprino el que presentó mayores diferencias con respecto al vacuno y ovino, dedicando de media el $68,7 \pm 14,70\%$ del tiempo de pastoreo a la cubierta de matorral, frente al $34,3 \pm 1,26\%$ y $22,8 \pm 3,56\%$ dedicado por las ovejas y las vacas respectivamente. Además es el ganado caprino el que parece poseer mayor capacidad para modificar su conducta en función del tipo de rebaño, mono-específico o mixto.

Palabras clave: caprino, ovino, vacuno, pastoreo, mono-específico, mixto.

Introducción

La eficiente gestión y aprovechamiento de los recursos pastables requiere el conocimiento de la conducta de pastoreo de las diferentes especies de herbívoros ante los distintos tipos de rebaño, las distintas comunidades vegetales naturales y la modificación de dicha conducta según los cambios en la cuantía y composición de la vegetación disponible y también con los cambios en condiciones climáticas. Dicho conocimiento permitirá el desarrollo de sistemas sostenibles y eficientes. Con tal objetivo se plantea el estudio de la conducta de pastoreo de los rumiantes domésticos en matorral de brezal-tojal con pradera de raigrás y trébol en un tercio de la superficie disponible, cuando el vacuno u ovino es manejado en pastoreo mono-específico o en pastoreo mixto con caprino.

Material y Métodos

Área de estudio

El estudio se realizó en una finca experimental situada en la Sierra de San Isidro (Illano, Asturias), a una altitud de unos 950-1000 m sobre el nivel del mar.

La vegetación natural consiste principalmente en distintos tipos de brezos (*Erica umbellata* L., *E. cinerea* L. y *Calluna vulgaris* (L.) Hull) y tojo (*Ulex gallii* Planchon), junto con herbáceas menos abundantes, mayoritariamente gramíneas de escasa palatabilidad como *Agrostis curtisii* Kerguelén y *Pseudarrhenatherum longifolium* (Thore) Rouy.

Diseño experimental y manejo de los animales

El estudio se realizó en ocho parcelas agrupadas en dos bloques, con superficies comprendidas entre 0,9 y 2,7 ha (Tabla 1), localizadas en ladera orientada al Oeste, y todas ellas con dos tercios cubiertos de vegetación natural (brezal-tojal) y un tercio de pradera de raigrás inglés

(*Lolium perenne* L.) y trébol blanco (*Trifolium repens* L.). En todas las parcelas, el matorral se encuentra en la zona superior y la parte mejorada en la zona inferior de las parcelas.

Se estableció un diseño experimental de dos especies (vacuno u ovino) y dos manejos (pastoreo mono-específico o mixto con caprino) en dos bloques o repeticiones. En el tratamiento de pastoreo mixto de ovino con caprino (O+C) las ovejas y cabras fueron manejadas en proporción 1:1. En el tratamiento de ovino en pastoreo mono-específico (O) el último año en uno de los bloques se substituyó el ovino por caprino. En el tratamiento de vacuno con caprino (V+C) se manejaron 8 cabras por vaca adulta; en el 2005 el ganado vacuno consistía en terneros añejos y en el resto de los años se trataba de vacas con sus crías, al igual que en el tratamiento de vacuno en pastoreo mono-específico (V) en todos los años (Tabla 1).

Los vacunos pertenecían a la raza Asturiana de los Valles. Las cabras eran de raza Cachemir y las ovejas de raza Gallega, todas ellas con sus crías nacidas entre marzo-abril.

Las cargas ganaderas fueron de 10 madres con cría por hectárea en el caso de los pequeños ruminantes y de 1,5-1,7 terneros ó 1,1 vacas con cría por hectárea, en el caso del vacuno.

Tabla 1. Diseño experimental, superficie de cada parcela y número de animales

Tratamiento	Repetición 1				Repetición 2			
	V	V+C	O	O+C	V	V+C	O	O+C
Superficie (ha)	1,8	2,7	0,9	1,8	2,7	2,7	0,9	1,8
Animales ⁽¹⁾								
2003	2 v	3 v + 25 c	9 o	9 o + 9 c	3 v	3 v + 24 c	9 o	9 o + 9 c
2005	2 v	5 t + 17 c	9 o	9 o + 9 c	3 v	5 t + 17 c	9 o	9 o + 9 c
2006	2 v	3 v + 18 c	9 o	12 o + 12 c	3 v	3 v + 16 c	9 c	9 o + 9 c

⁽¹⁾c: cabras con cría; o: oveja con cría; t: terneros añejos; v: vacas con cría.

Controles

Durante dos días consecutivos se realizaron observaciones directas cada 15 minutos desde el amanecer hasta el anochecer. En cada uno de ellos se contabilizó el número de animales que estaban pastando y en qué tipo de vegetación lo hacían, pradera o matorral de brezal-tojal. De esta manera se puede determinar el tiempo que los animales dedicaron a los diferentes tipos de cubierta vegetal. Los controles se realizaron en Mayo del 2003, en Julio del 2005 y en Julio del 2006.

Resultados

En la Figura 1 puede observarse el tiempo dedicado al pastoreo por cada especie, en los distintos controles realizados y en los distintos tratamientos. Se aprecia que es el ganado caprino el que dedica más tiempo al pastoreo, siendo el único rebaño que en término medio supera los 600 minutos al día. El ganado vacuno presentó cifras que van desde 473 minutos/día en Mayo del 2003 (en rebaño mono-específico) a 570 en Julio del 2006 (en rebaño mixto con caprino), y el ovino con cifras similares que van desde 438 minutos/día en Julio del 2005 a 599 minutos/día en Julio del 2006 (ambos en rebaño mono-específico).

Además de las diferencias en el tiempo dedicado al pastoreo, también aparecieron diferencias en el tiempo dedicado a cada tipo de cubierta vegetal; sobre todo fueron las cabras las que presentaron mayores diferencias con las otras especies. Los porcentajes del tiempo que las cabras dedicaron al pastoreo en el brezal-tojal (media entre los grupos de cabras independientemente del tipo de rebaño) son del $68,7 \pm 14,7\%$, frente a los valores del ovino y vacuno que son más similares entre sí, $34,3 \pm 1,26\%$ y $22,8 \pm 3,56\%$ respectivamente.

Las cabras además parecen presentar ciertos cambios en la conducta de pastoreo en función del tipo de rebaño en el que se encuentren. De esta manera, el ganado caprino pasta menos tiempo en pasto mejorado cuando se encuentra en un rebaño mixto, un $20,9 \pm 6,82\%$ cuando pasta junto

con ganado con ovino y un $25,4\pm 6,13\%$ con vacuno, frente a un $58,3\%$ en pastoreo monoespecífico (Tabla 2). Por el contrario, el ganado ovino y el vacuno parecen no cambiar su comportamiento al encontrarse en rebaños mixtos con caprino frente a cuando pastan en solitario.

Tabla 2. Porcentajes medios del tiempo dedicado a cada cubierta (y las desviaciones estándar) durante el tiempo de pastoreo de cada tratamiento.

Tratamiento	Especie	Cubierta vegetal	Superficie (%)	Desv. Std. (%)
V	Vacuno	Pradera	79,75	8,06
		Matorral	20,25	
V+C	Vacuno	Pradera	74,72	12,41
		Matorral	25,28	
	Caprino	Pradera	25,44	6,13
		Matorral	74,56	
O	Ovino	Pradera	64,83	12,31
		Matorral	35,17	
	Caprino	Pradera	41,72	--
		Matorral	58,28	
O+C	Ovino	Pradera	66,61	13,23
		Matorral	33,39	
	Caprino	Pradera	20,93	6,82
		Matorral	79,07	

Se observaron algunas diferencias entre controles en la conducta de pastoreo, especialmente entre las ovejas (Figura 1).

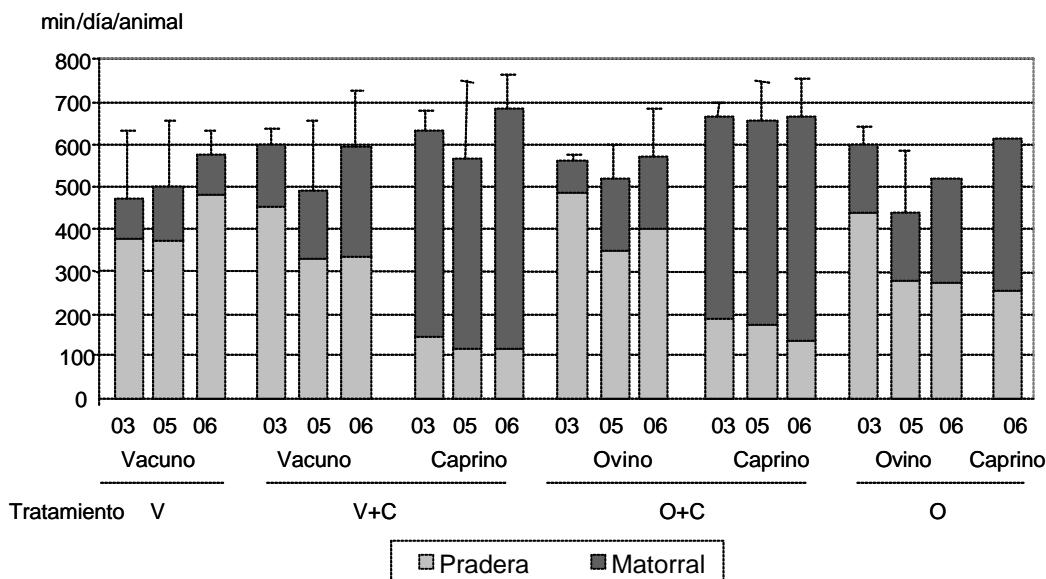


Figura 1. Tiempo de pastoreo y desviación estándar de los herbívoros domésticos y su distribución por cubierta vegetal en los distintos tratamientos y controles (03: 13-14 de Mayo del 2003; 05: 19-20 de Julio del 2005; 06: 18-19 de Julio del 2006)

Discusión

Los resultados en cuanto a las diferencias entre especies en el tiempo de pastoreo son similares a los obtenidos por Celaya *et al.* (2007), donde se estudió la conducta de pastoreo de tres especies de herbívoros sin cría pastando en un rebaño mixto (vacuno-ovino-caprino) en un brezal tojal con un 20% de pradera mejorada. Los resultados además muestran la mayor preferencia por la vegetación leñosa por parte de las cabras, frente al ovino y al vacuno. Esta preferencia ya ha sido observada en numerosos estudios (Morand-Fehr, 1981; Narjisse, 1991; Allan y Holst, 1996), al igual que la mayor preferencia del ovino y del vacuno por los prados (Grant *et al.*, 1984; Sineiro *et al.*, 1984), mostrando estas dos cabañas un comportamiento más similar y por tanto un mayor grado de competencia por las superficies y recursos pastables, como se describe en los trabajos realizados por Aldezabal (2001) en puertos pirenaicos, y por Celaya *et al.* (2007) en el Occidente de Asturias, medido por el índice de similitud de Kulczynski.

El ganado caprino, además de ser el que presenta menor grado de solapamiento con las otras especies de rumiantes, es el que parece presentar una mayor capacidad para modificar su conducta de pastoreo cuando se encuentra pastando en rebaños mixtos, disminuyendo aún más el grado de solapamiento y aumentando por tanto el grado de complementariedad. Resultados similares se observaron en el trabajo de Osoro *et al.* (2000) en brezales-tojales parcialmente (33 ó 50%) mejorados, comprobando que el comportamiento del caprino se modifica según el tipo de rebaño. Así, en rebaños de caprino y ovino gestionados de manera mixta, las cabras pastaban durante más tiempo en las zonas de brezal-tojal que en los rebaños monoespecíficos, si bien la conducta también se modificaba con los cambios de la biomasa disponible y condiciones climáticas.

Aparece una tendencia de modificación del comportamiento del ovino en el transcurso de los tres controles. En Mayo el porcentaje de tiempo pastando en pradera mejorada es mayor que cuando se realizaron los controles en Julio, lo que sugiere una modificación de su conducta según varían la disponibilidad y la calidad de la hierba, que no aparece de manera clara con las otras dos especies, ya que el vacuno se dedica fundamentalmente a pastar zonas de vegetación herbácea incluso en situaciones de escasa altura de pasto disponible, y el caprino siempre dedica un porcentaje importante del tiempo de pastoreo a la vegetación natural de matorral.

Conclusiones

Estudiando rebaños mixtos con cría, es el ganado caprino la especie que mejor se complementa con las otras dos (vacuno y ovino), ya que destina más tiempo de pastoreo a la zona de matorral de un brezal-tojal parcialmente mejorado. También tiene una mayor capacidad para modificar su conducta cuando pasta en rebaños mixtos, favoreciendo una disminución del solapamiento con las otras especies. El vacuno es fundamentalmente herbívoro y dedica casi la totalidad del tiempo a la vegetación herbácea. El ovino muestra un comportamiento intermedio.

Bibliografía

ALDEZABAL, A., 2001. *El sistema de pastoreo del Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido (Pirineo central, Aragón)*. Interacción entre la vegetación supraforestal y grandes herbívoros. Consejo de Protección de la Naturaleza de Aragón, 317 pp. Zaragoza (España).

ALLAN, C.J.; HOLST, P. J., 1996. The ecological role of the goat in maintaining pasture and range. En: *VI International Conference on Goats*, Vol. 1, 427-435. International Academic Publishers. Beijing (China).

CELAYA, R.; OLIVÁN, M.; FERREIRA, L.M.M.; MARTÍNEZ, A.; GARCÍA, U.; OSORO, K., 2007. Comparison of grazing behaviour, dietary overlap and performance in non-lactating domestic ruminants grazing on marginal heathlands areas. *Livestock Science*, **106**, 271-281.

GRANT, S.A.; BOLTON, G.R.; RUSSEL, A.J.F., 1984. The utilization of sown and indigenous plant species by sheep and goats grazing hill pastures. *Grass and Forage Science*, **39**, 361-370.

MORAND-FEHR, P., 1981. Nutrition and feeding of goats: application to temperate climatic conditions. En: *Goat Production*, 193-232. Ed. C. GALL. Academic Press. Londres (RU).

NARJISSE, H., 1991. Feeding behaviour of goats on rangelands. En: *Goat Nutrition*, 13-24. Ed. MORAND-FEHR, P. European Association for Animal Production Publ. N° 46. Pudoc, Wageningen (Holanda).

OSORO, K.; CELAYA, R.; MARTÍNEZ, A., 2000. The effect of grazing management of sheep and goats on animal performance and vegetation dynamics in partially improved heath-gorse vegetation. En: *Grazing management*, 135-140. Eds. A.J. ROOK, P.D. PENNING. British Grassland Society, Occasional Symposium N° 34. Devon (RU).

SINEIRO, F.; OSORO, K.; DÍAZ, N., 1984. Bases para la producción e intensificación ganadera en el monte gallego: la utilización de la vegetación espontánea y la siembra y mejora del pasto. En: *Pastos y Forrajes en Alimentación Animal*, 195-219. Actas de la XXII Reunión Científica de la Sociedad Ibérica de Nutrición Animal. Santiago de Compostela (España).

Agradecimientos

Los autores quieren agradecer el trabajo realizado al personal de la finca experimental de El Carbayal. Este trabajo está financiado por la beca concedida a R. Benavides del Ministerio de Educación y Ciencia, dentro del proyecto AGL2003-05342.

GRAZING BEHAVIOUR OF DOMESTIC RUMINANTS ACCORDING TO THE TYPE OF FLOCK ON PARTIALLY IMPROVED HEATH-GORSE SHRUBLANDS

Summary

During the period 2003-2006, grazing behaviour of goats, sheep and cattle with their breeding young animals was registered in monospecific and mixed flocks. These flocks were managed in plots covered with natural heath-gorse communities with one third of the surface with improved pasture (ryegrass and clover). An experimental design was established in two blocks or replicates, with two species (cattle and sheep) under two different management (monospecific and mixed with goats flocks). The controls were direct visual observations, counting the number of animals grazing in each vegetation type.

Results showed clear differences among species, particularly between goats and the other species. Goats spent more time grazing on the shrublands than cattle and sheep, on average $68.7 \pm 14.70\%$ of the total time grazing on heath-gorse communities. Meanwhile, sheep and cattle grazed in natural communities $34.3 \pm 1.26\%$ and $22.8 \pm 3.56\%$ of the total grazing time, respectively. Besides, goats seem to have a greater ability to modify their behaviour when they are grazing in mixed flocks.

Key words : goats, sheep, cattle, grazing, monospecific flock, mixed flock.

BALANCE DE NITRÓGENO Y PÉRDIDAS DE NITRATO POR LIXIVIACIÓN EN UNA EXPLOTACIÓN DE VACUNO DE LECHE EN PASTOREO

DOLORES BÁEZ, JUAN CASTRO, JULIO LÓPEZ, ANTONIO GONZÁLEZ & M^a ISABEL GARCÍA

CIAM-Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo/Dpto. de Pastos y Cultivos
Apartado 10. 15080 A Coruña

Telf: +34 981 647 902 Fax: +34 981 673 656

E-mail: dolores.baez.bernal@xunta.es

Resumen

En el trabajo se determina el balance de nitrógeno (N) asociado al rebaño lechero del CIAM en los años 2004 y 2005. Para ello, se tuvieron en cuenta las entradas (fertilizantes, alimentación, animales, fijación simbiótica) y salidas del N en el sistema (leche, carne, cosechas, excretas si son exportadas fuera de la explotación). Así mismo, con el objetivo de establecer las pérdidas por lixiviación de nitratos se describe la metodología utilizada en el cálculo, y se exponen los resultados en función de los cultivos, maíz o praderas, distinguiendo entre praderas exclusivamente utilizadas a pastoreo del ganado, o bajo un manejo mixto, de pastoreo y corte para producción de silo.

En un sistema de producción de leche basado en pastoreo, el superávit obtenido en el balance global de N en la explotación fue moderado, de 135 kg N ha⁻¹, y las pérdidas por lixiviación de nitrato representaron el 20 y el 36 % del N en exceso. Entre los dos años estudiados no se observó diferencia en el balance de N, y sin embargo, si la hubo en el lavado de nitrato, por lo que se puede decir, que el balance de N no fue un buen indicador para la lixiviación.

Para obtener una buena estimación de pérdidas por lixiviación de nitrato a nivel de explotación debe tenerse en cuenta la variabilidad existente en los residuos de N mineral en suelo al comienzo del drenaje (en el otoño) en toda la superficie que conforma la explotación; y finalmente, cabe destacar la importancia de la optimización de las prácticas agrícolas en zonas destinadas a renovación de praderas y tras cultivos de maíz, evitando en lo posible terrenos desnudos que pueden incrementar la lixiviación de nitrato.

Palabras clave: balance de nutrientes, explotación experimental, pérdidas de N, N mineral.

Introducción

La zona oeste del área de influencia Atlántica se caracteriza por abundantes lluvias y temperaturas suaves, hecho que favorece el establecimiento de sistemas de producción de leche con características diferentes entre el norte y el sur. El objetivo general del proyecto Interreg IIIB “Green Dairy”-Sistemas ganaderos de vacuno de leche ambientalmente sostenibles en el Espacio Atlántico, iniciado en octubre de 2003, y con una duración de 3 años, fue estudiar el impacto ambiental de los sistemas de producción encontrados entre las diferentes regiones del Espacio Atlántico con el fin de alcanzar sistemas de producción sostenibles, donde son optimizados costes y producciones, y minimizadas las pérdidas de nutrientes hacia el medioambiente (agua y aire).

El proyecto, en su desarrollo se dividió en dos partes, una primera denominada “pilot farms”, donde fueron determinados los balances de nutrientes (N, P y K) en explotaciones comerciales de las regiones participantes, y una segunda parte denominada “experimental farms”, que trató de determinar no sólo los balances globales de N en la explotación, sino los flujos internos de este nutriente, esto es: la generación y aporte de purines a los cultivos, la lixiviación de nitrato,

las pérdidas gaseosas, etc. Al comienzo del proyecto, se seleccionaron 9 explotaciones experimentales localizadas en 4 países diferentes (Reino Unido, Irlanda, Francia y España), y entre las seleccionadas se encontró el Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo.

En el trabajo se presenta el sistema estudiado en el CIAM durante los años 2004 y 2005, y las pérdidas por lixiviación de nitrato en función de los cultivos que intervienen en la explotación: maíz y praderas, distinguiendo en este caso entre praderas utilizadas exclusivamente a pastoreo del ganado, o bajo un manejo mixto, dedicadas a pastoreo y corte para producción de silo.

Materiales y Métodos

El trabajo se llevó a cabo considerando el rebaño lechero del CIAM al completo (vacas en producción y reposición) y la superficie de cultivos asociados al mismo.

El rebaño contó en el 2004 con 175 vacas (Holstein Friesian, de las cuales una media mensual de 84 estaban en lactación y 36 eran novillas), con una superficie de 84 has, en su totalidad praderas (raigrás inglés y trébol blanco), y una carga ganadera de 1.9 UGM ha⁻¹. En este primer año se dio una situación anómala, no fue establecido maíz forrajero en la zona destinada al rebaño debido a la existencia de un remanente de años anteriores.

En el 2005 el rebaño contó con 154 vacas (73 en producción y 43 novillas), una superficie de 79 has, distribuida en 72,8 has de praderas, y 6,2 has de maíz, con una carga ganadera de 1,6 UGM ha⁻¹.

El sistema estudiado se basa en el aprovechamiento de los recursos de la explotación, las praderas son pastoreadas principalmente en dos periodos: primavera y otoño; aunque, debido a las suaves condiciones climatológicas de la zona estos periodos pueden extenderse por la disponibilidad de pasto.

Durante los dos años estudiados, las vacas en producción se mantuvieron en tres grupos (A, B y C, tabla 1) diferenciados en la dieta y en su producción de leche. La producción media de leche fue de 7438 kg vaca⁻¹ con una ingestión media de concentrado de 1440 kg vaca⁻¹.

Tabla 1. Producción de leche durante los dos años estudiados.

Grupo	Leche	
	Kg vaca ⁻¹ año ⁻¹	
	2004	2005
A	6839	5640
B	7390	6870
C	8831	8730
<i>Medio</i>	<i>7790</i>	<i>7034</i>

A nivel global de explotación se calculó el balance aparente del N para los años 2004 y 2005. Este balance considera la explotación como una “caja” donde el N entra o sale; las entradas y salidas son determinadas sin tener en cuenta transformaciones internas. Las entradas se deben a los aportes de fertilizantes minerales, purines o estiércoles importados, al N fijado por las leguminosas, a la compra de concentrados y forrajes utilizados en la alimentación del ganado y a la deposición atmosférica. Las salidas son los productos generados en la explotación: carne y leche, cultivos y forrajes vendidos, y finalmente purines o estiércoles si son exportados. Para efectuar el cálculo:

- Durante los años estudiados se registró el consumo de abonados inorgánicos utilizados en la superficie considerada.
- La entrada de N debido a la fijación del trébol se estimó, según el protocolo común adoptado por los equipos participantes, utilizando la siguiente fórmula:

N fijado (kg N ha^{-1}): producción de la pradera (t MS ha^{-1}) * % trébol * 35 ($\text{kg N fijado por t MS de trébol}$)*1.3

El factor 1.3 es el coeficiente utilizado para incluir la fijación de la parte subterránea.

- Para determinar el N exportado en la venta de leche se tuvieron en cuenta los litros anuales vendidos y su composición proteica.
- La exportación en la carne se cuantificó a partir del número de crías que abandonaron el rebaño, las vacas sacrificadas, el peso correspondiente, y considerando una composición química de N en la carne de 24 kg por tonelada de peso vivo (Institut de l'Élevage, 2003). El valor resultante de entradas menos salidas de N expresado por superficie agraria útil corresponde al balance de N en la explotación (figura 1).

El siguiente objetivo del trabajo fue la determinación de las pérdidas por lixiviación de nitratos. Para ello se seleccionaron un número de “campos o zonas” que representaban en manejo y tipo de fertilización la variabilidad existente en la explotación. En la tabla 2 se muestra la superficie de explotación, la superficie donde fueron recogidas muestras de suelo, el número de parcelas muestreadas, y el número de campos representativos. En total se seleccionaron 8 campos en el 2004 y 20 en el 2005.

En varias parcelas pertenecientes a un mismo campo se recogieron muestras de suelo a diferentes profundidades (0-10, 10-30, 30-60 y 60-90 cm). La muestra resultante procedente de una parcela era el resultado de la homogenización de 5 sub-muestras de suelo. Los muestreos se llevaron a cabo durante el periodo de drenaje (otoño-invierno-comienzos de primavera); en el 2004, el primero se realizó entre el 27 de septiembre y el 13 de octubre, los siguientes a intervalos aproximados de 45 días (30 de noviembre al 2 de diciembre, 2 y 3 de febrero de 2005, del 18 al 22 de marzo) y, el último entre el 4 y 5 de mayo de 2005. En el 2005 los muestreos tuvieron lugar del 5 al 14 de octubre, del 19 al 21 de diciembre, del 6 al 8 de febrero y finalmente del 28 de abril al 15 de mayo.

En cada muestra de suelo se determinaron los contenidos de N mineral (N_{min} , $\text{N-NO}_3^- + \text{N-NH}_4^+$) tras extracción de 100 g de suelo fresco con 200 ml de KCl 1 M durante 1 hora. El N-NO_3^- y N-NH_4^+ en el extracto fueron determinados por métodos colorimétricos utilizando un autoanalizador de flujo segmentado (MT7, Bran+Luebbe). En cada capa de suelo también fue determinado gravimétricamente el contenido hídrico.

El tipo de textura en el perfil del suelo (franco-limosa), la evolución del N mineral y humedades en cada capa de suelo durante el periodo muestreado, unido a los aportes de fertilizantes, los debidos al pastoreo del ganado y a la extracción de N por el cultivo entre muestreos consecutivos, permitieron estimar utilizando el modelo LIXIM (Mary *et al*, 1999), las pérdidas de lixiviación de nitrato en cada parcela, y por tanto, en cada zona representativa (obtenido por valor medio de las parcelas pertenecientes a una misma zona). Finalmente, las pérdidas totales se determinaron teniendo en cuenta estos valores y la contribución en superficie al total de la explotación.

Tabla 2. Superficie asociada al rebaño lechero en la explotación (ST), superficie donde se recogieron muestras de suelo al comienzo del drenaje (SM), número de parcelas muestreadas (N° P), y número de “campos o zonas” (N° C) representativas consideradas en los dos años estudiados.

Año	ST ha	SM ha	N° P		N° C	
			Pradera	Maíz	Pradera	Maíz
2004	84	46	26	-	8	-
2005	79	33	36	10	15	5

Resultados y discusión

Como se observa en la figura 1, en el balance global de la explotación se obtuvo un superávit de N medio de 135 kg ha^{-1} , con un factor de conversión (entradas en salidas del sistema) del 23 %. La proporción de pasto y silo de hierba en la dieta fue del 63 %, de los cuales el 52 % correspondió exclusivamente al pasto. Los concentrados representaron el 22% de todas las entradas del sistema y los fertilizantes (incluida la fijación) el 72 %. Cabe destacar que los fertilizantes minerales sólo representaron el 28 % de las entradas debido a la importancia de la fijación en la fertilización de los cultivos.

El valor obtenido en el CIAM difiere enormemente del encontrado en granjas comerciales (Novoa *et al.*, 2005), donde se encuentran valores en torno a los 350 kg N ha^{-1} . La diferencia estriba principalmente en que el sistema que nos ocupa aprovecha al máximo los recursos de la explotación basados en las praderas, que son pastoreadas, o utilizadas a pastoreo y siega para proporcionar silo de hierba, reduciendo de esta forma el abuso de concentrados en la dieta propio de sistemas de producción más intensivos.

Respecto a las pérdidas por lixiviación de nitratos, se observó una gran variabilidad en los residuos de N mineral en suelo determinados en el primer muestreo de suelo. En 2004 (muestreo en praderas), en las zonas 1, 2, 3, 4 y 5, los valores fueron inferiores a 20 kg N ha^{-1} y el nitrato representó la mitad del contenido de N mineral (tabla 3) en 1, 2 y 3. En los demás campos (6, 7 y 8) se hallaron valores superiores de N mineral, entre 43 y 245 kg N ha^{-1} , con un mayor porcentaje en forma de nitrato. En los campos 6, 7 y 8 se llevó a cabo la renovación de praderas, lo que implicó laboreo del terreno y estimulación de la mineralización del N orgánico. Cabe destacar valores especialmente elevados en el campo 8, zona laboreada en la primavera y que permaneció sin cubierta vegetal hasta el momento de la siembra de la nueva pradera en septiembre, situación diferente a la que se dio en los campos 6 y 7 donde apenas hubo intervalo de tiempo entre el laboreo (septiembre), y la siembra. Este hecho explica la menor mineralización del N orgánico del suelo en los campos 6 y 7 respecto al 8, y en consecuencia, los menores contenidos de N mineral.

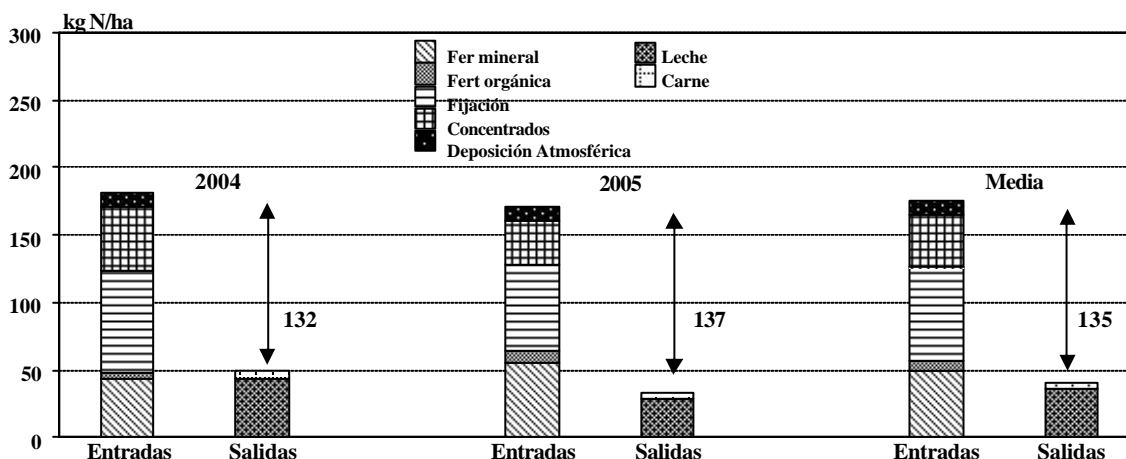


Figura 1. Balance global de N (kg ha^{-1}) en la explotación en los años 2004, 2005, y valor medio.

Al obtener el valor total de pérdidas por lixiviación a partir de los valores estimados para cada campo y las superficies, el resultado fue, excluyendo zonas renovadas de 19 kg N ha^{-1} , con un valor medio de concentración de nitrato en el agua drenada de $18 \text{ mg NO}_3^- \text{ L}^{-1}$, y un drenaje de 457 mm. Al incluir en el cálculo las zonas renovadas las pérdidas aumentaron a 27 kg N ha^{-1} con un valor medio en la concentración de nitrato en el agua drenada de $26 \text{ mg NO}_3^- \text{ L}^{-1}$.

Tabla 3. Manejo de la pradera (P: Pastoreo, S: Producción de silo de hierba), tipo de fertilización (M: Mineral, O: Orgánica), superficie que le corresponde a cada tipo de campo en el total de la explotación, N mineral (N min, N-NO₃⁻ + N-NH₄⁺) y N-NO₃⁻ en el primer muestreo del otoño del 2004, y valores estimados de drenaje, lixiviación y concentración de nitrato durante el otoño-invierno 2004-2005.

Campo	Manejo/ Fuente de N	Area ha	N min Kg N ha ⁻¹	N-NO ₃ ⁻ Kg N ha ⁻¹	Drenaje mm	Lixiviación Kg N ha ⁻¹	Concentración [NO ₃ ⁻] mg L ⁻¹
1	P/M		17.1	8.6	461	22	21
2	P/M	34.3	13.3	7.5	447	15	15
3	P/M		19.6	9.2	462	22	21
4	P ó P+S /M+O	16.1	9.2	2.1	- ⁽¹⁾	<15	-
5	P ó P+S/M	23.7	14.7	5.0	-	=15	-
6	Renovadas	3.8	43.4	33.7	348	47	59
7	Renovadas	4.0	68.3	40.9	573	61	48
8	Renovadas	2.1	244.9	234.7	472	205	249

⁽¹⁾ Valor no estimado

En el 2005, con muestreos de suelo en campos de maíz y praderas, (tablas 4 y 5) el valor medio de N mineral en el primer muestreo aumentó a 54 kg N ha⁻¹ con un 77 % en forma de nitrato. El drenaje también aumentó respecto al año anterior a 648 mm, y en consecuencia, también aumentó la lixiviación total a 47 kg N ha⁻¹ con una concentración media de nitrato en el agua drenada de 29 mg NO₃⁻ L⁻¹.

El aumento de lixiviación observado entre años se puede relacionar con dos factores, el incremento en los contenidos de N mineral en el primer muestreo de suelo, efectuado con anterioridad al comienzo del drenaje, como se constató por el déficit de humedad respecto a la humedad a capacidad de campo, y que, representa el N potencialmente lixiviable y, en segundo lugar al incremento del drenaje. Durante el periodo de máximo riesgo de pérdidas por lixiviación, del 1 de octubre al 28 de febrero en el primer año la precipitación acumulada fue de 473 mm, inferior a la media de los 10 años anteriores (606 mm) lo que puede indicar menores pérdidas aunque también un menor efecto dilución del N lavado. En el segundo año la precipitación para este mismo periodo aumentó a 726 mm y en consecuencia también lo hizo el drenaje a 648 mm.

Tabla 4. Manejo de la pradera (P: Pastoreo, S: Producción de silo de hierba), tipo de fertilización (M: Mineral, O: Orgánica), superficie que le corresponde a cada campo en el total de la explotación, N mineral (N min, N-NO₃⁻ + N-NH₄⁺) y N-NO₃⁻ en el primer muestreo del otoño 2005, y valores estimados de drenaje, lixiviación y concentración de nitrato en el agua drenada durante el otoño-invierno 2005-2006.

Campo	Manejo/ Fuente de N	Area ha	N min Kg N ha ⁻¹	N-NO ₃ ⁻ Kg N ha ⁻¹	Drenaje mm	Lixiviación Kg N ha ⁻¹	Concentración [NO ₃ ⁻] mg L ⁻¹
1	P/M		42.1	30.2	778	70	40
2	P/M		29.1	19.5	734	69	43
3	P/M		73.7	51.2	774	52	30
4	P/M		72.9	41.3	677	52	35
5	P/M	44.1	22.3	16.1	834	38	21
6	P/M		19.3	13.3	- ⁽¹⁾	-	-
7	P/M		90.3	73.8	825	95	51
8	P/M		138.8	131.2	667	64	42
9	P/M		34.0	27.4	638	17	12
10	P+S/M		6.4	2.3	-	-	-
11	P+S/M		38.0	32.3	748	41	24
12	P+S/O	28.7	6.7	1.1	-	-	-
13	P+S/M		32.4	21.2	678	30	20
14	P+S/O		11.7	2.5	694	19	12
15	P+S/M		85.8	80.4	738	98	58

⁽¹⁾ Valor no estimado

Tabla 5. Fertilización (M: Mineral, O: Orgánica) en los campos de maíz, superficie asociada a cada campo, N mineral (N min, N-NO₃⁻ + N- NH₄⁺) y N-NO₃⁻ en el primer muestreo del otoño 2005, y valores estimados de drenaje, lixiviación y concentración de nitrato en el agua drenada durante el otoño-invierno 2005-2006.

Campo	Fuente de N	Area ha	N min Kg N ha ⁻¹	N-NO ₃ ⁻ Kg N ha ⁻¹	Drenaje mm	Lixiviación Kg N ha ⁻¹	Concentración [NO ₃ ⁻] mg L ⁻¹
16	O(Estiercol)+M	1.8	170.0	134.9	727	218	133
17	M	1.0	288.2	229.7	719	279	172
18	M		73.7	57.0	706	55	34
19	O(Purín)	3.4	47.3	30.7	- ⁽¹⁾	-	-
20	M		60.5	54.2	-	-	-

⁽¹⁾ Valor no estimado

Los resultados obtenidos ponen de manifiesto que el riesgo de pérdidas de N por lixiviación de nitratos puede ser muy elevado tras un cultivo de maíz, y este hecho también influyó en el incremento de lixiviación observado en el segundo año cuando se obtuvieron pérdidas superiores a 200 kg N ha⁻¹ en dos de los campos de maíz muestreados (tabla 5). En bibliografía (Aarts *et al.*, 1994), se describe que la diferencia de pérdidas por lixiviación entre praderas y otros sistemas de cultivos, es importante hasta dosis de fertilización mineral de 200-300 kg N ha⁻¹ año⁻¹, valores muy superiores a la media de fertilización nitrogenada que recibieron las praderas (55 Kg N ha⁻¹) objeto de estudio. En este sentido, cabe destacar la importancia del establecimiento de cultivos extractores del N tras el maíz, que sean capaces de utilizar el N del suelo que abandona este cultivo, y que puede contribuir en gran medida a las pérdidas por lixiviación.

El exceso de N obtenido en el balance de la explotación (132 y 137 kg N ha⁻¹ en el primer y segundo año respectivamente) puede relacionarse con las pérdidas de N, y dada la sencillez del cálculo, este valor ha sido durante años muy utilizado como indicador de contaminación ambiental. Al establecer esta relación con los valores de lixiviación calculados (27 y de 47 kg N-NO₃⁻ ha⁻¹ en el primer y segundo año respectivamente), se tiene que el 20% y el 34%, primer y segundo año respectivamente, del N en exceso se perdió por lixiviación. El resto puede explicarse por otros tipos de pérdidas como son las gaseosas (NH₃, N₂, N₂O o NO_x), sin olvidar la posible inmovilización-reestructuración del N en el pool orgánico del suelo.

Conclusiones

- En un sistema de producción de leche basado en pastoreo, el superávit obtenido en el balance global de N en la explotación fue moderado, de 135 kg N ha⁻¹, y las pérdidas por lixiviación de nitrato representaron el 20 y el 36 % del N en exceso. Entre los dos años estudiados no se observaron diferencias en el balance de N, y sin embargo, si existieron diferencias en el lavado de nitratos, por lo que se puede decir que el balance de N no fue un buen indicador para la lixiviación.
- Si se desea determinar las pérdidas de N por lixiviación a nivel de explotación, debe tenerse en cuenta la variabilidad existente en los residuos de N mineral en suelo al comienzo del otoño en toda la superficie que conforma la explotación. Cabe destacar, la importancia de la optimización de las prácticas agrícolas en zonas donde tiene lugar la renovación de praderas o tras cultivos de maíz, evitando en lo posible terrenos desnudos que pueden incrementar la lixiviación de nitrato.

Bibliografía

MARY, B.; BEAUDOIN, N.; JUSTES, E.; MACHET, J.M., 1999. Calculation of nitrogen mineralization and leaching in fallow soils using a simple dynamic model. *European Journal of Soil Science*, **50**, 549-566.

NOVOA, R.; CASTRO, J.; BÁEZ, D., 2005. Balances de nutrientes como herramientas para la evaluación de las sostenibilidad de las explotaciones de vacuno de leche en Galicia. *Actas de la XLV Reunión Científica de la SEEP. Producciones agroganaderas: Gestión eficiente y conservación del medio natural*, **I**, 183-190.

Agradecimientos

El trabajo ha sido financiado por el proyecto “Green Dairy”, Sistemas ganaderos de vacuno de leche ambientalmente sostenibles en el Espacio Atlántico. Programa Interreg IIIB-Arco Atlántico (Fondos Europeos para el Desarrollo Regional).

NITROGEN BALANCE AND NITRATE LEACHING LOSSES IN A DAIRY EXPERIMENTAL FARM BASED ON GRAZING

Summary

The experiment was carried out at CIAM research Centre (north-western Spain). During two years, 2004 and 2005, nitrogen (N) farm-gate balances were determined for the dairy herd. For this purpose, N inputs, coming from fertilizers, feeds, animals, symbiotic fixation, and N outputs, coming from milk, meat, harvests, manure exported, were taken into account. In order to determine nitrate leaching losses the methodology used for the calculations is described and the results are discussed in terms of crops (grassland and maize) and management (rotational grazing, grazing+silage cuts and different fertilization).

In a dairy production system based on grazing, the N surplus obtained from farm-gate balance calculation accounted a mean value (2004 and 2005) of 135 kg N ha⁻¹. Nitrate leaching losses represented percentages of 20 % and 36 % of this N surplus in 2004 and 2005 respectively. Whereas no differences in N surpluses between years were observed, nitrate losses differed from one year to another. Thus, this figure should not be used as a good environmental indicator. In case nitrate losses are to be calculated the intra-farm variability in soil mineral N (0-90 cm) just before the drainage period (autumn-winter) starts, should be determined. Finally, emphasize the risk of nitrate leaching losses in those fields where old-grasslands are ploughed and maize crops are grown in summer, and consequently bare-soil-fields should be avoided.

Key words: Farm-gate nutrient balances, experimental farm, N losses, soil mineral N.

¿SIRVEN LAS TÉCNICAS PARTICIPATIVAS EN LA ORDENACIÓN DEL PASTOREO?

JAVIER MATA, y LUIS ALBERTO BERMEJO.

Universidad de La Laguna. Departamento de Ingeniería, Producción y Economía Agraria. Carretera de Geneto nº 2. 38201 La Laguna.

Teléfono: 34 922 318544 – Fax: 34 922 318543

jmata@ull.es

Resumen

Las técnicas participativas, bajo las metodologías de Diagnóstico Rural Participativo (DRP), aportan elementos importantes para la implicación de la población en la ordenación de las actividades agrarias en general y del pastoreo en particular. La cuestión clave es de qué manera integrar el conocimiento y las categorías de clasificación y zonificación locales en la ordenación de esta actividad. En este trabajo tratamos de aproximarnos a las técnicas participativas de diagnóstico y planificación y su aplicación a la ordenación de los pastos y su aprovechamiento. Tras una descripción de las bases metodológicas de la participación, nos acercamos a los procedimientos y protocolos más comunes en el DRP, para terminar comentando de forma breve los resultados más interesantes. Tanto la zonificación participativa de los recursos, el inventario de las especies vegetales más importantes y la clasificación participativa de las explotaciones ganaderas son los resultados más relevantes, así como, de manera destacada, el cuadro de relaciones entre todos los agentes sociales que tienen que ver con el uso ganadero del territorio.

Palabras clave: participación, pastoreo, conocimiento local

Introducción

Los trabajos y planteamientos que se describen, se inician en Espacios Naturales Protegidos (ENPs) de Canarias en el año 1997 y están vinculados, inicialmente, a problemas relacionados con el impacto que, sobre el territorio, tiene la actividad ganadera extensiva. Ante esos problemas algunos Cabildos Insulares, encargados de la gestión de los ENPs, deciden estudiar con profundidad y objetivamente el origen de los mismos, así como diseñar líneas de actuación y propuestas que los subsanen, para lo cual se firman diversos convenios de colaboración con la Universidad de La Laguna, coordinados por el Área de Producción Animal.

Inicialmente la investigación se centra en aspectos técnicos relacionados con la caracterización de los sistemas de producción animal y con la potencialidad productiva del territorio, en la línea clásica de establecer relaciones lineales entre la Carga Ganadera (CG) y la Capacidad de Carga Ganadera (CCG) del territorio (Mata *et al.*, 2000). Con posterioridad, y conforme se va avanzando, se va incorporando una visión integral e interdisciplinar de las situaciones, en el convencimiento cada vez más firme de que la actividad ganadera extensiva vinculada al pastoreo, engloba aspectos medioambientales, sociales y económicos y por tanto la gestión eficaz también tiene que tenerlos en cuenta, buscando sus sinergias (Mata *et al.*, 2001), máxime si consideramos que en general suele haber un alto nivel de conflicto entre las administraciones públicas, responsables de la planificación y la gestión del territorio y sus recursos, y los usuarios y/o propietarios de los mismos.

Actualmente las propuestas y las actuaciones se estudian, se discuten y valoran, se ejecutan, se evalúan y se mantienen o no, en función de su eficacia e interés. Todo en un marco metodológico que pasa por la recogida sistemática y rigurosa de la información, su procesado

mediante Bases de Datos relacionales vinculadas a Sistemas de Información Geográfica y el apoyo en las técnicas de Diagnóstico Rural Participativo (DRP), que permiten integrar de forma directa y eficaz el conocimiento local con la tecnología e involucrar a los ganaderos en la gestión. En este trabajo se hace especial hincapié en los aspectos relacionados con el DRP y su utilidad a la hora del diagnóstico de los problemas y de la aplicación de propuestas encaminadas a la gestión.

Material y métodos

La participación de la población, en la toma de decisiones y diseño de estrategias de desarrollo, es un aspecto clave, tanto desde el papel que juega el conocimiento local en la investigación, como por la importancia de que los propios ganaderos asuman las actividades que se llevan a cabo en las diferentes zonas. Las metodologías participativas resultan una herramienta de gran utilidad en la aplicación práctica del trabajo de los investigadores. En este sentido, el DRP se destaca como un procedimiento sistemático eficaz. Durante estos años se ha trabajado en cuatro islas, con alrededor de 100 ganaderos que practican pastoreo en 8 ENPs, aplicando las herramientas y metodología propuestas por Ardón (2000).

Los datos obtenidos se comprobaron a través del proceso de triangulación sobre tres elementos: i) composición del grupo, variando la composición de éste entre agentes locales, técnicos y población, ii) fuentes de información y iii) técnicas, utilizando diferentes herramientas con el mismo objetivo, según lo propuesto por Schönhuth y Kievelitz (1994).

La estructura del trabajo de campo ha seguido el siguiente procedimiento:

1. Contacto con los técnicos locales que tienen alguna relación con el sector. Contacto y conversaciones no formales con líderes locales de la zona.
2. Determinación de temas clave de trabajo en función de las diferentes conversaciones (técnicos – líderes locales).
3. Trabajo formal de campo. Este trabajo consistió en la aplicación de las diferentes técnicas con los ganaderos (Tabla 11), con el objetivo de identificar tanto los aspectos sociales como los relacionados con el uso de los recursos, tanto individual como en grupo.
4. Devolución y validación de la información recogida en el informe. De cara a la confirmación de la validez de la información, así como para la aceptación, por parte de la población, del conjunto del documento de diagnóstico, se realiza una reunión final donde se decidirán las acciones a emprender.

Tabla 1. Técnicas utilizadas durante el trabajo de campo y objetivos

TÉCNICA	OBJETIVO	TEMAS
Mapa parlante	Cartografía de los recursos de uso ganadero	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cartografía de los pastos por tipos
Jerarquización	<ol style="list-style-type: none"> 1. Detección de la importancia de distintos aspectos relacionados con los sistemas de producción 2. Identificación de las categorías locales de análisis de la realidad 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Estructura de la propiedad de los pastos ▪ Apetecibilidad y preferencia de las especies forrajeras más utilizadas ▪ Importancia de las actividades económicas en la zona
Calendario anual	Conocer las actividades agrícolas y ganaderas en la zona a lo largo del año, de cara a ubicar las fases principales del trabajo agrario en la zona	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ubicación mensual de las actividades agrarias anuales en la zona
Línea de tendencia	Determinación de la percepción local de la tendencia de diferentes aspectos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Evolución de la calidad de vida de la población
Horario diario	Distribución de las horas por día de trabajo	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Organización de las horas diarias de trabajo en las explotaciones, en función del tipo de sistema de producción
Juego sociológico	Conocer las categorías locales de diferentes aspectos de la comunidad	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Organización de las diferentes explotaciones de la zona en función de la calidad de sus instalaciones ▪ Análisis de las dificultades para alcanzar las situaciones ideales
Sociograma	Conocer las relaciones y estructuras de poder entre las distintas entidades o individuos involucrados	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Análisis de las dificultades para alcanzar las situaciones ideales ▪ Orientación sobre los interlocutores válidos
Diagrama histórico	Determinar la evolución histórica de diferentes aspectos de la comunidad y sus actividades económicas	
Línea de tiempo	Determinar la evolución mensual de diferentes variables relacionadas con la comunidad, las actividades económicas y los ciclos naturales	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Evolución anual de la productividad de los pastos de las distintas zonas
Estudio de proceso	Determinación de las tareas propias de cada uno de los procesos a investigar	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Análisis de los procesos de elaboración del queso artesano en la zona

Votaciones **Jerarquización de las propuestas locales para el desarrollo de la ganadería en las zonas de estudio** **Elección mediante la votación de las propuestas en función de la prioridad de actuación**

Los resultados, directrices y propuestas que emanan de las metodologías participativas se integran y se combinan (Figura 1) con los resultantes de los trabajos técnicos y científicos (determinación de Carga y Capacidad de Carga Ganadera, Factor de Utilización, seguimiento de indicadores de impacto, etc.), buscando establecer una estructura de planificación dinámica que aprenda de sus propios errores.

DISEÑO DEL PLAN

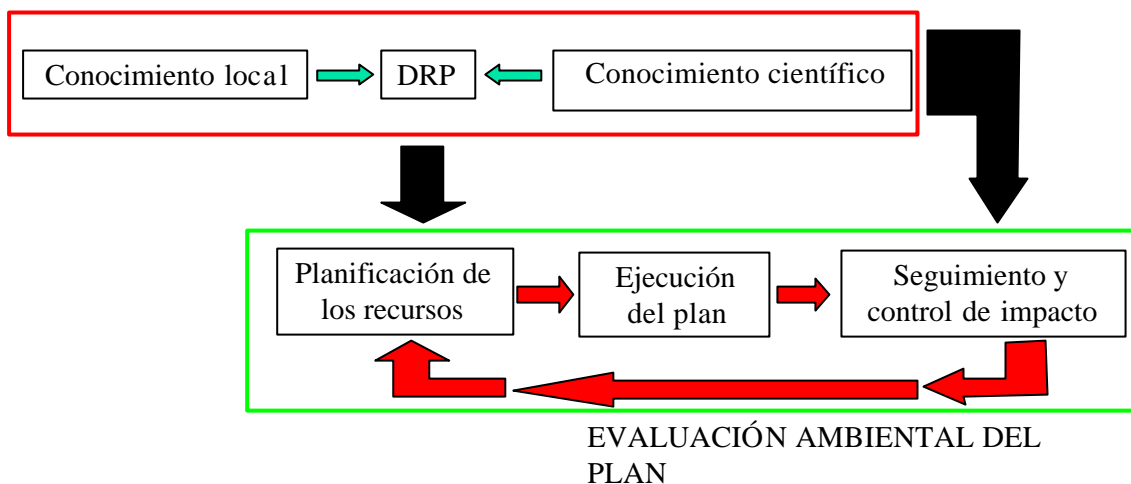


Figura 1.- Estructura de los flujos de información y de toma de decisiones en un esquema integrado de gestión.

Resultados

Dadas las características peculiares de la metodología utilizada, los resultados son mayoritariamente de tipo cualitativo y diversos, en función de los distintos entornos sociales y medioambientales en los que se desenvuelve la actividad ganadera, abarcando un amplísimo espectro de temas que exceden el objetivo y ámbito de este trabajo.

En concreto los resultados que se presentan a continuación se refieren a la zonificación realizada por los propios ganaderos (Tabla 2), en las distintas islas y en distintos procesos de DRP. Esta información se digitaliza y se establece como criterio de referencia en la determinación de las Unidades de Manejo (UM) en las que posteriormente se divide el territorio, de cara a los posteriores programas o planes de gestión

Tabla 2. Número de Unidades de Manejo establecidas en distintos ENPs de las Islas Canarias, teniendo como criterio de referencia la zonificación realizada por los ganaderos.

ISLA	Tipos de pasto (UM)	Nº de ganaderos	Nº de ENPs considerados	Has. pastoreadas
Tenerife	5	52	2	22.000
La Gomera	5	15	2	2.800
La Palma	15	19	3	34.000
Fuerteventura	7	20	1	14.000

Junto con la zonificación se incorporan los criterios que los ganaderos han tenido para establecerla, constatándose una gran riqueza de matices que aportan datos clave a la hora de entender las prioridades y los elementos que, según ellos, condicionan el uso del territorio. En este sentido y sin ánimo de profundizar conviene señalar que entre estos criterios nos encontramos con el tipo de suelo, la orientación, la altitud, la duración de los pastos, la abundancia de determinadas especies, la época de uso, etc.

Comparando los datos de producción primaria (Tabla 3) en distintos ENPs se observa que las mayores diferencias se dan al comparar entre UM (obtenidas partir de la zonificación realizada por los ganaderos), más que entre SITIOS o Unidades Agroecológicas Homogéneas, establecidas por el equipo investigador en base a criterios objetivos.

Tabla 3. Análisis de varianza con la producción primaria (Peso seco (gr ms m^2) de los ENPs, de las islas de La Gomera y Tenerife, como variable dependiente.

	F	Significación
UNIDAD DE MANEJO	7,33	0,000***
MES * SITIO	8,88	0,000***
MES	2,98	0,008**
UNIDAD DE MANEJO * SITIO	3,25	0,026*
SITIO	2,31	0,027*
UNIDAD DE MANEJO * MES	3,05	0,052
ALTITUD	3,60	0,061
AÑO	2,45	0,069
DISTANCIA AL MAR	2,42	0,123
	R²	0,58

Discusión

Los datos objetivos que se desprenden de la Tabla 3 son, a nuestro juicio, suficientes para validar y justificar la utilidad de las técnicas participativas en la gestión del pastoreo.

Desde el comienzo de las investigaciones nos planteamos, por una cuestión básicamente funcional, la necesidad de incorporar, de alguna manera, el conocimiento local a los trabajos de campo. Las razones fundamentales son dos. Por un lado, la necesidad de obtener información que recogiera las categorías locales, basándonos en el convencimiento de que la visión de los ganaderos era más compleja que la visión de los investigadores, centrados en aspectos concretos de la realidad. Por otro lado, la necesidad de alcanzar a diseñar un modelo de planificación del

uso de los recursos, que fuera resultado de la integración del conocimiento local y el conocimiento científico.

Sánchez de Puertas (1996) plantea que la relación que existe entre los actores que participan en dicho proceso, puede ser analizada desde dos puntos de vista. Por un lado, el enfoque convencional, que plantea las relaciones entre actores, como un teatro cartesiano, es decir analizadas como intercambios cuantificables de información. Por otro lado, el planteamiento de estas relaciones como un teatro humano, es decir donde se produce la intervención de intereses, negociaciones, relaciones de poder y otros.

En este sentido, los resultados de los trabajos de DRP, demuestran específicamente la importancia que tienen las categorías locales, resultado de las relaciones entre actores del desarrollo. Este hecho se pone de manifiesto al observar, durante el DRP, que la clasificación de la estructura de la propiedad de la tierra tiene más categorías que las oficiales. Esto es consecuencia del proceso de retroalimentación en la relación que existe entre ganaderos y propietarios. Dicha relación, ha provocado que se generen nuevas categorías que son específicas de la situación y entorno estudiados, que aplicando las metodologías convencionales de diagnóstico (encuesta) no se recogerían, quedando enmascaradas. Este es el mismo caso de la calificación de las distintas especies forrajeras, que se realiza durante el DRP, donde la elección está relacionada con múltiples factores, como la dificultad de recolección o época de corte más que con la productividad o calidad. Por esta razón, varios autores (Chambers, 1999, Bermejo *et al.*, 2001) dan un peso fundamental a las categorías locales en el diagnóstico de la realidad a nivel local, como base para el desarrollo tecnológico. En este sentido, Mathieu y Fiorelli (2002) tratan de incorporar el enfoque local a la planificación de la rotación de pastos, diagnosticando las dificultades a partir de los criterios locales. Stoddart (1960 cit. Bartels y cols., 1993) plantea esta estrategia como única posibilidad en ambientes desequilibrados, ya que el valor de capacidad de carga y factor de uso, no son suficientes al tratarse de una simplificación de una realidad compleja, que incluye la relación animal – ecosistema, y su interacción con el hombre

Conclusiones

Más allá de las metodologías científicas, las técnicas participativas se revelan como un elemento clave para comprender y gestionar los sistemas en pastoreo.

Bibliografía

ARDÓN, M. 2000. Guía metodológica para la Sistematización Participativa de Experiencias en Agricultura Sostenible. PASOLAC Programa para la Agricultura en Laderas de América Central. Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE). Honduras. 52.

BARTELS, G.B., NORTON, B.E., PERRIER, G.K. 1993. An examination of the Carrying Capacity Concept. En: Behnke, R.H., Scoones, I. y Kerven, C. (1993) Range Ecology at Disequilibrium. New models of natural variability and pastoral adaptation in Africa Savannas. Gran Bretaña. 89 - 103.

BERMEJO, L.A., MATA, J., MOLINA, C. Y CAMACHO, A. 2001. La evaluación participativa de los recursos naturales y el desarrollo rural. En: II Curso Internacional sobre la Conservación y utilización de las razas Animales Locales en Sistemas de Explotación Tradicionales. ISBN: 84 – 95609 – 07 – X. España

CHAMBERS, R. 1999. Relaxed and participatory appraisal. Notes on practical approaches and methods. PRA familiarisation workshops. Institute of Development Studies. Gran Bretaña. 19.

MATA, J., BERMEJO, L.A., DELGADO, J.V., CAMACHO, A. Y FLORES, MP. 2000. Estudio del uso ganadero en espacios protegidos de Canarias. Metodología. Archivos de Zootecnia, 2000;49 (185 – 186). España. 275 – 284.

MATA, J., BERMEJO, L.A. Y CAMACHO, A. 2001c. Uso ganadero del territorio en Canarias: Parque Rural de Valle Gran Rey. La Gomera. I.S.B.N. 84-932068-3-0. Libro electrónico. España.

MATHIEU, A. Y FIORELLI, J.L. 2002. Some difficulties in rotational grazing management linked to farmer's conception of time and space. En: Durand, J.L., Emile, J.C., Huyghe, Ch., Lemaire, G. (Eds.) (2002) Multi – function grasslands. Quality Forages, Animal Products and Landscapes. Grasslands Sciences in Europe. Francia. Volume 7. Francia. 940 – 941.

SÁNCHEZ DE PUERTAS, F. 1996. Extensión y desarrollo rural. Sobre la evolución de las teorías y praxis extensionistas. Serie Estudios nº 123. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. España. 551

SCHÖNHUTH, M. Y KIEVELITZ, U. 1994. Diagnóstico Rural Participativo. Diagnóstico Rural Rápido y Participativo. Métodos participativos de diagnóstico y planificación en la cooperación al desarrollo. Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit. Alemania. 135.

ARE PARTICIPATIVE TECHNIQUES USEFUL FOR GRAZING PLANNING?

Abstract

Participative techniques within methodologies of Participative Rural Appraisal (PRA), contributes important elements in order to involve population in planning of agricultural activities in general and grazing in particular. A key question is how to integrate local knowledge and local categories of classification and zoning in grazing planning. In this work we attempt an approach to participative techniques of diagnostic and its application in planning and use of pastures. After a description of the methodological basis of participation, we approach the more common procedures and protocols in PRA, finishing with a brief comment about the most interesting results. Participative zoning of resources, the inventory of the key plant species and the participative classification of livestock farms are the most relevant results; in addition the map of relations, among all social agents that have to do with livestock use of the territory, provides significant results.

Key words : participation, grazing, local knowledge

PROYECTO GREEN DAIRY: BALANCES DE N-P Y MARGENES ECONOMICOS A NIVEL DE EXPLOTACIÓN

Oscar del Hierro, Ainara Artetxe y Miriam Pinto

NEIKER – Tecnalía / Dpto. de Agroecosistemas y Recursos Naturales
Parque Tecnológico de Zamudio – P. 812
Berreaga, 1. 48160 Derio (Bizkaia)
Telf.: +34 902 540 546 Fax: +34 902 540 547
odelhierro@neiker.net

Resumen

Durante el periodo 2003-2006, 139 granjas comerciales de vacuno lechero distribuidas a lo largo de 9 regiones y 5 países del Arco Atlántico fueron estudiadas dentro del III Programa Interreg en el Marco del Área Atlántica. Los principales objetivos fueron el estudio de los balances de nitrógeno (N) y fósforo (P) a nivel de explotación, así como, el análisis del margen económico del vacuno de leche en relación al manejo de las explotaciones.

En las regiones del Norte (Escocia, el Sur de Irlanda y el Suroeste de Inglaterra), donde el manejo se basaba en el pastoreo, el exceso (surplus) anual medio de N para los tres años de estudio fue de 134-266 kg N ha⁻¹. En el caso del P, el surplus osciló entre 18-40 kg P₂O₅ ha⁻¹. El margen económico varió entre 202-243 €1000 L⁻¹. En las regiones del Sur (País Vasco, Galicia y el Norte de Portugal), caracterizadas por una densidad ganadera elevada y dietas con alto nivel de concentrados, los surplus anuales medios fueron de 257-502 kg N ha⁻¹ y de 84-163 kg P₂O₅ ha⁻¹, para el N y P, respectivamente. El margen económico varió entre 184-211 €1000 L⁻¹. En las regiones Francesas (Bretaña, el País de Loira y Aquitania), con explotaciones con más del 30 % de su superficie dedicada al cultivo del maíz forrajero, los surplus medios fueron de 93-155 kg N ha⁻¹ y de 22-49 kg P₂O₅ ha⁻¹. El margen económico varió entre 248-285 €1000 L⁻¹.

Las regiones del Sur eran las que recibían los mayores ingresos por la venta de leche a la industria. No obstante, debido a los costes generados por la compra de fertilizantes y de alimentos para el ganado, presentaron los márgenes económicos finales más bajos. En el otro extremo se encontraban las regiones del Norte, que recibiendo los menores ingresos procedentes de la venta de leche, consiguieron márgenes económicos superiores a los de regiones del Sur al presentar costes de fertilizantes y alimentación más reducidos. Las diferencias existentes en los márgenes económicos entre las regiones se compensaron por la diferencia en la producción de leche.

Palabras clave: granjas piloto, balance de N, balance de P, surplus, Arco Atlántico, vacuno de leche

Introducción

La actividad ganadera provoca un gran consumo de fertilizantes y de alimentos en forma de forrajes y concentrados con el fin de mantener altas producciones de leche. Esta masiva entrada de nutrientes al sistema conlleva la existencia de un exceso de nutrientes que provoca la acumulación de los mismos en el suelo con el consiguiente riesgo de exportación de los nutrientes hacia los recursos hídricos y a la atmósfera. Con el objetivo de reducir el impacto de la actividad agraria en las aguas, han surgido una serie de directivas desde la década de los años 90, como la Directiva de nitratos (91/676/EC), Directiva Marco del Agua (2000/60/EC) y la Ecocondicionalidad (1728/2003/EC).

Los ganaderos han tenido, por tanto, que adaptarse a las nuevas tendencias del mercado, y al mismo tiempo ser más respetuosos con el medio ambiente, teniendo que modificar prácticas de manejo del pasado y realizando inversiones con el fin de ajustarse a la legislación vigente. En este contexto surgió el proyecto Green Dairy III B N° 100 (financiado por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional –FEDER- dentro del III Programa Interreg en el marco del Área Atlántica) que integró granjas especializadas en la producción lechera a lo largo de 9 regiones de cinco países en la zona oeste del Marco Atlántico: Irlanda, Reino Unido, Francia, España y Portugal. Este proyecto tuvo una duración de tres años, iniciando su andadura en octubre de 2003 y finalizando en diciembre de 2006, periodo durante el cual se formó una red de investigadores, técnicos y ganaderos alrededor de 139 granjas piloto en el Área Atlántica.

Entre los objetivos de la red Green Dairy, el presente trabajo se centra en determinar los balances de N y P a nivel de explotación en función de su manejo, con el fin de conocer el exceso o surplus de estos elementos ya que pueden dar lugar a impactos ambientales en aguas, suelo y atmósfera. Así mismo, se estudia la influencia de los distintos manejos sobre el margen económico de la explotación.

Los datos que se presentan fueron recogidos en el seminario final del proyecto que tuvo lugar en diciembre del 2006 (Institut de l'Élevage, Proceedings of the final Seminal of the Green Dairy Project, 2006, Rennes, France).

Materiales y Métodos

Se estableció una red de 139 explotaciones ganaderas de vacuno de leche, dedicadas principalmente a la producción y venta de leche. Las 139 granjas piloto se ubicaban en 9 regiones de 5 países del Arco Atlántico. Las explotaciones del sur no habían estado anteriormente integradas en ninguna red de estudio, fueron elegidas en base a su viabilidad técnico-económica en los próximos 5-10 años; por el contrario las explotaciones del norte y las francesas que habían estado anteriormente integradas en redes de estudio técnico-económicas.

Los datos se han dividido en tres grupos (Tabla 1): el grupo de las regiones del Norte (Escocia, Sur de Irlanda y el suroeste de Inglaterra) cuyo sistema productivo estaba basado en praderas permanentes de larga duración y pastoreo del ganado. Un segundo grupo con las regiones Francesas (Bretaña, País de la Loira y Aquitania) cuyo sistema se basaba en un equilibrio entre el pastoreo y el maíz forrajero. Y finalmente, un tercer grupo integrado por las regiones del Sur (País Vasco, Galicia y Portugal) con sistemas muy intensivos donde apenas se pastoreaba y con muy altos niveles de concentrados en la dieta.

Tabla 1. Características generales de las regiones del Green-Dairy.

	Región Norte: Pasto			Región Francesa: Pasto+Maíz			Región Sur: Concentrado		
	Sco.	Sur Irl.	SO Ingl.	Br.	P.D.L.	Aqu.	P.V.	G.	N.P.
Centro de Investigación	SAC	TEAGASC	IGER	CRAB	Inst. de l'Élevage		NEIKER	CIAM	UTAD
Manejo	Pastoreo	Pastoreo intensivo			Pastoreo + silo maíz			Intensivo - Concentrados	
Nº de explotaciones	10	24	13	15	13	9	16	18	21
Nº de vacas explotación ⁻¹	159	82	165	45	56	53	99	74	88
Cuota lechera (miles L)	1163	438,6	846,4	288	380,6	388,4	908	659,6	712
Venta leche (L vaca ⁻¹)	7515	5487	6 565	6 733	7 084	7 881	8 966	8 529	8 690
Venta leche (L vaca ⁻¹ ha ⁻¹)	7 974	8037	9 867	5 493	5 039	6 078	17 577	19 851	35 687
SAU (ha)	167	58	110	57	82	69	58	32	22
FA/AA (%)	99	100	92	79	74	52	99	100	100
Praderas / FA (%)	94	100	84	70	65	39	88	58	0
Maíz / FA (%)	6	0	16	30	35	61	12	42	100
Concentrados (kg vaca ⁻¹)	2 175	581	1 605	926	1 494	1 772	3 922	3 584	3 339

AA = área agrícola; FA = área forrajera usada para producción lechera. Sco: Escocia; S. Irl: Irlanda; SO.Ingl.:Suroeste de Inglaterra; Br: Bretaña; P.D.L.:País del Loira; Aqu: Aquitania; P.V.: País Vasco; G:Galicia; N.P.: Norte de Portugal

Los datos de las granjas fueron recogidos según la metodología propia del “Intitute de l’Elevage” y del “Chambers de la Agricultura” en Francia. Con dicha información, y para las 139 explotaciones, se calcularon anualmente para el periodo 2004-2006 los siguientes indicadores: carga ganadera por unidad de superficie agrícola, nitrógeno orgánico procedente de las deyecciones por unidad de superficie, fertilizante nitrogenado mineral por unidad de superficie, balances de N y P a nivel de explotación y margen económico.

Para el cálculo de los balances de N y P a dicha escala, se consideraba la explotación como una caja negra donde las entradas y salidas de N y P se contabilizaban, pero no se consideraban los flujos internos, esto es las transformaciones internas. Las entradas al sistema procedían de diferentes vías: fertilización mineral, importación de fertilizante orgánico de granjas vecinas, fijación del N por las leguminosas, compra de forrajes y concentrados, así como la deposición atmosférica. Las salidas del sistema eran: productos animales (leche y carne), venta de cultivos, venta de animales y exportación de purín o estiércol. Para cada granja se calculó el balance de N y de P por unidad de superficie mediante la diferencia entre las entradas y salidas.

En cuanto al margen económico, se optó por este indicador porque representaba un enfoque común válido y sobre todo sencillo. El margen de cada granja se calculó como la diferencia entre los ingresos y los costes, considerando sólo los ingresos percibidos por la leche vendida y los gastos derivados de la compra de fertilizantes, concentrados y forrajes. Los datos económicos fueron proporcionados por los propios ganaderos o por los centros de gestión de cada región.

Resultados y Discusión

El N orgánico por hectárea generado a partir de las excretas del ganado aumentaba a medida que lo hacía la densidad ganadera (UGM ha⁻¹) de las explotaciones (Tabla 2). Así el N orgánico por hectárea varió desde los 94 kg N ha⁻¹ AA en Aquitania (1,2 UGM ha⁻¹) hasta los 448 en el Norte de Portugal (6,1 UGM ha⁻¹). En general, el N orgánico por hectárea y la densidad ganadera fueron mayores en las regiones del Sur, intermedias en las del Norte y menores en las Francesas. Además, en las explotaciones del Sur el N orgánico se generaba en los edificios durante la estabulación, lo que derivaba en la necesidad de una gran capacidad de almacenamiento. En el otro extremo se encontraban las explotaciones del Norte, donde entre el 50-70 % del N era excretado durante el pastoreo.

Tabla 2. Carga ganadera, N orgánico, N mineral y N total por unidad de superficie.

	Reg. N. : Pasto			Reg. Fr. : Pasto+Maíz			Reg. S.: Concentrado		
	Sco.	Sur Irl.	SO Ingl.	Br.	P.D.L.	Aqu.	P.V.	G.	N.P.
UGM ha ⁻¹	1,6	2,1	2,2	1,4	1,3	1,2	2,7	3	6,1
Kg N orgánico ha ⁻¹	170	245	230	130	97	94	270	267	448
Kg N mineral ha ⁻¹	114	269	234	57	66	147	28	136	212
Kg N Total (org + min) ha ⁻¹	284	514	464	187	163	241	298	403	660
P ₂ O ₅ mineral ha ⁻¹	30	25	30	10	13	54	23	80	68
Estabulación+ordeño (%)	50	30	50	55	60	80	100	100	100

La fertilización mineral presentó un rango desde los 28 kg N ha⁻¹ en el País Vasco hasta los 269 kg N ha⁻¹ del Sur de Irlanda, siendo mayor en las explotaciones del Norte debido a la fertilización que recibían las praderas, puesto que la alimentación ganadera se basaba en el pastoreo. En Galicia y Portugal los elevados niveles de fertilización se debieron al elevado porcentaje de superficie cultivada con maíz (Tabla 1); lo mismo ocurrió en el caso del P mineral aplicado por hectárea.

Balance de nitrógeno a nivel de explotación

En la Tabla 3 se reflejan las entradas y las salidas de N, el balance y la eficiencia para cada una de las regiones que integraban la red Green Dairy. El balance de N varió desde los 93 kg ha⁻¹ en el País del Loira hasta los 502 en el Norte de Portugal. En las regiones del Norte, más del 60 % de las entradas totales procedían de la fertilización mineral, siendo de 114 kg ha⁻¹, 269 kg ha⁻¹ y 234 kg ha⁻¹ para Escocia, el Sur de Irlanda y el Sur de Inglaterra, respectivamente. En el otro extremo se encontraban las explotaciones situadas en el Sur, donde más del 66 % de las entradas procedían de la compra de alimentación (concentrados y forrajes), superándose los 300 kg N ha⁻¹. En Galicia y en el Norte de Portugal la fertilización mineral supuso el 30 % y el 28 % de las entradas totales al tener una gran superficie dedicada al cultivo del maíz (42 % en Galicia y 100 % en el Norte de Portugal, Tabla 1).

Tabla 3. Balance de Nitrógeno de las granjas piloto del Green-Dairy (media 2003-2006).

	Reg. N. : Pasto			Reg. Fr. : Pasto+Maíz			Reg. S.: Concentrado		
	Sco.	Sur Irl.	SO Ingl.	Br.	P.D.L.	Aqu.	P.V.	G.	N.P.
<i>Fertilización mineral</i>	114	269	234	57	66	147	28	136	212
<i>Fijación N</i>	1	0	1	22	14	0	7	0	0
<i>Estiércoles y Purines</i>	0	0	0	21	12	0	0	0	0
<i>Alimentación</i>	63	32	82	85	59	81	315	319	524
<i>Animales</i>	3	0	13	8	3	10	4	2	18
Entradas totales (kg N ha⁻¹)	181	301	330	193	154	238	352	457	754
<i>Leche</i>	43	47	54	31	27	30	86	98	180
<i>Animales</i>	4	14	6	25	7	5	7	10	22
<i>Cultivos</i>	0	0	4	16	27	48	0	0	10
<i>Purines</i>	0	0	0	4	0	0	2	0	40
Salidas totales (kg N ha⁻¹)	47	61	64	76	61	83	95	108	252
SURPLUS (kg N ha⁻¹)	134	240	266	117	93	155	257	349	502
<i>SURPLUS (kg N 1000L⁻¹)</i>	16	28	27	22	19	26	14	18	15
<i>Eficiencia(%)</i>	26	20	19	39	40	35	27	24	33

En cuanto a las salidas, la leche constituyó más del 90 % de las exportaciones totales en la región del Norte y del Sur, mientras que la importancia de la exportación de N mediante la leche era menor en la zona Francesa, donde adquiriría más importancia la exportación del cultivo, que constituyó desde el 20 % de las salidas totales, en el caso de la Bretaña Francesa, hasta el 58 % en Aquitania. Las salidas totales constituyeron únicamente entre el 19 % y el 40 % de las entradas acumulándose el resto en el suelo, lo que aumentaría el riesgo de exportación de los nutrientes hacia los recursos hídricos superficiales y subterráneos o su emisión a la atmósfera (Tabla 3).

En el País Vasco y, en general en la región Sur, se observó un surplus de N elevado por unidad de superficie (257 kg N ha⁻¹) pero, bajo si se expresaba por 1000 L de leche producida (14 kg N 1000 L⁻¹) debido a la alta producción y la baja densidad ganadera (17577 L ha⁻¹ y 2,7 UGM ha⁻¹, Tabla 1).

Relación entre el exceso de N y la producción de leche por hectárea

El surplus de N por hectárea presentaba una buena correlación ($R^2=0,77$) con el nivel de intensificación (litros de leche producidos por hectárea). Para la misma producción lechera el rango del surplus de N podía variar acorde con el manejo de la explotación y con la venta de cultivos, tal es el caso de las explotaciones de Aquitania donde la venta de cultivos constituía el 58 % de las exportaciones totales y el balance era mejorado. (Tabla 3).

Balace de fósforo a nivel de explotación

En las regiones del Sur, el 66 % de las entradas totales procedían de la alimentación (concentrados y forrajes), con rango comprendido entre 103 kg P₂O₅ ha⁻¹ en el País Vasco hasta 150 kg P₂O₅ ha⁻¹ en el Norte de Portugal (Tabla 4). La mayor fertilización mineral media se presentó en el Norte de Portugal y Galicia, con dosis de 68 y 80 kg P₂O₅ ha⁻¹, respectivamente.

En cuanto a la eficiencia, en el País del Loira y en el Sur de Irlanda la baja fertilización mineral (13 y 25 kg P₂O₅ ha⁻¹, respectivamente) y el ajustado aporte de fósforo en la dieta (23 y 16 kg P₂O₅ ha⁻¹, respectivamente) ocasionaron eficiencias muy elevadas (57 y 62 %, respectivamente). En el caso del País Vasco, la eficiencia del fósforo fue más baja (35 %), indicando un posible aumento del contenido de fósforo en el suelo y, por tanto, el incremento del riesgo de exportación hacia los recursos hídricos. De hecho, hay estudios en los que se observaron elevados contenidos de P en pastos del País Vasco (Artetxe *et al.*, 2007).

Tabla 4. Balance de Fósforo de las granjas piloto del Green-Dairy (media 2003-2006) por regiones

	Reg. N. : Pasto			Reg. Fr. : Pasto+Maíz			Reg. S.:Concentrado		
	Sco.	Sur Irl.	SO Ingl.	Br.	P.D.L.	Aqu.	P.V.	G.	N.P.
Fertilización mineral	30	25	30	10	13	54	23	80	68
Estiércoles y purines	0	6	0	18	12	0	0	0	0
Alimentación	29	16	27	39	23	30	103	130	150
Animales	1	0	6	2	1	4	3	4	4
Entradas totales (Kg P₂O₅ ha-1)	60	47	63	69	49	88	129	214	222
Leche (Kg P ₂ O ₅ ha-1)	18	17	22	12	11	13	37	41	73
Animales+Cultivos (Kg P ₂ O ₅ ha-1)	2	12	6	21	17	25	8	10	33
Salidas totales (Kg P₂O₅ ha-1)	20	29	28	33	28	38	45	51	106
Surplus (Kg P₂O₅ ha-1)	40	18	35	36	22	49	84	163	116
Surplus (kg P₂O₅ 1000 L-1)	5	2	3	5	4	8	5	8	3
Eficiencia (%)	33	62	44	48	57	43	35	24	48

Margen económico

El precio medio de venta de la leche varió desde los 266 €1000 L⁻¹ en Escocia hasta los 337 €1000 L⁻¹ en Galicia (Tabla 5), es decir, había más de un 20 % de diferencia entre el precio mínimo y máximo en las regiones estudiadas. En general, los precios más bajos se observaron en las regiones del Norte.

El gasto por fertilizantes varió desde los 5 €1000 L⁻¹ en el País Vasco hasta los 17 €1000 L⁻¹ en el Sur de Irlanda (Tabla 5). En los sistemas intensivos de las regiones del Sur se observaron costes menores de fertilizante por cada litro de leche vendido; en cambio, el coste de fertilizante por hectárea fue mayor (150 €ha⁻¹ frente a los 110 €ha⁻¹ en las regiones del Norte dedicadas al pastoreo y a los 65 €ha⁻¹ en las regiones Francesas). Esto se debió a la alta producción y a la baja densidad ganadera en estas regiones (17577 L ha⁻¹ y 2,7 UGM ha⁻¹).

Tabla 5. Ingresos por venta de leche, costes de alimentación, de fertilizantes y margen económico, en relación a la producción de leche (medias para el periodo 2003-2006).

	Reg. N. : Pasto		Reg. Fr. : Pasto+Maíz			Reg. S.: Concentrado			
	SCO	Sur Irl.	SO	Ingl.	Br.	P.D.L.	Aqu.	P.V.	G.
Venta de leche (€1000 L ⁻¹)	268	288	266	324	314	322	319	337	300
Costes									
Alimentación (€1000 L ⁻¹)	53	28	43	32	48	60	113	117	110
Fertilizantes (€1000 L ⁻¹)	13	17	15	7	10	14	5	9	6
Margen económico (€1000 L ⁻¹)	202	243	208	285	256	248	201	211	184

En cuanto al gasto dedicado a la alimentación las diferencias oscilaron entre los 28 €1000 L⁻¹ en el Sur de Irlanda, con un aporte de 580 kg de concentrado por vaca y año, hasta los 117 €1000 L⁻¹ en Galicia con un aporte medio de 3584 kg de concentrado por vaca y año (Tabla 1 y Tabla 5). En las regiones Francesas, con un aporte de concentrados entre los 1500 y los 2000 kg, el gasto en alimentación varió entre 30 y 60 €1000L⁻¹.

Por tanto, hubo una relación entre el tipo de manejo existente en la explotación y los costes de alimentación y de fertilizantes asociados al mismo. En las explotaciones del Norte, con manejos donde predomina el pastoreo, el gasto total por fertilizantes y por alimentación osciló entre los 45 €1000 L⁻¹ en el Sur de Irlanda hasta los 66 €1000 L⁻¹ en Escocia. Dichos costes fueron muy inferiores a los 118-126 €1000 L⁻¹ existentes en los sistemas intensivos del Sur, donde la producción se basaba en la alimentación con concentrados.

El margen económico, que corresponde a la diferencia entre los ingresos obtenidos por la venta de la leche y los costes asociados a la alimentación y a la fertilización, iba desde los 184 €1000 L⁻¹ en el Norte de Portugal hasta los 285 €1000 L⁻¹ en la Bretaña Francesa.

La gran diferencia existente en el margen económico entre las regiones estudiadas se vio compensada por la producción lechera. Así, en el Sur de Irlanda, los ingresos obtenidos por la venta de la leche quedaban compensados por el bajo coste de la alimentación lo que finalmente redundó en un margen de 243 €1000 L⁻¹. En las regiones del Sur, aun teniendo los mayores ingresos por la venta de la leche, los altos costes en la alimentación dieron lugar a que el margen económico fuera uno de los más bajos (184 €1000 L⁻¹ en el Norte de Portugal).

Relación entre el margen económico y el surplus de N

El margen económico (€1000 L⁻¹) de las explotaciones tendía a disminuir a medida que aumentaba el surplus de N (kg N ha⁻¹), de manera que en las regiones Francesas se observó la mejor combinación margen-surplus (márgenes de 248-288 €1000 L⁻¹ con surpluses de 93-155 kg N ha⁻¹) y en las regiones del Sur la peor (márgenes de 184-211 €1000 L⁻¹ con surpluses de 257-502 kg N ha⁻¹).

Conclusiones

Los balances de N y de P y el margen económico a nivel de explotación presentaron una clara relación con el manejo de la explotación, diferenciándose tres grandes grupos en el Arco Atlántico: las explotaciones del Norte con manejos especializados en el pastoreo mostraron surpluses medio-altos debido a las altas dosis de fertilización mineral. Las regiones Francesas presentaron los mejores balances de N y de P debido a la exportación de nutrientes a través de la

venta de cultivos y al presentar una fertilización mineral y un nivel de concentrados en la dieta medio. En las regiones del Sur, se observaron los balances de N y P más elevados influenciados por la intensificación de dichas regiones.

Bibliografía

INSTITUT DE L'ELEVAGE: Proceedings of the final seminar of the Green Dairy Project. Interreg Atlantic Area III B N°100. Rennes, 13-14 December 2006. ISBN: 2-84148-255-3.

ARTETXE, A., N. BERANO, O. DEL HIERRO, D. MERINO Y M. PINTO. 2007. Excedentes de purines basados en el fósforo en explotaciones de vacuno de Gipuzkoa con riesgo alto de contaminación de aguas por nitrógeno. Actas de la XLVII Reunión Científica de la S.E.E.P. Vitoria-Gasteiz.

GREEN DAIRY PROJECT: NITROGEN AND PHOSPHORUS BALANCES AND ECONOMIC MARGIN AT FARM LEVEL.

Summary

For 3 years (2003-2006), 139 pilot farms distributed over 9 regions of the Atlantic Area were studied within the framework of the Green Dairy Project. The main objectives of this project were: study the nitrogen and the phosphorus balances at farm scale and the analysis of the dairy milk economic margin related with the dairy farm management.

In the North regions (Scotland, Southern Ireland and Southern England), where the systems are based on grazing, the nitrogen average surplus are between 134 and 266 kg N ha⁻¹. The phosphorus surpluses were close to 18 to 40 kg P₂O₅ ha⁻¹. The economic margin varies from 202 to 243 €1000 L⁻¹. In the South regions (The Basque Country, Galicia and North Portugal), the stocking rate is high and the level of concentrates is also high. The nitrogen average surpluses are between 257 and 502 kg N ha⁻¹. The phosphorus surpluses were close to 84 to 163 kg P₂O₅ ha⁻¹. The economic margin varies from 184 to 211 €1000 L⁻¹. In the West of France (Brittany, Pays de la Loire, Aquitaine), the dairy systems monitored are quite diversified, with both grassland systems and systems with more than 30 % of maize in the forage area. The nitrogen average surpluses are between 93 and 155 kg N ha⁻¹. The phosphorus surpluses were close to 93 to 155 kg P₂O₅ ha⁻¹. The economic margin varies from 248 to 285 €1000 L⁻¹.

In Galicia and in The Basque Country, the milk prices are the highest, but the margin is one of the lowest. Indeed, the costs of feed and fertilisers are very high. In the North region although having the lowest milk prices, there is a very good control of feed and fertiliser costs making it possible to have a good margin. The unequal margin between regions is compensated for the milk production volumes.

Key words: pilot farms, N balance, P balance, surplus, Atlantic Area, dairy cow

EXCEDENTES DE PURINES BASADOS EN EL CONTENIDO DE FÓSFORO EN SUELO EN EXPLOTACIONES DE VACUNO DE GIPUZKOA

Ainara Artetxe¹, Nagore Berano², Oscar del Hierro¹, Domingo Merino² y Miriam Pinto¹

¹ NEIKER – Tecnalía / Dpto. de Agroecosistemas y Recursos Naturales
Parque Tecnológico de Zamudio – P. 812
Berreaga, 1. 48160 Derio (Bizkaia)
ahiertetxe@neiker.net

² FRAISORO-Laboratorio Agroambiental
Finca Fraisoro s/n. Apartado 240
20159 ZIZURKIL (GIPUZKOA)

Resumen

La intensificación ganadera y la escisión entre la ganadería y la agricultura han dado lugar a problemas medioambientales, entre los que se encuentra el incremento de las concentraciones de N y P en las aguas. En Gipuzkoa, se realizó un estudio en el que se estimaban, mediante un modelo teórico, diferentes riesgos de pérdidas de N hacia las aguas desde pastos y se localizaron las 407 explotaciones ganaderas más problemáticas en cuanto a pérdidas de N (Del Hierro *et al.*, 2007). En este trabajo se seleccionaron de ellas, 105 explotaciones de vacuno lechero y se determinaron los contenidos de materia orgánica (MO), N total y P en los pastos que utilizaban (2060 ha). En la mayor parte de la superficie analizada estos contenidos fueron altos (más del 10 % de MO en un 41 % de la superficie; más del 0,49 % de N total en un 42 % de la superficie; más de 50 ppm de P en un 43 %) y se estimó que si se fertilizaran los pastos según sus necesidades en P, sobrarían cerca de 300000 m³ de purines en las explotaciones estudiadas. Los riesgos estimados de pérdidas de N (Del Hierro *et al.*, 2007) no se relacionaron, parcela por parcela, con los contenidos en suelo de MO, N total y P, pero a nivel de explotación, 104 de las explotaciones resultaron ser problemáticas también en cuanto a gestión de P se refiere.

Palabras clave: contaminación difusa, P, purines y estiércoles, pastos, vacuno de leche

Introducción

La intensificación ganadera y la escisión entre la ganadería y la agricultura han dado lugar a problemas medioambientales, entre los que se encuentra el incremento de las concentraciones de N y P en las aguas superficiales y subterráneas. Además, el hecho de que las aplicaciones de estiércoles y purines se calculen en función de las necesidades de N de los cultivos agrava los impactos ambientales de la fertilización porque implican un mayor aporte de P del que requiere la planta, puesto que la relación N:P de las deyecciones ganaderas suele ser menor que esta relación en las extracciones de los cultivos (Gburek *et al.*, 2000).

Por otro lado, aunque la solubilidad y movilidad de los fosfatos en suelo es menor que la de los nitratos, también se pueden producir pérdidas de P desde suelos hacia las aguas. Hay muchos estudios en los que se observa que la pérdida de P desde un suelo depende de su contenido en P. Algunos autores establecen un umbral o límite a partir del cual las pérdidas de P por escorrentía se disparan y no son admisibles desde el punto de vista medioambiental. Por tanto, para el manejo del P es importante el margen que existe entre el nivel de P en suelo requerido para una producción de hierba óptima y ese límite máximo admisible desde el punto de vista del medio ambiente (Heckrath *et al.*, 1995; Sims, 1998; Sharpley *et al.* 2003).

En Gipuzkoa, se realizó, entre 2005-2006, un estudio en el que se estimaban diferentes riesgos de pérdidas de N hacia las aguas desde pastos de explotaciones ganaderas y en función de estos

riesgos se determinaron las explotaciones más problemáticas en cuanto a pérdidas de N (Del Hierro *et al.*, 2007). No obstante, se trataba de estimaciones basadas en modelos teóricos.

Mediante el presente trabajo se determina, en primer lugar, si las explotaciones que se estimaban más problemáticas a nivel de Gipuzkoa, en cuanto al riesgo que presentaban de generar contaminación difusa en aguas por exportación de N (Del Hierro *et al.*, 2007), también presentaban pastos con contenidos elevados de fósforo, en particular, y también de materia orgánica y nitrógeno total. En segundo lugar, se estiman los excedentes de purines de bovino generados, en función de los contenidos de P en suelo, en algunas de las explotaciones clasificadas, *a priori*, como las más problemáticas.

Materiales y Métodos

De entre las 407 explotaciones de Gipuzkoa en las cuales se estimaba que había más de 6 ha de pastos sometidos a riesgos altos o muy altos de exportación de N a cursos de agua (Del Hierro *et al.*, 2007), se seleccionaron 105 de vacuno lechero que en el período de muestreo (2005-2006) contaban con más de 40 Unidades de Ganado Mayor (1 UGM = 1 vaca de leche).

Muestreo de suelos

Estas explotaciones declaraban utilizar 2463 ha de pastos (Declaración de Superficies del año 2005, facilitados por la Diputación Foral de Gipuzkoa), de los cuales se muestreó el 83,6 % (2060 ha de 2221 parcelas). En general, las parcelas no muestreadas corresponden a las que no utilizaba el ganadero (por ser difícil acceder a ellas, por estar lejos de la explotación, etc.).

En cada parcela de tomó, mediante una sonda, una muestra representativa de Ø10 cm de profundidad (tomadas de 15-20 puntos aleatorios de toda la parcela). Se muestrearon por separado aquellos prados y pastizales que el ganadero manejaba de forma distinta (corte/pastoreo, resiembra o no, aplicaciones de fertilizantes o no, etc.) o que se diferenciaban por otros motivos (pendiente, encharcamientos, especies pratenses, etc.).

Determinaciones analíticas en suelos

Las muestras de suelo se analizaron en FRAISORO-Laboratorio Agroambiental (Merino y Berano, 2006). Los parámetros analizados fueron: pH (en agua, dilución 1:2,5), nitrógeno total (digestión Kjeldahl, destilación y volumetría), materia orgánica (oxidación sin reflujo en medio sulfúrico con dicromato y volumetría con Sal de Mohr) y fósforo (método Olsen). Los resultados de P se obtuvieron en mg L⁻¹ y se transformaron en ppm mediante la densidad aparente del suelo. Esta densidad se obtuvo, por regresión con el contenido en materia orgánica ($y = -27,829x + 1128,3$; $R^2 = 0,787$), a partir de análisis de materia orgánica y densidad en muestras de pastos de Gipuzkoa anteriores a las del presente trabajo.

Cuantificación de purines generados por vaca de leche y composición

Con el fin de cuantificar el volumen de purín generado se seleccionaron 4 explotaciones con 95-193 UGM de vacuno lechero de Gipuzkoa, que contaban con fosas de distinta tipología: dos de ellas sólo almacenaban aguas de lechería y las otras dos también almacenaban aguas pluviales y de desagües de la casa. En dichas fosas se midió la variación de la altura del purín para períodos de tiempo determinados y se relacionó el volumen de purín generado durante ese período con el número de cabezas de bovino. En las dos fosas con aguas pluviales se descontó el volumen correspondiente a las precipitaciones antes de realizar los cálculos. Los volúmenes obtenidos oscilaron entre 27 – 51 m³ año⁻¹ UGM⁻¹, con un valor medio de 33 m³ año⁻¹ UGM⁻¹ (Merino y Berano, 2006).

Por otro lado, para determinar la composición de los purines en explotaciones de vacuno lechero, se seleccionaron 47 explotaciones de Gipuzkoa en un rango de 29-367 UGMs, y de ellas se tomaron 68 muestras en distintos momentos del año (julio de 2005-septiembre de 2006).

Estos purines se analizaron en FRAISORO-Laboratorio Agroambiental, según métodos del IRTA –Institut de Recerca y Tecnologia Agroalimentàries de la Universidad de Lleida- (Merino y Berano, 2006). Los parámetros analizados fueron: densidad aparente (pesaje de un volumen determinado), materia seca (secado a 103°C), materia orgánica (calcinación a 550°C), demanda química de oxígeno (oxidación con dicromato en medio sulfúrico y sulfato de mercurio), nitrógeno amoniacal (destilación con MgO y volumetría), N total (digestión Kjeldahl, destilación y volumetría) y P, K, Ca y Mg (digestión con nítrico-perclórico y lectura en ICP).

Tabla 1. Composición (densidad, materia seca, materia orgánica, N amoniacal, N total, demanda química de oxígeno, fósforo, potasio, Calcio y Magnesio) de 68 muestras de purines pertenecientes a 47 explotaciones de Gipuzkoa.

	Densidad	MS	kg m ⁻³							
	(kg m ⁻³)	(%)	MO	N-NH4	NTK	DQO	P	K	Ca	Mg
Media	956,3	10,04	74,80	1,60	3,95	93,25	0,92	2,48	3,86	0,90
Error STD	8,65	0,354	2,804	0,048	0,115	4,23	0,033	0,079	0,276	0,036
Mínimo	711,6	1,95	12,56	0,72	1,48	17,70	0,23	1,20	1,16	0,31
Máximo	1050,0	15,76	128,43	2,59	5,77	209,00	1,67	3,91	13,05	1,66

Teniendo en cuenta la cantidad y composición media de los purines de las explotaciones lecheras de Gipuzkoa, se generaba aproximadamente, una media de 130 kg N año⁻¹ UGM⁻¹.

Estimación de excedentes de deyecciones ganaderas en función del P

En primer lugar, se empleó la aplicación ADILUR (Sinclair *et al.*, 1991), desarrollada para recomendaciones de fertilización de pastos del País Vasco, para calcular las necesidades de fertilización fosfórica de cada parcela. Se trata de un programa basado en los ciclos de nutrientes que determina, en primer lugar, la producción máxima de un pasto (en función de su localización geográfica, aprovechamiento, pendiente, textura, etc.) y, en segundo lugar, en función de los contenidos de P y K en suelo calcula la fertilización de P y K de mantenimiento y de corrección (repartido en 2 años) que se debe aportar para alcanzar dicha producción máxima. Para el presente trabajo, las recomendaciones se realizaron en función del contenido de P en suelo y considerando iguales los demás parámetros (pastos localizados próximos a la costa atlántica, de aprovechamiento mixto -dos cortes y pastoreo- y con una producción potencial de 10 Mg ha⁻¹).

Tabla 2. Cantidad anual de N generado en forma de deyecciones por cada tipo de animal considerado (kg N año⁻¹ cabeza⁻¹).

Bovino			
Edad (meses)	Sexo	Aptitud	kg N año ⁻¹
< 6	Hembras/Machos	Carne/Leche	30
6-12	Hembras/Machos	Carne/Leche	50
12-24	Hembras/Machos	Carne/Leche	70
> 24	Hembras/Machos	Vacas de carne y Sementales	80
> 24	Hembras	Leche	130
Otras especies			
Especie	Descripción		kg N año ⁻¹
Aves	Gallinas de puesta		0,62
	Pollos de caserío		0,8
Ovino y Caprino	Ovejas madre y Cabras madre		10
	Resto ovino (lechales, machos) y caprino (cabritos, chivos)		5
Equino	Equinos < 6 meses		30
	Equinos 6 – 24 meses		60
	Equinos ligeros > 24 meses		70
	Equinos pesados > 24 meses		80

Se estimó la cantidad de purines y estiércoles generados (el equivalente en forma de N) en cada explotación según el número de cabezas y tipo de ganado (Tabla 2). Puesto que se trataba de 105 explotaciones de vacuno lechero y sólo 5 gestionaban la totalidad de las deyecciones en forma de estiércol, se asumió que básicamente la composición era la indicada en la Tabla 1, y de ella se calculó la cantidad de P generado anualmente. Por diferencia entre el P generado en la explotación en forma de deyecciones y la recomendación de fertilización fosfórica para la suma de sus parcelas, se determinó el purín excedentario de cada explotación. Por otra parte, se consideró que los estiércoles y purines se aportaban en los pastos muestreados (83,6 % de los totales), ya que eran los que el ganadero realmente utilizaba.

Resultados y Discusión

La mitad de las praderas muestreadas (49,2 %) presentaba un pH ligeramente ácido comprendido entre 5,5-6,4, mientras que el 44,2 % rondaba la neutralidad con un pH entre 6,5-7,4. En cuanto a la relación C:N, en toda la superficie muestreada era inferior a 30 y en el 91,3 % estaba en torno a 10-15, indicando que predominaban fenómenos de mineralización de N.

En ninguna de las parcelas analizadas de Gipuzkoa había un contenido en materia orgánica inferior al 2,0 %. La mayoría de la superficie muestreada (57,8 %) presentaba un contenido en MO entre el 5 y 10 %, aproximadamente un tercio (36,8 %) un contenido entre 10-15 %, e incluso había praderas (un 4,1 %) con más del 15 % de MO.

Además, los contenidos en MO y N total en suelo estaban positivamente correlacionados, es decir, que a medida que aumentaba el contenido en MO en suelo también aumentaba el de N total ($y = 0.0431x + 0.0606$; $R^2 = 0.7671$), de lo cual se desprende que la mayoría del N total en suelo estaba en forma orgánica. Por eso, la distribución por superficies era muy parecida a la de la MO: la mayoría de la superficie muestreada (54,9 %) presentaba un contenido en N total de 0,276-0,492 %, cerca de un tercio (34,4 %) un contenido entre 0,492-0,707 %, e incluso había praderas (un 7,2 % de la superficie analizada) con más del 0,707 % de N. No se encontró ninguna correlación entre los contenidos en suelo de MO (ó N total) y los de P, ya que éste no corresponde a la fracción orgánica del suelo.

Para alcanzar las producciones óptimas en las praderas de la zona atlántica del País Vasco, no se requieren niveles en suelo superiores a 30-40 ppm de P (Oyanarte *et al.*, 1996). Estos datos se obtuvieron en praderas de corte, bien manejadas y en los primeros 5 cm de profundidad. Por tanto, incluso con contenidos inferiores a los indicados se podrían alcanzar las producciones potenciales de cada pasto. En el mismo sentido, según el programa ADILUR (Sinclair *et al.*, 1991), se estimaba que con niveles en suelo de 16-32 ppm de P se obtenían producciones óptimas en el País Vasco. Por otra parte, en algunos estudios comprobaron que las pérdidas de P por escorrentía y lixiviación aumentaban exponencialmente a partir de los 40-60 ppm de P en suelo (Heckrath *et al.*, 1995; Sharpley *et al.*, 2003), con el consiguiente riesgo de ocasionar algún impacto ambiental.

En el 42,6 % (876,7 ha) de la superficie de los pastos muestreados se sobrepasaban los 50 ppm de P en suelo (Figura 1), por lo que su fertilización era doblemente desaconsejable: por un lado, porque no incrementaría la producción de forraje y, por otro lado, porque el riesgo de contaminación de aguas por P sería muy alto. En el 33,0 % de la superficie de pastos (680,7 ha) el contenido de P en suelo era de 30-50 ppm de P, de manera que su fertilización se reduciría al de mantenimiento o sería desaconsejable, aunque se podría esperar que el riesgo de pérdidas de P hacia las aguas fuera menor que en el caso anterior. Es decir, en el 75,6 % (1557,4 ha) de la superficie estudiada sería suficiente aplicar una fertilización fosfórica de mantenimiento o no debería aplicarse fertilizante fosfórico alguno.

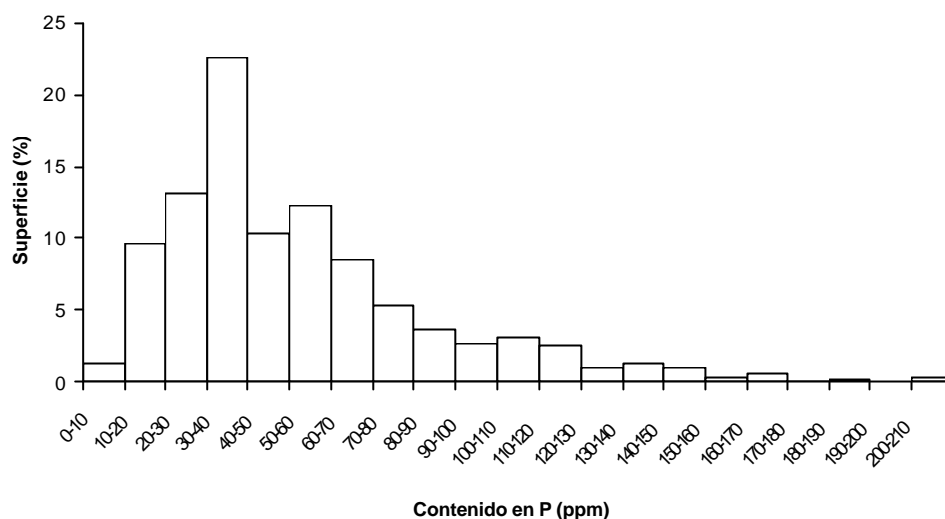


Figura 1. Distribución del contenido en P asimilable (Olsen) en las 2060 ha de pasto muestreadas.

Asumiendo que en las parcelas con más de 50 ppm de P no se deberían aplicar fertilizantes fosforados en varios años, las 105 explotaciones estudiadas sólo disponían de 1183,3 ha (57,4 % de los pastos que utilizaban) para aplicar sus estiércoles y purines. Se empleó la aplicación ADILUR (Sinclair *et al.*, 1991) para calcular las necesidades de fertilización de cada parcela y, por tanto, los excedentes de estiércoles y purines en cada explotación. Resultó que sólo había una explotación que era muy ligeramente deficitaria (capaz de absorber, además de todas las deyecciones generadas en la propia explotación, 47 kg P año⁻¹) y en las restantes 104 explotaciones sumaban un excedente de 284 Mg de P (equivalentes a 308366 m³ de purines) (Tabla 3).

Tabla 3. Generación anual de deyecciones ganaderas (equivalente de P y volumen de purín), recomendación total de fertilización y excedentes y déficits anuales de deyecciones.

	Generación deyecciones		Recomendación Fertilización		Excedentes		Deficitarios	
	kg P	m ³	kg P	m ³	kg P	m ³	kg P	m ³
SUMA	298229	324162	14580	15847	283697	308366	47	51
Promedio	2840	3087	139	151	2728	2965		
N	105	105	105	105	104	104	1	1
Error STD	177	192	14	15	177	192		

No hubo una buena correlación entre los riesgos de exportación de N a cursos de agua estimados por del Hierro *et al.* (2007) y los contenidos en MO, N total y P encontrados en los suelos. Este hecho se debe fundamentalmente a la importancia que se dio, en la estimación de riesgos, a los factores de origen (dosis aplicadas de N orgánico y mineral) y a que no se conocían estos datos y se tuvieron que estimar. Estas estimaciones se realizaron, en el caso del N orgánico, en función del número y tipo de animales y a la distancia en línea recta desde la fosa a la parcela y, en el caso del N mineral, en función de la experiencia de los autores. A pesar de la falta de relación en cada parcela, las explotaciones que resultaron problemáticas para la exportación de N (Del Hierro *et al.*, 2007) presentaban, como se ha mencionado anteriormente, niveles de MO, N total y P altos en gran parte de su superficie y en todas ellas, salvo en una, se generaban más deyecciones ganaderas de las que, según prácticas de fertilización correctas, se podían aplicar en sus pastos.

Conclusiones

Comparados parcela por parcela, los riesgos estimados de exportación de N a aguas (Del Hierro *et al.*, 2007) y los contenidos de MO, N total y P hallados en suelo no estaban directamente relacionados. Sin embargo, a nivel de explotación, las 105 explotaciones estudiadas, que habían sido *a priori* clasificadas como problemáticas por riesgos de exportación de N (Del Hierro *et al.*, 2007), también eran problemáticas según el presente estudio, por un lado, porque gran parte de sus pastos presentaron contenidos altos de MO, N total y P en suelo y, por otro lado, porque la totalidad de los estiércoles y purines generados en ellas (salvo en un único caso) no se podía gestionar como abonos en los pastos utilizados por cada explotación atendiendo a las recomendaciones basadas en el P.

Por tanto, cabe esperar, que en el resto de las 302 explotaciones clasificadas como problemáticas por riesgos de exportación de N a aguas (Del Hierro *et al.*, 2007), también haya problemas para la gestión de las deyecciones ganaderas dentro de la propia explotación.

Bibliografía

GBUREK, W.J.; SHARPLEY, A. N.; HEATHWAITE, A. L.; FOLMAR, G., 2000. Phosphorus management at the watershed scale. *J. Environ. Qual.* (29), 130-144.

HECKRATH, G.; BROOKES, P.C.; POULTON, P.R.; GOULDING, K.W.T., 1995. Phosphorus leaching from soils containing different phosphorus concentrations in the Broadbalk experiment. *Journal of Environmental Quality* (24), 904-910.

MERINO, D.; BERANO, N., 2006. Cuantificación y caracterización de los residuos ganaderos de Gipuzkoa. Ed. Diputación Foral de Gipuzkoa (Dpto. para el Desarrollo del Medio Rural y Fraisoro-Laboratorio Agroambiental). Disponible en www.fraisoro.net

OYANARTE, M.; ARTETXE, A.; BESGA, G.; RODRÍGUEZ, M., 1996. Efecto del nitrógeno, fósforo y potasio en ensayos sustractivos de fertilización en praderas del País Vasco. *Actas de la XXXVI Reunión Científica de la S.E.E.P.*, 221-225.

DEL HIERRO, O.; ARTETXE, A.; DE FRANCISCO, M.; PINTO, M., 2007. Localización de pastos y explotaciones ganaderas de Gipuzkoa con mayor interés para reducir la contaminación difusa de las aguas por nitrógeno. *Actas de la XLVII Reunión Científica de la S.E.E.P.*

SHARPLEY, A.N.; DANIEL, T.; SIMS, T.; LEMUNYON, J.; STEVENS, R.; PARRY, R., 2003. Agricultural phosphorus and eutrophication. Second edition. Ed. United States Department of Agriculture. Agricultural Research Service. ARS-149.

SIMS, J.T. 1998. Phosphorus soil testing: innovations for water quality protection. *Communications in soil science and plant analysis* (29), 1471-1489.

SINCLAIR, A. G.; RODRIGUEZ, M.; OYANARTE, M., 1991. Modelo de recomendación de abonado en base a los ciclos de nutrientes para las praderas de la Comunidad Autónoma Vasca. Informe Técnico. Ed. Servicio Central de Publicaciones del Departamento de Agricultura y Pesca del Gobierno Vasco. Vitoria-Gasteiz (País Vasco).

Agradecimientos

Agradecemos la ayuda prestada por las Oficinas Comarcales Agrarias y por los ganaderos, especialmente, en los muestreos. También agradecemos a la Diputación Foral de Gipuzkoa la financiación de este estudio.

SLURRY SURPLUSES BASED ON PHOSPHORUS SOIL CONTENT IN DAIRY FARMS OF GIPUZKOA

Summary

The intensification of the livestock farms and the division between livestock and agriculture activities have created environmental impacts, such as the increase of N and P concentrations in waters. In pastures of the province of Gipuzkoa different potential risk to discharge N to water courses were theoretically estimated and 407 farms were identified as representing the major risk of these losses of N (Del Hierro *et al.*, 2007). In this study, 105 dairy farms of them were selected and soil organic matter, total N and P contents were determined in the pastures (2060 ha) managed by these farms. The most of the area analyzed presented high contents of P in soil (more than 10 % of organic matter in 41 % of the area; more than 0.49 % of total N in 42 % of the area; more than 50 ppm of P in 43 % of the area) and, assuming a fertilization based on pasture P requirements, a surplus of 300000 m³ of slurry was estimated in the 105 farms. The theoretically estimated risks to discharge N to water courses (Del Hierro *et al.*, 2007) were not well correlated, field by field, with the organic matter, total N and P contents determined in soil, but 104 dairy farms presented problems in the management of P as well.

Key words: non-point pollution, P, slurry and manures, pastures, dairy cows

COMPARACIÓN DEL SISTEMA DE CEBO DE TERNEROS AÑOJOS EN ECOLÓGICO FRENTE AL CONVENCIONAL EXTENSIVO EN ZONAS HUMEDAS

ANTONIO MARTÍNEZ, RAFAEL CELAYA & KOLDO OSORO
SERIDA. Estación Experimental de La Mata. 33820 Grado, Asturias
Telf: +34 985754725 Fax: +34 985754613
anmartinez@serida.org

Resumen

El trabajo se desarrolló en Grado, zona interior de Asturias, sobre parcelas sembradas de raigrás y trébol, con el objetivo de determinar las diferencias técnico-económicas entre dos sistemas (ecológico y convencional) de cebo de terneros añojos en régimen extensivo. El estudio se realizó durante las fases de pastoreo de primavera y acabado y se utilizaron animales de raza Asturiana de los Valles.

La acumulación de materia seca de hierba en el periodo de pastoreo de primavera del sistema ecológico (4,1 t MS/ha) fue inferior ($P < 0,01$) a la del sistema convencional (5,5 t MS/ha), siendo también más tardío el inicio del crecimiento vegetativo del pasto a la salida del invierno y por tanto menor el número de días de pastoreo ($P < 0,01$). Esta diferencia en la producción herbácea dio lugar a que la carga media del periodo manejada fuese de tan sólo 3,7 terneros/ha para el sistema ecológico frente a los 5,3 terneros/ha del sistema convencional.

Mientras las ganancias diarias de peso de los terneros en la fase de pastoreo de primavera fueron similares entre los dos sistemas de cebo, en la fase de acabado fueron un 36% inferiores ($P < 0,05$) para el sistema ecológico frente al extensivo.

En definitiva, para igualar las diferencias entre ingresos brutos y costes de alimentación en las fases de pastoreo de primavera y acabado de ambos sistemas, fue preciso que el precio de la carne de la canal en el caso del sistema ecológico se situase en 1,22 €/kg por encima del barajado para el sistema convencional, lo que representó un 37% de incremento.

Palabras clave: acabado, carga, ganancia de peso, pasto, pastoreo, productividad.

Introducción

Frecuentemente se ha señalado a la producción ecológica de carne como una de las alternativas más seguras de futuro para las explotaciones de zonas húmedas como las de la Cornisa Cantábrica. Sin embargo las estadísticas (MAPA, 2005) muestran que en el norte de España este tipo de producciones no acaba de despegar fruto de varios motivos. Por un lado, la demanda de carne ecológica no está siguiendo el crecimiento que se esperaba, y por otro, es necesario determinar los puntos críticos de este tipo de sistemas de producción, profundizando en propuestas que consigan rentabilizar técnicamente las explotaciones sin tener que basarse solamente en los incrementos de precios o al menos cuantificando los mismos.

Ambos aspectos tienen una gran influencia en el resultado económico actual de las explotaciones, ya que existen ganaderos que han dado el paso de la conversión a producción ecológica, pero que sin embargo encuentran condicionantes técnicos que aún no han podido solventar en las mejores condiciones posibles y además se ven obligados a vender los productos en el mercado a los mismos precios que los convencionales.

Diversos trabajos realizados en la Cornisa Cantábrica (Martínez *et al.*, 2003; Osoro *et al.*, 2003) describen los resultados conseguidos en el cebo extensivo de terneros, pero sin embargo, para

zonas húmedas, no existe información comparativa del comportamiento y desarrollo de estos nuevos sistemas de producción propuestos frente a los sistemas ya conocidos.

El objetivo del presente trabajo es el determinar las diferencias técnico-económicas entre los sistemas de cebo de terneros ecológico y convencional en régimen extensivo.

Materiales y Métodos

Localización

Los trabajos se desarrollaron durante 2006 en Grado, zona interior de Asturias, en una finca a 65 m de altitud, con parcelas sembradas de raigrás inglés (*Lolium perenne* L.), raigrás híbrido (*Lolium x Boucheanum* Kunt.) y trébol blanco (*Trifolium repens* L.), donde se comenzó con un manejo ecológico de algunas parcelas durante 2005.

Tratamientos

Se plantearon dos sistemas de cebo de terneros para las fases de pastoreo primaveral y acabado: uno acorde a las normas del Reglamento UE 2092/91 de la producción ecológica (CEE, 1991), y otro con manejo convencional en régimen extensivo, utilizando en ambos casos dos repeticiones por tratamiento formadas cada una de ellas por una parcela de 1,6 ha de superficie.

En cuanto al pasto, mientras en el sistema ecológico el abonado consistió en el aporte a mediados de enero de 30 t/ha de estiércol (0,42% de N; 0,45% de P₂O₅ y 0,64% de K₂O), en el extensivo se abonó con 120 kg/ha de N (40 kg en febrero, 40 en abril y 40 en mayo), 100 kg de P₂O₅ y 80 de K₂O aportados estos dos últimos a la salida del invierno.

Manejo de los terneros

Se emplearon un total de 35 terneros de raza Asturiana de los Valles nacidos en invierno-primavera y destetados en octubre del 2005. Tras el destete, los terneros fueron manejados en pastoreo durante el otoño suplementados con 1,5 kg concentrado/ternero y estabulados para la invernada, recibiendo durante este periodo una alimentación restringida.

A principios de marzo los terneros añejos iniciaron el pastoreo de primavera. A finales de mayo se procedió a suplementar los terneros con 2 kg de concentrado ecológico o convencional por cabeza, según el tratamiento al que estaban sometidos. Durante el pastoreo de primavera, se trató de mantener una altura del pasto similar en los dos sistemas de cebo, modificando para ello el número de animales por parcela en función de los resultados semanales de la medición de dicha altura, lo que dio lugar a manejo de cargas ganaderas diferentes en cada tratamiento.

A finales del mes de junio los terneros pasaron a la fase de acabado. En el sistema de cebo extensivo convencional, éste consistió en la administración en establo a los terneros de concentrado *ad libitum* y de paja de cereal. En el sistema ecológico consistió en la continuación del pastoreo estival con la administración de 4,5 kg/día de concentrado ecológico en la misma parcela, con el fin de cumplir con los requisitos marcados por el Reglamento 2092/91 en cuanto al porcentaje de forraje mínimo diario que debe componer la ración de los animales. La composición del concentrado ecológico y convencional fue similar, con un 18% de proteína bruta y 13,5 MJ/kg MS de energía metabolizable.

Todos los animales fueron desparasitados al inicio del periodo de pastoreo de primavera.

Controles

Animales: Se pesaron en dos días consecutivos a la semana del inicio, al final del periodo de pastoreo e inicio del de acabado y previamente al sacrificio, intercalando pesadas simples cada tres semanas. También se controló diariamente el alimento consumido y una vez sacrificados los terneros se midió su peso canal en frío.

Vegetación: Se midió la altura del pasto dos veces por semana en 50 puntos al azar por parcela

mediante una regla (“swardstick”) diseñada por Barthram (1986). También se establecieron dos jaulas de exclusión por parcela para estimar la producción de hierba. Mensualmente se cortó una muestra de 0,2 x 1,0 m dentro de la jaula y otra fuera, adyacente al nuevo emplazamiento de la jaula para estimar la cantidad de partida de la siguiente fase de acumulación. La producción herbácea se calculó como el sumatorio de las diferencias entre la cantidad acumulada dentro de la jaula y la cantidad inicial cortada fuera de la jaula en cada fase de acumulación.

Productividad

Para realizar los cálculos de los gastos de alimentación y de los ingresos se utilizaron los siguientes precios: concentrado ecológico a 0,31 €/kg, concentrado convencional a 0,21 €/kg, paja a 0,09 €/kg y carne de canal de los terneros a 3,30 €/kg.

Análisis estadístico

Para examinar las diferencias entre los dos sistemas de cebo, se realizó un análisis de varianza de las variables estudiadas (ganancias, ingresos, costes) utilizando el paquete estadístico SPSS (SPSS Inc., Chicago, Illinois, EUA).

Resultados

Fase de pastoreo de primavera

Los resultados se exponen en la Tabla 1. Las diferencias más destacadas entre los dos sistemas de producción estudiados radican en las diferencias en la producción del pasto. Por un lado, la mayor precocidad de crecimiento al final del invierno de las parcelas manejadas de forma convencional posibilitó un adelanto de 5 días ($P < 0,05$) en la salida de los animales al pasto frente a las parcelas manejadas en ecológico. Por otro, la acumulación de materia seca (MS) de hierba durante el periodo de pastoreo de las parcelas en ecológico fue un 72% de la presentada en las de convencional (4,1 frente a 5,7 t MS/ha), provocando que la carga media del periodo manejada de terneros por hectárea también fuese sensiblemente inferior ($P < 0,01$), pasando de los 3,7 terneros/ha en el sistema ecológico a 5,3 en el convencional extensivo.

Tabla 1. Resultados productivos en dos sistemas extensivos de cebo de terneros añejos durante el pastoreo de primavera.

Sistema de cebo	Convencional		Significación
	Ecológico	Extensivo	
Días de pastoreo	100	105	*
Altura del pasto (cm)	7,6	6,7	NS
Producción de pasto (t MS/ha)	4,1	5,7	*
Carga (terneros /ha)	3,7	5,3	**
Peso ternero al inicio (kg)	374	357	NS
Ganancias de peso:			
Diaría (kg/día x ternero)	1,162	0,990	NS
En el periodo (kg/ha)	415	539	**
Peso terneros al final (kg/ha)	1775	2429	***
Ganancia del periodo (€/ha)	746	971	**

***, **, * significativo al 1%, 1% y 5% respectivamente, NS: no significativo.

Las ganancias diarias individuales de peso de los terneros no difirieron significativamente entre los dos sistemas (1,162 y 0,990 kg/día respectivamente para los cebados en ecológico y en convencional extensivo).

La diferencia de carga manejada en cada situación, ya señalada, marca de forma clara el resto de resultados analizados. Así la ganancia de peso vivo por hectárea en el periodo estudiado fue de 539 kg en el sistema convencional y 415 en el ecológico ($P < 0,01$), lo que cuantificado en euros y aplicando el mismo precio en los dos sistemas (1,80 €/kg de peso vivo), representa 971 €/ha en el primer caso y 746 €/ha en el segundo, y por tanto la diferencia se sitúa en un 23%.

Fase de acabado

Los resultados figuran en la tabla 2. La duración de esta fase fue significativamente más corta ($P < 0,001$) en los terneros de ecológico que en los de convencional, con 74 días en el primer caso y 93 en el segundo (Tabla 2), derivado de que hubo que sacrificar los primeros por la falta de pasto suficiente en oferta. También resultó diferente ($P < 0,05$) la ganancia diaria de peso, ya que los terneros cebados en ecológico presentaron 0,799 kg/día frente a los 1,257 kg/día de los cebados en convencional, aspecto que no influyó significativamente ($P > 0,05$) en el índice de conversión debido a que también el consumo de concentrado diario fue superior en estos últimos ($P < 0,001$).

El peso de sacrificio, el peso de la canal y consecuentemente el rendimiento a la canal no resultaron estadísticamente diferentes ($P > 0,05$) entre ambos sistemas de cebo.

Tabla 2. Resultados productivos en dos sistemas extensivos de cebo de terneros añejos durante la fase de acabado.

<u>Sistema de cebo</u>	<u>Convencional</u>		<u>Significación</u>
	<u>Ecológico</u>	<u>Extensivo</u>	
Días de duración	74	93	***
Peso ternero al inicio (kg)	486	446	NS
Peso ternero al sacrificio (kg)	545	562	NS
Peso de la canal (kg)	300	317	NS
Rendimiento canal (%)	55,1	56,4	NS
Ganancia peso (kg/día x ternero)	0,799	1,257	*
Índice de conversión ⁽¹⁾	5,6	6,4	NS
Consumo de concentrado (kg)	333	744	***
Consumo de paja (kg)		163	

⁽¹⁾ Consumo diario de concentrado / ganancia diaria de peso vivo

***, **, * significativo al 1%, 1% y 5% respectivamente, NS: no significativo.

Productividad por hectárea

Los resultados figuran en la Tabla 3. El efecto conjunto de la mayor carga de animales manejados por hectárea (Tabla 1) con el de la mayor ganancia de peso durante la fase de acabado de los terneros cebados en convencional frente a los que lo fueron en ecológico (Tabla 2), dio lugar a que la cantidad de carne producida por hectárea en el primer tipo de cebo fuese significativamente superior ($P < 0,01$) a la del segundo, con 1672 y 1105 kg/ha respectivamente, lo que representa un 34% de diferencia. De igual modo la valoración a precios iguales de dicha carne, estimada como ingresos brutos, es superior en el caso del cebo convencional (5518 €/ha) que en el del ecológico (3646 €/ha).

Tabla 3 Ingresos brutos y gastos de alimentación por hectárea en las fases de pastoreo y acabado en dos sistemas extensivos de cebo de terneros añejos.

<u>Sistema de cebo</u>	<u>Convencional</u>		<u>Significación</u>
	<u>Ecológico</u>	<u>Extensivo</u>	
Carga media (terneros /ha)	3,7	5,3	**
Carne producida (kg/ha)	1105	1672	**
Ingresos (€/ha)	3646	5518	**
Costes de alimentación (€/ha)			
En pastoreo	68	66	NS
En el acabado	378	902	***
Total	446	968	***
Ingresos - Costes alimentación (€/ha)	3199	4550	**

***, **, * significativo al 1%, 1% y 5% respectivamente, NS: no significativo.

Los costes de alimentación fueron superiores ($P < 0,001$) para los terneros cebados en convencional, con 968 €/ha, que para los que lo fueron en ecológico, con 446 €/ha, derivado en gran medida del mayor consumo de concentrados en la fase de acabado, independientemente de que el precio del concentrado convencional sea inferior al del ecológico. Este mayor consumo de concentrado es el resultante de una carga más alta (5,3 frente a 3,7 terneros/ha) y de un consumo individual diario de los animales más elevado (8,0 frente a 4,5 kg/día).

La diferencia entre ingresos brutos y costes por alimentación en las fases estudiadas de pastoreo de primavera y acabado fue de 4550 €/ha para el sistema de cebo en convencional y de 3199 €/ha para el de ecológico ($P < 0,01$), lo que representa un 70% de lo conseguido en el primero.

Discusión

La menor producción de las parcelas fertilizadas en ecológico frente a las que lo fueron en convencional se atribuye a la menor eficacia del nitrógeno aplicado por los abonos orgánicos que la de los químicos los primeros años de utilización de aquéllos. No obstante diversos trabajos (Parsons, 1984; Gill *et al.*, 1995) señalan que esta eficacia del nitrógeno se va igualando a lo largo del tiempo, cuando el terreno adquiere un historial importante de aportes sucesivos de fertilizantes orgánicos, aspecto que es necesario comprobar en años sucesivos.

La escasa diferencia en las ganancias diarias de peso en el pastoreo de primavera entre los dos sistemas de cebo se debió probablemente a que la altura del pasto fue similar en ambos, dada la relación existente entre este parámetro de disponibilidad de pasto con la respuesta (variaciones de peso) de los animales en pastoreo (Morris *et al.*, 1993; Osoro *et al.*, 2003). Por otro lado, la mayor ganancia de peso vivo por hectárea durante la primavera en convencional que en ecológico, situada en un 23%, resultó similar a la encontrada en trabajos previos realizados en las mismas condiciones con hembras también de raza Asturiana de los Valles (datos no publicados).

En las condiciones en las que se desarrolló el trabajo, los puntos críticos del sistema de cebo de terneros en ecológico frente al de convencional extensivo estuvieron en una menor carga media manejada de terneros por hectárea (30%), menor número de días de pastoreo (5%) y la menor ganancia diaria de peso de los terneros en la fase de acabado (36%), lo que lleva a que para igualar la diferencia entre ingresos brutos y los costes de alimentación durante el pastoreo y el acabado entre los dos sistemas de cebo, sería necesario vender la carne producida en ecológico a 4,52 €/ha, que representa un 37% más del precio fijado para la carne de los terneros cebados en convencional extensivo. Para explicar este sobreprecio ante el mercado sería necesario determinar si existen diferencias que lo justifiquen en los aspectos cualitativos de la carne producida entre un sistema y otro, además de apoyarse en el beneficio medioambiental que puede representar la no fabricación de los fertilizantes de síntesis.

La baja ganancia de peso durante el acabado, y por tanto en la última fase antes de su sacrificio, de los terneros cebados en ecológico podría tener repercusiones negativas en el engrasamiento de la carne y en sus características organolépticas (Osoro *et al.*, 2003), por lo que es necesario buscar alternativas de manejo para esta fase del cebo, que cumpliendo las normas marcadas en el Reglamento 2092/91 de que al menos un 60% de la ración diaria de los animales ha de ser de forraje, posibiliten mejores ganancias diarias de peso. Una de las opciones podría basarse en la sustitución del pasto por silo de maíz ecológico cultivado en la propia explotación (Pedrol y Martínez, 2005) que podría ofrecer una mejora en los aportes energéticos de la ración.

Conclusiones

Las principales diferencias detectadas entre el sistema de cebo de terneros ecológico frente al convencional extensivo fueron:

- La acumulación de materia seca de hierba en el periodo de pastoreo de primavera fue un 28% inferior, siendo el inicio del crecimiento vegetativo del pasto también más tardío.
- La carga media manejada de terneros/ha para una altura de pasto similar fue un 30% inferior.
- Las ganancias diarias de peso de los terneros en la fase de pastoreo de primavera fueron similares. En la fase de acabado fueron un 36% inferiores.
- Para igualar las diferencias entre ingresos brutos y costes de alimentación en las fases de pastoreo de primavera y acabado, sería preciso que el precio del kg de carne de canal fuese al menos un 37% superior.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido posible gracias a la financiación por parte del proyecto INIA RTA04-142.

Bibliografía

CEE, 1991. Reglamento nº 2092/91 del Consejo de 24/6/1991 sobre la producción agrícola ecológica y su indicación en los productos agrarios y alimentarios.

BARTHAM, G.T., 1986. Experimental Techniques: the HFRO swardstick. En: *The Hill Farming Research Organisation Biennial Report 1984-85*, 29-30. HFRO. Penicuik (RU).

GILL, K.; JARQUIS, S.C. ; HATCH, D.J., 1995. Mineralization of nitrogen in long-term pasture soils: effects of management. *Plant Soil*, **172**, 153-162.

MAPA, 2005. Estadísticas sobre Agricultura Ecológica. www.mapa.es.

MARTÍNEZ, A.; CASTRO, P.; OSORO, K., 2003. Efecto del manejo del pastoreo monoespecífico o mixto con ovino o caprino, de los terneros añojos, en las ganancias individuales y productividad en primavera. En: *Pastos, desarrollo y conservación, XLIII Reunión Científica de la SEEP*, 371-377. Eds. A.B. ROBLES, M^aE. RAMOS, M^aC. MORALES, E. DE SIMÓN, J.L. GONZÁLEZ, J. BOZA. Sevilla (España).

MORRIS, S.T.; HIRSCHBERG, S.W.; MICHEL, A.; PARKER, W.J.; MCCUTCHEON, S.N., 1993. Herbage intake and liveweight gain of bulls and steers continuously stocked at fixed sward heights during autumn and spring. *Grass and Forage Science*, **48**, 109-117.

OSORO, K.; MARTÍNEZ, A.; CASTRO, P., 2003. Desarrollo de sistemas eficientes de producción de carne de calidad en zonas bajas. *SERIDA-KRK Eds.*, 122 pp. Oviedo (España).

PARSONS, J.W., 1984. Organic farming. En: *Soil Organic Matter and Biological Activity*, 424-443. Eds. D. VAUGHAN, R.E. MALCOLM. Developments in Plant and Soil Sciences, **Vol. 16**.

PEDROL, N.; MARTÍNEZ, A., 2005. Maíz forrajero ecológico. Producir sin herbicidas es posible. *Tecnología Agroalimentaria* (boletín informativo del SERIDA), **Nº 1**, 59-63.

COMPARISON BETWEEN ORGANIC AND CONVENTIONAL EXTENSIVE SYSTEMS FOR FATTENING YEARLING CALVES IN HUMID AREAS

Summary

The aim of this work was to examine the technical and economical differences between two fattening systems for yearling calves of 'Asturiana de los Valles' breed on ryegrass-clover pastures in extensive regime, one organic (environmentally friendly) and one conventional. The work was carried out during two phases, spring growing and autumn finishing, in Grado, located in an inner valley of Asturias (northern Spain).

Herbage growth during spring grazing season was lower in organic (4.1 t DM/ha) than in conventional system (5.5 t DM/ha, $P < 0.01$), and it started later after winter in the former, leading to fewer grazing days in the organic compared to the conventional system ($P < 0.01$). As a consequence of such difference in herbage production, mean stocking rates in organic system (3.7 calves/ha) were much lower than in conventional system (5.3 calves/ha).

There were no significant differences in individual daily liveweight gains between the studied fattening systems during spring grazing, while in the finishing phase the gains were 36% lower ($P < 0.05$) in the organic compared to the conventional system.

Carcass meat price from the organic system should be 1.22 €/kg higher (a 37% increase) than the price established for conventional system to equal the differences between gross incomes and feeding costs during the spring grazing and autumn finishing phases of both systems.

Key words: finishing, grazing, liveweight gain, pasture, productivity, stocking rate.

DISEÑO DE UN COLLAR-GPS PARA EL SEGUIMIENTO DE ANIMALES DOMÉSTICOS A ESCALA DE ÁREA DE PASTOREO: DESCRIPCIÓN DEL DISPOSITIVO Y RESULTADOS PRELIMINARES

MADDALEN MENDIZABAL*, ARANTZA ALDEZABAL & ANA FELIPE

Landare-Biologia eta Ekologia Saila, Zientzia eta Teknologia Fakultatea, Euskal Herriko Unibertsitatea,
644 p.k., 48080 Bilbo (Bizkaia)

Tel: +34 946015355, Fax: +34 946013500

* gybmezum@lg.ehu.es

Resumen

El sistema extensivo de pastoreo es sin duda una de las claves para un desarrollo sostenible de la montaña, pero es evidente que aún quedan muchas interrogantes por aclarar. Para una adecuada gestión de estos sistemas de pastoreo tan complejos, actualmente resulta necesario diseñar, construir y validar herramientas de tomas de decisiones basados en modelos predictivos. Dichos modelos requieren la inclusión de información muy detallada y concisa sobre los patrones de selección de los animales, su dinámica temporal, conducta de pastoreo y un análisis exhaustivo de los factores que limitan y/o condicionan dicha selección. Esto exige la utilización de técnicas GPS (*Global Positioning System*) combinados con equipos de monitorización de la actividad y con técnicas GIS (*Geographic Information System*). Los primeros collares-GPS comerciales se crearon para el estudio de animales salvajes. Hoy en día estos mismos collares se utilizan también con el ganado doméstico pero no están exentos de problemas y económicamente resultan inaccesibles para muchos de nosotros. Una alternativa para no renunciar a esta tecnología, es diseñar dispositivos *ad hoc*. El objetivo de este trabajo es describir nuestro dispositivo y presentar los primeros resultados, comentando los problemas surgidos y reflexionando sobre las posibles soluciones y mejoras. El coste de un collar-GPS *ad hoc* incluyendo batería y cargador asciende a 280€(sin IVA). En general, los resultados no han sido muy satisfactorios por el alto porcentaje de fallos pero la experiencia ha servido para encaminar posibles mejoras fáciles de aplicar.

Palabras clave: datos espaciales, actividad, GPS, SIG, modelo predictivo, dispositivo *ad hoc*.

Introducción

El sistema extensivo de pastoreo es sin duda una de las claves para un desarrollo sostenible de la montaña, pero es evidente que aún quedan muchas interrogantes por aclarar, principalmente relacionadas con el comportamiento de pastoreo y el uso del territorio que realizan los animales. Todo ello se complica si en el escenario de pastoreo la heterogeneidad espacial es alta, como es el caso de las montañas cantábricas dominadas por un mosaico de pastos y brezal-argomal. En consecuencia, seguimos teniendo la necesidad de avanzar en los conocimientos teóricos necesarios para dicha gestión, y diseñar herramientas de gestión (*sistemas de toma de decisiones*) basados en modelos predictivos del uso del hábitat adaptados a nuestras condiciones de pastoreo.

Cuando se trata del ganado doméstico, el *manejo* es un factor fundamental a tener en cuenta en los modelos predictivos del uso del territorio, ya que la mayoría están diseñados en base a las teorías del aprovechamiento óptimo en condiciones de pastoreo libre. Entre las especies domésticas en pastoreo en la CAPV, existe un gran abanico de situaciones y condiciones de pastoreo, lo cual repercute en el nivel o intensidad de manejo. La inclusión del manejo en los modelos predictivos actuales supone un gran avance en la gestión ganadera.

En este sentido, queremos destacar también la importancia de incorporar datos espacialmente explícitos (ubicación espacial de los animales y su actividad) en los modelos predictivos, lo cual mejora la calidad de la predicción (Palmer et al. 2000), y de combinar diferentes escalas de selección para una interpretación y valoración correcta de la conducta de pastoreo. Esto indica que cada vez son más necesarias las series largas de datos espaciales y temporales *in situ* de la ubicación y la actividad de los animales, datos registrados durante las 24 horas del día a lo largo de periodos de tiempo determinados, que permitan analizar detenidamente el uso del territorio que realizan los animales y su selección con técnicas basadas en métodos de distancias (Conner et al. 2003). Teniendo en cuenta además el notable desarrollo de las aplicaciones de los Sistemas de Información Geográfica (en adelante SIG), nos vemos obligados a complementar los muestreos realizados mediante observaciones directas con las tecnologías GPS (Bailey, 2001). Así, en el caso de que no se disponga de muchos observadores, se consigue el posicionamiento de más animales durante las 24 horas y se evita el error producido por la fatiga del observador (Agouridis et al., 2003).

Gracias a las tecnologías GPS se obtienen posiciones de herbívoros lo suficientemente precisos para poder ampliar el conocimiento sobre el pastoreo. Está demostrado que estas técnicas son válidas para animales domésticos como el equino, vacuno y ovino (Kawamura *et al.*, 2005; Ganskopp *et al.*, 2000; Rutter *et al.*, 1997; Sickel *et al.*, 2004). La combinación del GPS y el GIS nos da la ocasión de cuantificar las características causantes de la distribución espacial del ganado, conocer el recorrido diario del animal y sus preferencias.

Actualmente, a nivel mundial se van creando nuevos sistemas de seguimiento para distintas especies animales (principalmente silvestres) y para distintos tipos de clientes (universidades, centros de investigación, personas relacionadas con la agricultura y ganadería, uso particular). La diversidad de clientela es la causante de que exista una amplia gama en collares-GPS, de las cuales algunas son comerciales y otras son de creación *ad hoc*. Las características de algunas de ellas se han resumido en la Tabla 1. A nivel de España se han realizado varios ensayos para el desarrollo de sistemas de seguimiento de animales en extensivo. Uno de los proyectos dio sus frutos en el 2006 el cual se llevó a cabo gracias a una colaboración entre Amena y la Universidad de Extremadura. El sistema que proponen para porcino en dehesa consta de un dispositivo animal, compuesto por un módulo GPS y módulo GPRS de comunicación vía telefónica. El dispositivo llega a algo menos de un kilo y su coste aproximado es de unos 200€ [3].

Tabla 1. Características principales de sistemas-GPS de seguimiento animal.

Marca/Casa	Peso (gr) ¹	Autonomía ²	Sensor actividad	Precio (€)
[1] Bluesky Telemetry	360	8300	Sí	1200 (+Software 1500)
[1] Bluesky Telemetry	720	37500	Sí	1450 (+Software 1500)
[4] Televilt	300	8000	Sí	1500
[5] Lotek	-	5700	Sí	3000
Low-Cost GPS ³	2500	2016	No	315
[3] Módulo GPS+GPRS	1000	4032	No	200

¹ Peso, incluido el collar. ² Máximas posiciones. ³ Person, 2005.

Sin embargo, esta tecnología no está exenta de problemas y económicamente resulta inaccesible para la gran mayoría de los grupos de investigación, siendo éste nuestro caso. Asimismo, muchos de ellos han sido diseñados para el seguimiento de animales silvestres que sólo permiten un manejo muy restringido por su conducta y muy limitado económicamente (capturas puntuales), además de realizar grandes desplazamientos o migraciones. En consecuencia, estos sistemas-GPS de seguimiento incluyen el aparataje y software para descargar datos a distancia, y presentan una autonomía de larga duración. Todas estas prestaciones “superan” las condiciones de trabajo que se dan con las especies domésticas, ya que se puede “acceder” al animal con mucha facilidad, en colaboración con el ganadero y/o pastor.

Contexto de aplicación del dispositivo. Desde principios del 2004, estamos trabajando en una serie de proyectos encaminados a la elaboración de un modelo predictivo del aprovechamiento del pastoreo basado en SIG. Para poder incluir el efecto del manejo de las ovejas latxa (ordeño en monte *vs.* no-ordeño) en el modelo, diseñamos un experimento que requería un seguimiento individual detallado de la conducta de pastoreo y distribución espacial de los distintos tipos de ovejas (lactantes *vs.* no-lactantes) a lo largo de las 24h del día y durante aproximadamente un mes (desde finales de mayo a finales de junio). De cada oveja marcada (24 en total) necesitábamos obtener la siguiente información: (a) superficie de ocupación del área de uso estival; (b) recorrido diario (distancia recorrida en metros); (c) tiempo transcurrido pastando en cada tipo de vegetación; (d) ritmo de actividad (%activo, %inactivo, N° horas en cada actividad sobre 24h). Para ello, decidimos crear *ad hoc* nuestro propio dispositivo. El objetivo de este artículo, es describir el dispositivo y presentar los primeros resultados, comentando los problemas surgidos y reflexionando sobre las posibles soluciones y mejoras.

Materiales y Métodos

Diseño del dispositivo. El sistema está constituido básicamente por tres cajas, conteniendo componentes electrónicos y un programa para el PC. El contenido de las cajas es:

- Modulo de comunicación RS232 - se conecta al modulo GPS y el PC. Establece la comunicación entre el PC y el sistema GPS, debe de alimentarse el modulo GPS para que funcione correctamente.
- Modulo GPS - Aloja los sensores (de actividad, temperatura, humedad relativa, presión) y el GPS. Para su funcionamiento debe estar conectado a la caja de alimentación; los datos que tenga en cualquier momento son residentes, por lo que si se desconecta la alimentación no se pierden los datos ni la información del sistema. El GPS que utilizamos es el modelo *GPS Firmware A1029 (Tyco Electronics)* y su exactitud es inferior a 3 metros, con una gran resistencia mecánica.
- Modulo Alimentación - Almacena 8 pilas de Ni-Mh de 2250 mA que permite una autonomía de 12 a 18 días.
- La antena va en el exterior.

Programación del Sistema. Con esta parte se programa la fecha de inicio y la hora que queramos que el sistema empiece a trabajar así como el periodo de tiempo que realizará cada medida y el número total de capturas de datos que se quiere realizar. Con los botones PROGRAMAR, CONSULTAR y DESACTIVAR se consigue lo siguiente:

- PROGRAMAR: programa en el GPS los datos previamente definidos en sus casillas.
- CONSULTAR: lee los datos que están introducidos en el GPS, que previamente han sido grabados.
- DESACTIVAR: paraliza el sistema.

Transferencia de Datos: con esta parte del programa del PC se obtienen los datos almacenados en la memoria del sistema en formato .txt. En la primera fila aparecerá el título de cada columna y sus unidades correspondientes y en las filas siguientes los datos descargados. La placa GPS permite configurar la toma de datos en diferentes sistemas de georreferenciación. Por defecto, las coordenadas se registran en el sistema WGS84 de grados. Antes de colocar la placa en el dispositivo, conviene en nuestro caso cambiar la configuración al sistema europeo (European Datum 1950, USO 30 UTM). En caso contrario habría que transformar las coordenadas *a posteriori* con un conversor para ello.

Características del collar-GPS. El cable de la antena es de 20 cm. de largo. Sale del módulo principal, pasa por detrás del collar y llega hasta detrás del cuello de la oveja. El dispositivo va debajo del cuello de la oveja en posición horizontal para que el mercurio registre correctamente los datos de actividad. Para que la antena y el dispositivo vayan protegidas y no se dañen ni se

pierdan, cada una de ellas se ha introducido dentro de bolsitas de neopreno. Se ha demostrado que la señal no varía estando dentro o fuera de la tela de neopreno.

El dispositivo cargado con pilas junto con el collar llega a pesar 681 gr., de los cuales 376gr. corresponden al módulo de alimentación, 157 gr. al módulo GPS y 148gr. al collar.

Registro de la actividad. En el sistema se ha introducido una bola de mercurio dentro de un tubo, el cual tiene una inclinación de 14° sobre la horizontal (posición definida como actividad de pastoreo). El funcionamiento del mercurio es simple, cuando el animal agacha la cabeza la bola de mercurio cae en el tubo y toca el circuito guardando así el dato de 001N. Se registran los datos de actividad durante 10 minutos y en el data-logger se guarda la suma de número de veces que ha agachado la cabeza el animal durante ese periodo. El rango que toma el dispositivo sobre la actividad es de 000N a 145N aunque pueden tomarse datos intermedios. Para contrastar los datos de "golpes de cabeza" con la actividad de pastoreo se realizaron comprobaciones por observación directa.

Resultados y Discusión

El coste de un collar-GPS incluyendo batería y cargador asciende a 280€ (sin IVA). Este sistema *ad hoc* nos permite elaborar un dispositivo con funciones que se adecuan a nuestras necesidades, por lo que nos permite ahorrar equipamiento y conseguir reducir notablemente el precio final.

Tabla 2: Porcentaje de datos obtenidos y perdidos por los collares-GPS del 2 al 27 de Junio 2006. Intervalo de posicionamiento 10 min.

	JUNIO 2-5		JUNIO 7-12		JUNIO 14-18		JUNIO 21-27		TOTAL		
	COLLAR	DATOS	FALLOS	DATOS	FALLOS	DATOS	FALLOS	DATOS	FALLOS	DATOS	FALLOS
LL1		0	100	88	13	1	99	24	76	34	66
LL2		51	49	55	45	19	81	94	6	71	29
LL3		100	0	10	90	53	47	0	100	67	33
LL4		0	100	39	61	36	64	81	19	58	42
LL5				48	52	0	100	0	100	48	52
LL6				74	26	80	20	95	5	85	15
LL7				59	41	47	53	59	41	58	42
LL8						1	99	0	100	1	99
NL1		50	50	38	62	0	100	50	50	43	57
NL2				68	32	74	26	0	100	69	31
NL3		70	30	65	35	21	79	47	53	60	40
NL4		91	9	1	99	21	79	51	49	55	45
NL5				67	33	56	44	0	100	64	36
NL6				45	55			85	15	77	23
NL7								87	13	87	13
NL8				60	40	86	14	81	19	74	26
NN1		100	0	45	55	15	85	36	64	55	45
NN2		24	76	33	67	69	31	30	70	48	52
NN3		100	0	61	39	9	91	67	33	72	28
NN4		83	17					74	26	77	23
NN5				69	31			95	5	77	23
NN6				0	100	41	59	91	9	82	18
NN7								0	100	0	100
NN8								0	100	0	100

Reflexiones sobre el funcionamiento. En la Tabla 2 se expone el balance de los datos obtenidos con los collares-GPS. Durante el experimento se ha visto que el dispositivo no es lo

suficientemente robusto para resistir las condiciones de montaña. Esta es la causa por la que algunos collares no han registrado dato alguno o el porcentaje registrado haya sido muy bajo (Tabla 2). Debido a impactos, el contacto entre la batería y el módulo GPS falla, o alguna de las piezas del circuito se suelta (NL1 en los días 14-19 y LL5), o por causa de los roces el cable de la antena se rompe (LL3 y NL2 los días 21-26). Además de lo mencionado, pueden ser otras razones las causantes de que los dispositivos no se hayan activado durante algún periodo: el error realizado a la hora de programar en el PC o problemas de activación por falta de señal (LL8 los días 21-26).

Dentro de los collares-GPS que han funcionado tenemos casos en los que hay un alto porcentaje de fallos. En las comprobaciones que se realizaron por observación directa se vio un fenómeno que afecta directamente al funcionamiento del collar. En las horas más calurosas del día las ovejas se resguardan del sol, si hay arbolado suficiente debajo de él, pero si no hay sombra suficiente se agrupan de forma que la antena del collar-GPS queda tapada perdiendo así la señal. Hay collares que al volver a tener señal se activan pero otros no han llegado a activarse. Por esta razón los días del 7 al 12 de junio y del 14 al 18 han sido las que menor porcentaje de datos han registrado. Durante estos días se registraron las temperaturas más altas (Tabla 3).

Tabla 3: Datos climáticos de las estaciones de Ordizia, Zegama y Berástegi registrados durante el periodo del experimento (año 2006). T°: temperatura. HRa: Humedad relativa del aire. DE: desviación estándar.

FECHA	T° media \pm DE (°C)	HRa media \pm DE (%)
JUNIO 2-5	17,05 \pm 4,0	74,21 \pm 14,8
JUNIO 7-12	27,15 \pm 4,2	52,84 \pm 14,7
JUNIO 14-18	24,20 \pm 4,5	69,94 \pm 26,1
JUNIO 21-27	20,11 \pm 2,6	90,57 \pm 8,1

Como crítica al dispositivo, también es necesario destacar que el sistema de registro de la actividad por medio del péndulo de mercurio ha resultado confuso y poco satisfactorio. La conversión del “número de golpes de cabeza” registrados durante 10 minutos a actividad de pastoreo del animal presenta grandes dificultades. El sistema nos da la intensidad de pastoreo y nuestro objetivo es convertirlo al sistema binario (pastando/no pastando).

Propuesta de mejoras. Proponemos las siguientes:

(a) *Sensor de actividad:* Para poder transformar los datos del sensor de actividad a actividad de pastoreo será necesario realizar ensayos utilizando simultáneamente distintos sistemas: el dispositivo denominado *TinytagPlus voltage input data logger* [6], el nuestro y complementarlo con observaciones directas. Con estas pruebas se valorará la efectividad de los distintos sistemas y se elegirá la que mejor refleje la actividad de pastoreo del animal.

(b) *Estructura, montaje y colocación del dispositivo:* en colaboración con el departamento de Física y Electrónica de la UPV, se diseñará un dispositivo más robusto y resistente a las condiciones de montaña. También, se independizará por un lado el módulo GPS y su antena externa, colocándolos en la parte superior o espalda del animal mediante un arnés, y por otro el sensor de actividad que se colocará con un collar debajo del cuello. Con esta separación de módulos se persigue independizar la programación de ambos para tener mayor flexibilidad a la hora de diseñar la toma de datos y ajustarlos a diferentes objetivos.

Conclusiones

Después de realizar un estudio de mercado de los collares-GPS concluimos que hay una amplia gama de collares que se ajustan a nuestros requerimientos: peso del collar entre el 0,7% y 2,1% del peso medio corporal (Kensuke *et al.*, 2005; Schlecht *et al.*, 2003); autonomía mínima de 5

días 24h/día (Casie, 2005; Bailey, 2001); sensor de actividad; precisión = 10 metros (para trabajar a escala de Parque Natural). La variable que marca la diferencia entre los collares-GPS es el coste/unidad y en este trabajo se ha visto que la creación *ad hoc* baja notablemente el precio. Aun así hay que remarcar que la creación *ad hoc* conlleva una puesta en marcha más complicada y laboriosa. Con este primer ensayo hemos concluido que es necesario adaptar el nivel de resistencia del dispositivo a las condiciones de montaña, modificar el sistema de colocación del dispositivo en el animal, mejorar el sistema del sensor de actividad e independizar el módulo de posicionamiento GPS del módulo o sensor de actividad. Así mismo, resulta imprescindible contar con una asistencia técnica o servicio de mantenimiento para poder asegurar un funcionamiento correcto de los collares y poder reparar a muy corto plazo las averías producidas durante el experimento.

Bibliografía

AGOURIDIS, C.T.; STOMBAUGH, T.S.; WORKMAN, S.R.; KOOSTRA, B.K.; EDWARDS, D.R., 2003. Examination of GPS Collar capabilities and limitations for tracking animal movement in grazed watershed studies. *ASAE Annual International Meeting*. Las Vegas, Nevada.

BAILEY, D.W., 2001. Evaluating new approaches to improve livestock grazing distribution using GPS and GIS technology. *Proc., 1st National Conference on Grazing Lands*, Las Vegas, NV, p. 91-99.

CONNER, L.M.; SMITH, M.D.; BURGER, L.W., 2003. A comparison of distance-based and classification-based analyses of habitat use. *Ecology*, 84: 526-531.

GANSKOPP, D.; CRUZ, R.; JOHNSON, D.E., 2000. Least-effort pathways?: a GIS analysis of livestock trails in rugged terrain. *Applied Animal Behaviour Science*, 68: 179-190.

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.

KAWAMURA, K.; AKIYAMA, T.; YOKOTA, H.; TSUTSUMI, M.; YASUDA, T.; WATANABE, O.; WANG, S., 2005. Quantifying grazing intensities using geographic information systems and satellite remote sensing in the Xilingol steppe region, Inner Mongolia, China. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 107: 83-93.

PALMER, S.C.F.; HESTER, A., 2000. Predicting spatial variation in heather utilization by sheep and red deer within heather/grass mosaics. *Journal of Applied Ecology*, 37: 616-631.

PERSON, C.N., 2005. Design and Development of a Low-Cost Global Positioning Collar to Monitor Grazing Patterns of Cattle. Magister Thesis (*Master of Science in Agriculture*), Faculty of the Graduate School Arkansas State University. Jonesboro, Arkansas.

RUTTER, S.M.; BERESFORD, N.A.; ROBERTS, G., 1997. Use of GPS to identify the grazing areas of hill sheep. *Computers and Electronics in Agriculture*, 17:177-188.

SCHLECHT, E.; HÜLSEBUSCH, C.; MAHLER, F.; BECKER, K., 2004. The use of differentially corrected global positioning system to monitor activities of cattle at pasture. *Applied Animal Behaviour Science*, 85:185-202.

SICKEL, H.; IHSE, M.; NORDERHAUG, A.; SICKEL, M.A.K., 2004. How to monitor semi-natural key habitats in relation to grazing preferences of cattle in mountain summer farming areas. An aerial photo and GPS method study. *Landscape and Urban Planning*, 67:67-77.

Páginas web:

[1] www.blueskytelemetry.com

[2] www.gabrielortiz.com.

[3] <http://www.unex.es/unex/servicios/comunicacion/archivo/2005/102005/03102005/art4>.

[4] www.televilt.se

[5] www.lotek.com

[6] <http://www.geminidataloggers.com/>

Agradecimientos

Este trabajo ha sido realizado gracias a la financiación concedida por la Universidad del País Vasco (beca predoctoral de M. Mendizabal y Proyecto de Investigación ref.: UPV05/135) y la Diputación Foral de Gipuzkoa. Se agradece enormemente el trabajo y esfuerzo realizado por los guardas del P.N. Aralar, los pastores de Aralar, en especial Mikel Begiristain y Bernardo Iztueta, la Mancomunidad de Enirio-Aralar, y los compañeros del Dept. Física y Electrónica de la UPV Javier Echanobe y Aitziber Anakabe.

A GPS-COLLAR DESIGN FOR LIVESTOCK MONITORING AT GRAZING AREA SCALE: DESCRIPTION AND PRELIMINARY RESULTS

Summary

Extensive grazing system is undoubtedly a key factor for the sustainable development of mountain areas, but there are already many questions which need to be clarified. For a suitable management of these complex systems, nowadays it is necessary to design, elaborate and validate decision support tools based on predictive models. These models include detailed and precise information about habitat selection patterns of animals, their temporal dynamic, grazing behaviour, and the exhaustive analysis of factors that determine and/or constrain this selection. This fact leads us to use GPS (*Global Positioning System*) techniques combined with monitoring tools of activity (grazing loggers) and GIS (*Geographic Information System*). The first GPS-collars were created for wildlife studies. Currently, the same collars are being applied in livestock monitoring, but they are not exempt from problems, besides of being too expensive and economically inaccessible for many research teams. The alternative of that collars is to create a GPS-device *ad hoc*. In this work we describe our own GPS-device and we present some preliminary results, discussing on difficulties and mistakes that we had to overcome, also we suggest possible solutions and enhances. The cost of 1 GPS-device *ad hoc* including battery and charging-box is 280€(without IVA). In general, the results were not satisfactory due to the high percentage of data lacks and collar damages, nevertheless this experience provide us with the profitable ideas for enhancing the device design.

Key words: spatial data, activity, GPS, GIS, predictive model, *ad hoc* device.

ESTABILIDAD AERÓBICA DE ENSILADOS DE HABONCILLOS vs EN ASOCIACIÓN CON TRITICALE, CULTIVADOS BAJO CONDICIONES ORGÁNICAS

A. MARTÍNEZ FERNÁNDEZ; F. VICENTE; A. ARGAMENTERÍA; A. SOLDADO; B.
DE LA ROZA DELGADO

Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario (SERIDA). Área de
Nutrición Animal, Pastos y Forrajes. Apdo. 13. E-33300 Villaviciosa (Asturias), España.
Telf: +34 985 890 066 Fax: +34 985 891 854 admartinez@serida.org

Resumen

En invierno de 2004 se estableció un cultivo intercalar de triticale y haba forrajera, implantado simultáneamente con una pradera de larga duración de raigrás inglés y trébol blanco, en condiciones ecológicas, en un área experimental de 360 m² en la zona central de Asturias. Tras 14 semanas de crecimiento, el forraje fue cosechado y separado en tres fracciones: *intercultivo con sotosiembra*, *intercultivo cereal-leguminosa o leguminosa aislada* del resto, para posteriormente elaborar ensilados de laboratorio considerando como efectos fijos el tipo de forraje, prehenificado y uso de aditivo con el propósito de evaluar sus efectos sobre la estabilidad aeróbica. Los resultados obtenidos mostraron que la inclusión de triticale en un cultivo de invierno de haba forrajera como alternativa al raigrás italiano mejora la ensilabilidad y fermentabilidad de la asociación forrajera. Este efecto, es más evidente cuando el forraje se prehenifica durante 24 horas previamente a su ensilado. La inclusión de *Lactobacillus buchneri* con una dosis de aplicación de 1×10^5 ufc g⁻¹ de forraje fresco afectó significativamente el proceso fermentativo induciendo una mayor fermentación acética y, como consecuencia, un pH final más elevado con menores concentraciones de *ácido láctico*, pero sin afectar significativamente la evolución de la temperatura en los 10 días siguientes a la apertura de los ensilados.

Los mejores resultados referidos a estabilidad aeróbica, tanto en evolución de temperatura como en pH fueron para la mezcla triticale-haba forrajera prehenificada y sin aditivo, directamente relacionados con su mayor coeficiente de fermentabilidad.

Palabras clave: ensilabilidad, prehenificado, aditivo, pH, temperatura

Introducción

En las explotaciones lecheras del norte de España, la rotación de cultivo más habitual, por su elevada productividad, ha sido la de maíz-raigrás italiano, repitiéndose de forma continuada a lo largo del tiempo. Sin embargo, su efecto negativo sobre la fertilidad del suelo y su exigencia en abonados nitrogenados ha impulsado la introducción de nuevos cultivos forrajeros que supongan una alternativa al raigrás italiano como cultivo de invierno. Una de estas alternativas son las mezclas de gramíneas con leguminosas que por su capacidad de fijar nitrógeno en el suelo contribuyen a disminuir los requerimientos de nitrógeno con el consiguiente beneficio medioambiental (de la Roza *et al.*, 2004; Argamentería *et al.*, 2005). Estudios previos realizados en el SERIDA por Martínez *et al.* (2002) en los que se ensayaron varias leguminosas asociadas a cereales, como alternativa al raigrás italiano, revelaron los mejores resultados en producción y calidad nutritiva para la combinación triticale (x *Triticosecale* Wittm.) con habas forrajeras (*Vicia faba* L.). En esta asociación, la gramínea aportaría materia seca y azúcares solubles que mejorarían la ensilabilidad reduciendo riesgos medioambientales por emisión de efluentes (de la Roza *et al.*, 2004). Ahora bien, la calidad nutritiva de la mezcla triticale-haba forrajera resulta

inferior a la del haba forrajera en solitario (Argamentería *et al.*, 2004) por lo que parece necesario estudiar también el comportamiento de estas últimas como monocultivo de invierno.

Por otra parte, el incremento en el tamaño de las explotaciones ganaderas conlleva la necesidad de disponer de gran cantidad de alimentos conservados para cubrir las necesidades del período invernal. La forma más habitual de conservación de grandes volúmenes de forraje es en silos donde la infiltración de aire durante el almacenaje y la alimentación es habitual, lo que estimula el crecimiento de microorganismos aerobios provocando un rápido deterioro del ensilado. Las levaduras son las que inician este proceso degradando el ácido láctico y provocando el calentamiento de los ensilados (Taylor *et al.*, 2002), debido a reacciones exotérmicas, con la consiguiente pérdida de materia seca y energía.

Paradójicamente, algunos aditivos que mejoran la actividad fermentativa durante el proceso de ensilado empeoran su estabilidad durante el almacenamiento y tras la apertura por su baja producción de factores antifúngicos (Kung *et al.*, 2003). Ahora bien, las levaduras pueden ser inhibidas con la presencia de ácidos grasos de cadena corta, como el ácido acético, que penetra por difusión pasiva en las células y liberan iones de hidrógeno que disminuyen el pH intracelular rápidamente provocando la muerte celular (Ruser y Kleinmans, 2005). Diversos trabajos han demostrado la eficiencia del aditivo biológico *Lactobacillus buchneri* 40788 el cual adicionado al forraje una vez cosechado, incrementa la fermentación acética del mismo, de modo que disminuye la contaminación fúngica, mejorando la estabilidad aeróbica del ensilado (Weinberg *et al.*, 1999; Kung y Ranjit, 2001).

El objetivo del presente trabajo ha sido estudiar el efecto de la adición de *Lactobacillus buchneri* sobre la estabilidad aeróbica de los ensilados de haba forrajera sola o asociada con triticale o con triticale y la sotosiembra procedente de la pradera implantada conjuntamente con la asociación cereal-leguminosa, cultivadas en condiciones orgánicas y elaborados en las condiciones climatológicas de la Cornisa Cantábrica, tanto en corte directo como prehenificado.

Materiales y Métodos

Un cultivo asociado de triticale (x *Triticosecale* Wittm.) y haba forrajera (*Vicia faba* L.) fue implantado simultáneamente con una pradera de larga duración de raigrás inglés (*Lolium perenne* L.) y trébol blanco (*Trifolium repens* L.) según los requerimientos de la agricultura ecológica en una parcela experimental de 360 m² localizada en la zona central de Asturias (43,23N 6,07O) durante el invierno de 2004. La dosis de siembra para el cultivo asociado fue de 159 granos m⁻² y de 26 semillas m⁻² para el triticale y las habas forrajeras, respectivamente.

Tras 14 semanas de crecimiento se cosechó la mezcla (triticale + habas forrajeras + sotosiembra) obteniéndose una relación de 63:1 en el número de plantas de triticale y habas forrajeras. La producción total de forraje se dividió en tres partes: 1) mezcla forrajera completa (THS), 2) mezcla de triticale-haba forrajera tras retirar manualmente la sotosiembra (TH) y 3) habas forrajeras tras retirar el resto de especies asociadas (H). Cada una de las partes fue analizada en verde para definir sus características de ensilabilidad y composición química y, posteriormente, fue ensilada utilizando microsilos experimentales de acuerdo al modelo propuesto y validado por Martínez y de la Roza (1997) con tres réplicas de cada ensilado. Se realizaron un total de 10 tratamientos considerando tipo de forraje (TSH, TH o H), ensilado directo (D) o prehenificado durante 24 horas (P) y uso (SA) o no (NA) de un aditivo biológico. De la mezcla THS sólo se realizaron los tratamientos correspondientes a la adición o no de aditivo en corte directo debido a la falta de material vegetal. Se utilizó como aditivo el *Lactobacillus buchneri* NCIMB strain 40788 (Lallemand Animal Nutrition, BP 59, Cedex, France), aditivo biológico formulado a partir de cepas de bacterias lácticas heterofermentativas y orientado a mejorar la estabilidad aeróbica del ensilado, con una dosis de aplicación de 1×10⁵ ufc g⁻¹ de forraje fresco.

Transcurridos 80 días los microsilos fueron abiertos e inmediatamente muestreados para determinar sus características fermentativas y nutritivas (Vicente *et al.*, 2006; Martínez Fernández *et al.*, 2006).

Tras la apertura de los microsilos, los ensilados fueron expuestos al aire en una habitación de temperatura controlada a $20\pm 1^\circ\text{C}$ (Martínez y de la Roza, 1999) para evaluar su estabilidad aeróbica. Ésta fue definida por Moran *et al.* (1996) como el número de horas que la masa de forraje tarda en incrementar su temperatura en 2°C . Para ello, los ensilados se colocaron en cajas de poliestireno expandido (60 x 40 x 15 cm) provistas de tapas no herméticas y almacenadas durante 10 días. La temperatura y el pH de los ensilados abiertos fueron monitorizadas diariamente según el procedimiento descrito por de la Roza *et al.* (1999).

Los datos diarios de pH y temperatura fueron contrastados mediante un análisis de varianza de medidas repetidas en el tiempo a lo largo de 10 días considerando como efectos fijos el tipo de forraje, tratamiento del mismo y aditivo. Los análisis estadísticos se realizaron con la ayuda del paquete estadístico SAS (1999).

Resultados y discusión

En la tabla 1 se muestran los resultados de ensilabilidad y el coeficiente de fermentabilidad (Schmidt *et al.*, 1971, citado por Weissbach, 1999) de cada una de las fracciones forrajeras estudiadas. La presencia de triticale en la mezcla forrajera mejoró el contenido en materia seca y en azúcares solubles lo que indujo un mayor coeficiente de fermentabilidad. Asimismo, 24 horas de oreo causaron una mejora adicional en las condiciones de ensilabilidad tanto en las habas forrajeras como con su asociación con el triticale.

Tabla 1. Características de ensilabilidad y coeficiente de fermentabilidad de las distintas fracciones ensiladas.

	THS		TH		H	
	<i>Directo</i>	<i>Directo</i>	<i>Prehenificado</i>	<i>Directo</i>	<i>Prehenificado</i>	
MS (g kg^{-1})	195	206	361	183	280	
AzSol ($\text{g kg}^{-1}\text{MS}$)	148	201	251	94	142	
CT ($\text{meq NaOH kg}^{-1}\text{MS}$)	255	218	127	319	221	
CF	24	28	52	21	33	

THS: triticale + habas forrajeras + sotosiembra; TH: triticale + habas forrajeras; H; habas forrajeras
MS: Materia seca; AzSol: Azúcares solubles; CT: Capacidad tampón; CF: Coeficiente de fermentabilidad

En las tablas 2 y 3 se muestran las características fermentativas de los ensilados resultantes y la significación estadística debida a los diferentes efectos. Como puede observarse el aditivo ensayado modificó significativamente el perfil fermentativo de los ensilados de acuerdo con las características metabólicas de las cepas heterofermentativas, es decir, transformando los azúcares solubles en ácido láctico en una primera etapa de la fermentación y posteriormente transformando este ácido láctico en ácido acético y ácido propiónico con un incremento en el pH final. Resultados similares con este mismo aditivo han sido puestos de manifiesto por diversos autores en ensilados de alfalfa (Kung *et al.*, 2003) y en ensilados de hierba, de planta entera de maíz y de diversos cereales (Ruser y Kleinmans, 2005; Kleinschmit y Kung, 2006).

Tabla 2. Efecto del prehenificado y del uso de *Lactobacillus buchneri* sobre el pH y las características fermentativas de los ensilados resultantes.

	TSH		TH				H			
	D-NA	D-SA	D-NA	D-SA	P-NA	P-SA	D-NA	D-SA	P-NA	P-SA

pH	4,21	4,43	3,94	4,27	4,09	4,18	4,06	4,67	4,27	4,55
Ác. Láctico ¹	43,4	6,3	66,6	24,5	38,9	29,4	46,5	23,9	82,7	24,8
Ác. Acético ¹	62,8	86,9	48,5	88,9	39,5	66,6	37,3	60,6	25,8	64,6
Ác. Propiónico ¹	2,4	22,2	1,7	3,9	2,5	4,8	2,8	20,4	8,6	10,8

THS: triticale + habas forrajeras + sotosiembra; TH: triticale + habas forrajeras; H: habas forrajeras.

¹ g kg⁻¹ MS. D: ensilado directo; P: ensilado tras 24 h de prehenificación; NA: No adición de aditivo; SA: adición de aditivo

Veinticuatro horas de prehenificado del forraje previo a la elaboración del ensilado reduce las fermentaciones láctica y acética independientemente del tipo de forraje. Sin embargo, la interacción P*A, aunque no alcanzó los valores del ácido acético de los ensilados directos con aditivo (65,6 vs. 74,7 g kg⁻¹MS) sigue siendo significativamente superior a los ensilados en corte directo sin aditivo (65,6 vs. 42,9 g kg⁻¹MS). Estos incrementos en la concentración final de ácido acético, debidos a la acción del aditivo y de la prehenificación, deberían traducirse en una mejora en la estabilidad aeróbica de los mismos.

Tabla 3. Significación estadística de los efectos estudiados: Especie (E), prehenificado (P) y adición de aditivo (A).

	E	P	A	E*P	E*A	P*A
pH	***	NS	***	NS	***	***
Ác. láctico	***	***	***	NS	***	***
Ác. acético	***	***	***	*	NS	NS
Ác. propiónico	***	NS	***	**	***	***

*, ** y *** Significante a niveles 0,05, 0,01 y 0,001 % respectivamente. NS p>0.05

El efecto prehenificado no ha sido considerado en el forraje THS.

Tabla 4. Evolución de la temperatura (°C) de los microensilados en los diez días siguientes a su apertura según tipo de forraje, prehenificado y adición de aditivo.

Día	THS		TH				H			
	D-NA	D-SA	D-NA	D-SA	P-NA	P-SA	D-NA	D-SA	P-NA	P-SA
1	19,32	18,88	18,04	18,48	18,88	18,84	19,36	19,12	19,38	18,58
2	17,94	17,68	17,10	16,84	17,56	17,36	16,98	17,80	17,82	18,12
3	18,26	17,98	18,42	18,98	18,36	17,94	18,34	18,42	18,02	18,70
4	17,76	17,74	17,84	17,80	18,12	17,78	17,96	17,88	18,48	17,96
5	17,94	18,56	17,68	17,82	18,20	17,92	18,22	18,00	17,94	17,96
6	18,04	18,26	17,62	17,86	18,10	18,18	18,14	17,82	17,90	18,04
7	18,60	18,06	18,70	18,10	18,34	19,08	18,28	18,24	18,98	18,86
8	18,68	18,54	18,70	18,16	19,20	18,78	18,44	19,24	19,06	18,78
9	18,62	18,64	19,16	18,34	18,90	19,06	18,14	17,90	18,22	18,20
10	18,28	18,62	19,74	19,60	19,48	19,58	19,36	18,70	18,80	18,70

THS: triticale + habas forrajeras + sotosiembra; TH: triticale + habas forrajeras; H: habas forrajeras

D: ensilado directo; P: ensilado tras 24 h de prehenificación; NA: No adición de aditivo; SA: adición de aditivo.

De acuerdo con la definición de estabilidad aeróbica dada por Moran *et al.*, (1996), todos los ensilados se mantuvieron estables al menos durante 10 días tras su apertura con independencia del tipo de forraje, tratamiento y uso de aditivo. Es de resaltar que en ninguno de los tratamientos estudiados las temperaturas finales superaron la temperatura ambiente. No obstante, cabe destacar que según el análisis estadístico de medidas repetidas en el tiempo (Tabla 4), a efectos de temperatura, los efectos fijos considerados no resultaron significativos excepto el tratamiento de prehenificación que provocó una menor temperatura final tras el período de exposición al aire (19,67 vs 19,30 °C para TH y 19,53 vs 19,07 °C para H).

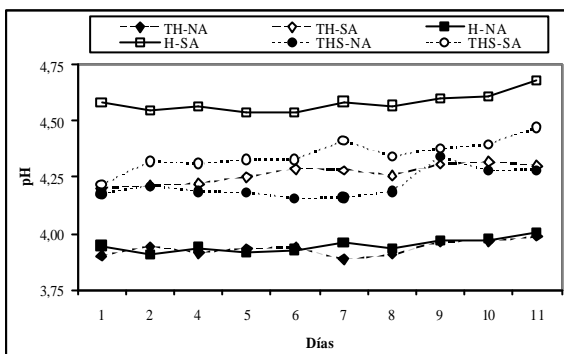


Figura 1. Evolución del pH para los ensilados elaborados en corte directo en función del tipo de forraje y del aditivo.

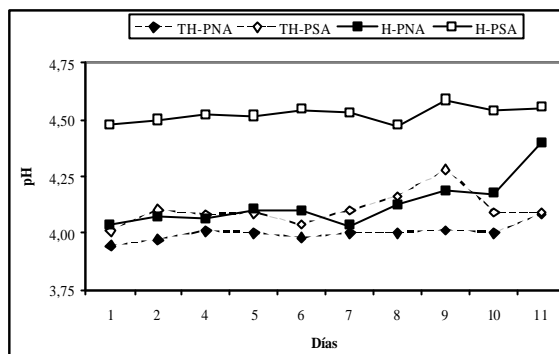


Figura 2. Evolución del pH para los ensilados elaborados tras 24 horas de oreo en función del tipo de forraje y del aditivo.

En las figuras 1 y 2 se observa la evolución del pH en el tiempo. Ésta se vio afectada significativamente con el tipo de forraje (4,37, 4,12 y 4,41 de pH final para THS, TH y H, respectivamente ($p < 0,001$) y la inclusión de aditivo (4,15 y 4,58 para los ensilados elaborados sin y con aditivo respectivamente ($p < 0,001$), así como la interacción forraje*aditivo, en la cual los valores más bajos de pH correspondieron a la asociación triticale y haba forrajera sin aditivo ($pH = 3,98$) y los más altos a los ensilados de haba forrajera elaborados con aditivo ($pH = 4,66$). El prehenificado no afectó a la evolución del pH (4,28 vs. 4,29 de pH final para los ensilados prehenificados y no prehenificados respectivamente ($p < 0,001$).

Conclusiones

La inclusión de cereales en las asociaciones forrajeras con leguminosas destinadas a su utilización para ensilado, así como la prehenificación del forraje previo a su ensilado, mejora sustancialmente las condiciones de ensilabilidad y de fermentabilidad. La inclusión de aditivos formulados en base a cepas de bacterias lácticas heterofermentativas induce un mayor pH en los ensilados resultantes, como consecuencia de una mayor fermentación *acética*. La adición de *Lactobacillus buchneri* no mejoró, en este ensayo, la estabilidad aeróbica de los ensilados a efectos de evolución en el tiempo de la temperatura tras la apertura del silo, mientras que la prehenificación del forraje mostró un efecto positivo. El mejor comportamiento en cuanto a estabilidad aeróbica, tanto en evolución de temperatura como en pH fue para la mezcla triticale-haba forrajera prehenificada y sin aditivo, directamente relacionado con su mayor coeficiente de fermentabilidad.

Bibliografía

ARGAMENTERÍA, A.; CUETO, M. A.; DE LA ROZA-DELGADO, B.; VICENTE, F.; MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ, A., 2005. Evolución de la ingestión voluntaria, digestibilidad in vivo y respuesta en producción y calidad de la leche, del ensilado de triticale haboncillos según momento de corte. En: *Producciones agroganaderas: Gestión eficiente y conservación del medio natural*. K. Osoro.; A. Argamentería.; A. Larraceleta (Eds). **Vol (I)**, 169-173. Actas de la XLV Reunión Científica de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos. Gijón (Asturias).

ARGAMENTERÍA, A.; DE LA ROZA, B., MARTÍNEZ, A. y VICENTE, F., 2004. Yield of intercropped of triticale and fava bean according to their developing state. Preliminary results. En: *Land Use Systems in Grassland Dominated Regions*. Proceedings of European Grassland Federation. 20th General Meeting. Luzaern (Switzerland).

KLEINSCHMIT, D. H.; KUNG, L., 2006. A meta analysis of the effects of *Lactobacillus buchneri* on the fermentation and aerobic stability of corn and grass and small grain cereals. *J. Dairy Sci.*, **89**, 4005-4013.

KUNG, L. y RANJIT, N. K., 2001. The effect of *Lactobacillus buchneri* and other additives on the fermentation and aerobic stability of barley silage. *J. Dairy Sci.*, **84**, 1149-1155.

KUNG, L.; TAYLOR, C. C.; LYNCH, M. P.; NEYLON, J. M., 2003. The effect of treating alfalfa with *Lactobacillus buchneri* 40788 on silage fermentation, aerobic stability, and nutritive value for lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, **86**, 336-343.

MARTÍNEZ, A.; ARGAMENTERÍA, A.; DE LA ROZA-DELGADO, B.; MARTÍNEZ FERNÁNDEZ, A., 2002. Mezclas cereal-leguminosa como forraje invernal en zonas húmedas. En: *Producción de Pastos, Forrajes y Céspedes*. C. Chocarro *et al.* Eds. Actas de la XLII Reunión Científica de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos. Lleida. 315-320.

MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ, A.; DE LA ROZA B., 1997. Poder contaminante de los efluentes de ensilados de hierba y raigrás italiano según materia seca del forraje inicial y aditivo utilizado. En: Actas de la XXXII Reunión Científica de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos. Sevilla. 199-204.

MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ, A.; DE LA ROZA B., 1999. Efecto de diferentes aditivos sobre la estabilidad aeróbica en ensilados según tipos de pradera. En: Actas de la XXXIX Reunión Científica de la Sociedad española para el Estudio de los Pastos. Almería. 237-243.

MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ, A.; VICENTE, F.; DE LA ROZA-DELGADO, B.; SOLDADO, A.; MARTÍNEZ, A.; ARGAMENTERÍA, A., 2006. Silage quality of faba-bean alone or with triticale growing organically. II: Effect of *Lactobacillus buchneri*. En: *Sustainable Grassland Productivity*. Eds J. LLOVERAS *et al.* Vol (11), 366-368. Proceedings of the 21 st General Meeting of the European Grassland Federation. Badajoz (España).

MORAN, J.P.; WEINBERG, Z.G.; ASHBELL, G.; HEN, Y.; OWEN, T.R., 1996. A comparison of two methods for the evaluation of the aerobic stability of whole crop wheat silage. 162-163 En: *Proceedings of the XI International Silage Conference*. Aberystwyth (UK).

DE LA ROZA-DELGADO, B.; MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ, A.; ARGAMENTERÍA, A., 1999. Estabilidad aeróbica, calidad de los ensilados de raigrás italiano y su respuesta de producción según la naturaleza del aditivo empleado. *ITEA Vol. Extra 20*, 526-528.

DE LA ROZA-DELGADO, B.; MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ, A.; SOLDADO-CABEZUELO, A.; ARGAMENTERÍA GUTIÉRREZ, A. (2004). Evolución de la producción y ensilabilidad de la asociación triticale haboncillos, según su estado de desarrollo. En: *Pastos y Ganadería Extensiva*. Eds. B. GARCÍA CRIADO., A. GARCÍA CIUDAD., B. VÁZQUEZ DE ALDANA., I. ZABALGOGEAZCOA. 273-277. Actas de la XLIV Reunión Científica de la Sociedad española para el Estudio de los Pastos. Salamanca (España).

RUSER, B.; KLEINMANS, J. (2005). The effect of acetic acid on the aerobic stability of silages and on intake. En: *Silage production and utilisation*. Eds. R. S. PARK, M. D. STRONGE. 231. Proceedings of the XIVth International Silage Conference. Belfast (UK).

SAS Institute, SAS/STATTM, 1999. User's Guide. Release 8.2. SAS Institute, Inc. 10 Cary, NC.

TAYLOR, C. C.; RANJIT, N. J.; MILLS, J. A.; NEYLON, J. M.; KUNG, L., 2002. The effect of treating whole plant barley with *Lactobacillus buchneri* 40788 on silage fermentation, aerobic stability, and nutritive value value for lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* **85**,1793-1800.

VICENTE, F.; MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ, A.; DE LA ROZA-DELGADO, B.; SOLDADO, A.; PEDROL, N.; ARGAMENTERÍA, A., 2006. Silage quality of faba-bean alone or with triticale growing organically. I: Effect of wilting. En: *Sustainable Grassland Productivity*. Eds. J. LLOVERAS *et al.* **Vol (11)**, 357-359. Proceedings of the 21 st General Meeting of the European Grassland Federation. Badajoz (España).

WEINBERG, Z.G.; ASHBELL, G. y HEN, Y., 1999. The effect of *Lactobacillus Buchneri* and *L. plantarum*, applied at ensiling, on the ensiling fermentation and aerobic stability of wheat and softgum silages. *J. Industr. Microbiol.*, **23**, 218-222.

WEISSBACH, F., 1999. Consequences of grassland de-intensification for ensilability and feeding value of herbage. pp. 41-53 En: *Contributions of Grassland and Forage Research to the development of Systems of Sustainable Land Use*. Institute of Crop and Grassland Science of the Federal Agriculture Research Centre (FAL), Braunschwig (Germany).

Agradecimientos

Los autores desean expresar su agradecimiento al INIA por la financiación del proyecto que ha permitido la ejecución de este trabajo (RTA2006-00082-C02), así como al personal técnico del Laboratorio de Nutrición Animal del SERIDA por su colaboración.

AEROBIC STABILITY OF FAVA BEAN SILAGES *vs* IN ASSOCIATION WITH TRITICOSECALE, GROWING UNDER ORGANIC CONDITIONS

Summary

In 2004 winter, an intercrop of triticale and fava bean was established on an old low-input mixed sward (*Lolium perenne-Trifolium repens*), grown organically using an experimental plot area of 360 m², located in the North West of Spain. After 14 weeks growing, forages were collected and divided in three sub-plots: intercrop with sward, intercrop cereal-legume and isolated legume. To elaborate laboratory silages were considered as fixed effects type of forage, pre-wilting and additive used, in order to evaluate their effects on aerobic stability. The results showed that the inclusion of triticale with a winter culture like fava bean as alternative to Italian ryegrass improves the ensilability and fermentability parameters on forage association. This effect is higher when the forage is wilted during 24 hours before to make the silage. The inclusion of *Lactobacillus buchneri* with a rate of 1×10^5 ufc g⁻¹ of fresh forage affected the fermentative process significantly, inducing a higher acetic fermentation, increasing the final pH value and decreasing lactic acid content. These changes did not affect the temperature evolution during the 10 days after opening the silages.

About aerobic stability the best results temperature and pH evolution were found for the pre-wilted intercrop of triticale and fava bean without additive. These effects are related directly to their higher fermentability coefficient.

Key words: ensilability, pre-wilted, additive, pH, temperature

COMPORTAMIENTO DE OVINOS EN PASTOREO LIBRE Y GUIADO POR PASTOR EN UN PUERTO PIRENAICO

R. GARCÍA-GONZÁLEZ¹, R. REINÉ², S. PÉREZ², M. GARTZIA¹ & D. GÓMEZ¹

¹ Instituto Pirenaico de Ecología CSIC, Apdo. 64, 22700 Jaca

² Dpto. de Agricultura y Economía Agraria, Escuela Politécnica Superior, Universidad de Zaragoza (Huesca)

Resumen

En este trabajo se ha estudiado el comportamiento y distribución espacial de un rebaño de 2800 ovejas durante su estancia en un puerto de verano del Pirineo occidental. La primera mitad del periodo de pastoreo se realizó con pastor y la segunda mitad en pastoreo libre. Se registró diariamente la distribución y la actividad principal del rebaño y por medio de un sistema de información geográfico se superpuso esta distribución a capas relacionadas con variables topográficas y de vegetación. Se ha estudiado la selección por dichas variables para dos actividades (pastoreo en movimiento y estacionario), y cuando el rebaño es guiado y en ausencia de pastor. En pastoreo libre las ovejas seleccionaron altitudes y pendientes más elevadas, la superficie explorada fue mayor y aumentó la proporción de pastoreo en movimiento. En los dos periodos y actividades, se seleccionan los pastos de *Bromion*, *Nardion* y *Saponarion*. En el primer periodo, durante el pastoreo en movimiento, las ovejas seleccionaron también el pasto bajo leñosas, y durante el segundo periodo, seleccionaron también los pastos de *Elynon* en el pastoreo estacionario, y los de *Festucion eskiae* y *F. scopariae* en el pastoreo en movimiento.

Palabras clave: conducta pastoreo, pastos de puerto, influencia del pastor, SIG, Pirineos

Introducción

El pastoreo estival del ganado en los pastos de puerto pirenaicos se viene practicando desde hace siglos. En la actualidad este aprovechamiento está experimentando variaciones importantes debidas a los cambios de usos agrarios, motivados por factores económicos y sociales. Una de sus consecuencias es la falta de pastores cualificados que conduzcan los rebaños de ovinos durante su estancia en puerto. Podría llegar el caso de que, en el futuro, los rebaños tengan que pastar libremente, con muy escasa vigilancia, o con seguimientos a distancia (por ej. con GPS). Por ello es interesante conocer cual es el uso del espacio y de la vegetación, que los ovinos realizan en una situación controlada por pastor o pastando libremente.

El comportamiento animal es el primer factor a tener en cuenta para comprender la gestión de un sistema pastoral. Especialmente importante es el ciclo que sucede tras el reposo nocturno, al cual suelen seguir dos periodos de alimentación separados por una fase de reposo-rumia a medio día (Aldezabal *et al.*, 1999). El periodo de pastoreo vespertino suele ser más importante que el matutino (Bowns, 1971; García-González *et al.*, 1990). Cada modelo de actividades cotidianas del ganado está motivado por los desplazamientos espontáneos del mismo o los impuestos por el pastor. Las modalidades concretas de estos desplazamientos (dirección, horarios) dependen esencialmente de las características físicas (topografía) del espacio pastoral y en particular de la distribución espacial de la vegetación, majadas y puntos de agua (Arnold y Dudzinski, 1978).

Material y Métodos

El puerto de Collarada, en el municipio de Villanúa, tiene una superficie de 2011 ha y forma parte de las Sierras Interiores pirenaicas del norte de la provincia de Huesca. Se asienta sobre un modelado cárstico, que forma resaltes agrestes y pronunciados como el pico del Collarada, su altura máxima (2886 m), siendo su altura mínima de 1100 m. Las orientaciones que predominan son las de componente S y W, y las pendientes dominantes son superiores al 40%. El tercio inferior del puerto está ocupado por un bosque de *Pinus sylvestris* (35%) y la parte superior está compuesta por pastos de puerto del tipo *Saponarion* (10%), *F. scopariae* (10%), gleras (10%), *Bromion* (6%), *Elymion* (3%), *Primulion* (3%), *Nardion* (1%), *F. eskiae* (1%) y rocas calizas desnudas (28%) (Gómez-García *et al.*, 2002). Se elaboró un mapa de vegetación de la zona que posteriormente fue digitalizado (Gartzia y Gómez, inédito). De la zona forestal, solo una banda superior limítrofe con el pasto, es utilizada por las ovejas para realizar alguna de sus actividades. Por ello, la mayor parte de la superficie forestal ha sido descontada como superficie disponible para las ovejas, a pesar de que administrativamente pertenece a la unidad pastoral.

Las zonas de suelo desnudo, sin embargo, se han contabilizado como disponibles, ya que algunas actividades se han realizado en este sustrato. El total de superficie disponible asciende a 1501 ha.

Para el estudio del comportamiento, distribución y selección de las variables físicas y de vegetación por parte de las ovejas, se realizó un seguimiento del rebaño comunal compuesto por 2800 ovejas que utilizó el puerto en el verano de 2004 (Pérez García, 2005). El seguimiento del rebaño, se realizó diariamente desde el primer día de entrada en puerto (4 de julio) hasta el 28 de agosto, diferenciando dos periodos: *Periodo 1 (del 4julio-25julio, P1)* de pastoreo dirigido, es decir guiado por pastores, y *Periodo 2 (26julio-28agosto, P2)* de pastoreo libre, en el que los pastores solo intervinieron para realizar curas o repartir la sal.

Se distinguieron cinco tipos de actividad. *Pastoreo estacionario*: las ovejas pastan en determinadas zonas sin apenas moverse. *Pastoreo en movimiento*: las ovejas pastan mientras se desplazan de una a otra zona. *Desplazamiento*: las ovejas se desplazan sin pastar. *Reposo*: el rebaño descansa, de pie o echado, por la noche o en las horas centrales del día. *Actividad nocturna*: actividad que transcurre solo durante el Periodo 2 (pastoreo libre) y que incluye tanto el pastoreo como el desplazamiento.

Sobre ortofotos en color extraídas de SIGPAC (Ministerio de Agricultura) escala 1:5000, se dibujó la posición del rebaño trazando un polígono en el lugar en donde se realizaba la actividad principal y las horas de duración. Se digitalizaron los polígonos en ArcGIS 8.3 y se calcularon las áreas ocupadas por los rebaños cada día en cada actividad.

Se elaboró un modelo digital de elevaciones (MDE píxel 5x5 m) y se obtuvieron los valores de la superficie disponible y usada para determinadas categorías de del puerto. Lo mismo se realizó con las categorías vegetales. Se calcularon las áreas para estas cuatro variables (pendiente, orientación, altitud y vegetación) en donde habían estado cada día los rebaños. Después de sumar las áreas según los dos periodos y actividades, obtuvimos el área total utilizada por el rebaño y se comparó, según actividad y periodo, con la superficie disponible en el puerto. Para comprobar la significación entre lo usado (observado) y lo disponible (esperado) realizamos test de chi-cuadrado para cada variable y actividad. Cuando el test resultaba significativo, realizamos tests de Bonferroni (Neu *et al.*, 1974; Gillen *et al.*, 1984) para calcular la selección o rechazo de las ovejas por determinadas categorías de las variables físicas o de vegetación.

Por razones de espacio, en este trabajo solo estudiaremos la selección de las dos actividades de pastoreo: en movimiento y estacionario.

Resultados y discusión

Superficie utilizada

En los dos tipos de pastoreo, tanto en movimiento como estacionario, la ausencia de guía por parte de los pastores durante el periodo 2, se traduce en una mayor utilización de la superficie disponible (figs. 1 y 3), tal como también observó Favre (1979) en puertos de los Alpes.

La majada y abrevadero principal condicionan en gran medida la distribución de los animales. El mayor solapamiento de los polígonos de ocupación diarios se concentra en torno a este lugar (zonas más oscuras en figuras 1 y 3). Sólo durante el periodo de pastoreo libre (P2) y para el pastoreo en movimiento, las ovejas se independizan de la majada-abrevadero principal, usando otras zonas para el reposo y la abrevada. Con ello la distribución es más dispersa y se ocupa más superficie del territorio disponible (fig. 1, dcha.).

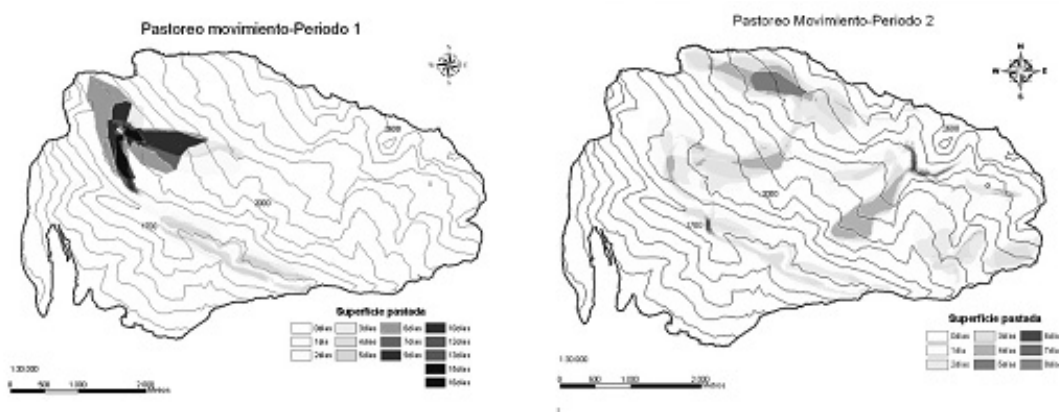


Figura 1: Distribución espacial y frecuencia de ocupación de la superficie pastada en el *pastoreo en movimiento* durante el periodo 1 (4 al 25 de julio) a la izquierda y el periodo 2 (26 de julio-28 de agosto) a la derecha. La intensidad de grises indica los días de ocupación.

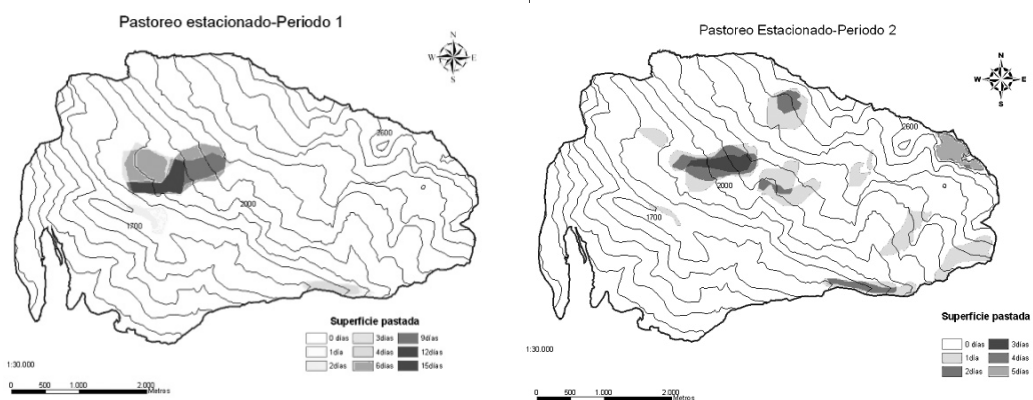


Figura 3: Distribución espacial y frecuencia de ocupación de la superficie pastada en el *pastoreo estacionario* durante el periodo 1 (4 al 25 de julio) a la izquierda y el periodo 2 (26 de julio-28 de agosto) a la derecha. La intensidad de grises indica los días de ocupación.

Al haberse mantenido constante el número de animales durante los dos periodos de pastoreo estudiados, la superficie de cada polígono está inversamente relacionada con su carga ganadera.

El hecho de que durante el periodo 1 esta sea más alta, está relacionado con la acción de los pastores, los cuales determinan y concentran la superficie a pastorear por el rebaño. El aprovechamiento de los recursos pastables se realiza de una manera más eficaz, ya que las partes bajas sufren primero los efectos del agostamiento y conviene que sea pastoreada intensamente durante la primera mitad del periodo de pastoreo. Por otra parte, en las partes altas del puerto, el pasto todavía escasea y por ello no se utiliza hasta el mes de agosto.

Selección de las variables topográficas y de vegetación

El rango altitudinal utilizado en los dos tipos de pastoreo, refleja perfectamente el desplazamiento hacia las partes más elevadas que se realiza durante el periodo 2, mencionado anteriormente (Figs. 2 y 4). El crecimiento de la hierba se retrasa con la altitud, ya que las temperaturas son más bajas. Cuando el pasto comienza a secarse en agosto en altitudes bajas (1600-2000 m), en altitudes elevadas (> 2000 m) se encuentra en su óptimo de producción y calidad (García-González et al., 1990). Durante este periodo 2, las ovejas, libres de la influencia de los pastores, se desplazan espontáneamente hacia estas partes altas accediendo así a un pasto de mayor calidad. Este tipo de estrategia se repite en prácticamente todos los puertos pirenaicos (García-González et al., 1990; Aldezabal, 2001) y alpinos (Chatelin y Troxler, 2005).

Las zonas prácticamente llanas (pendiente < 10%) son utilizadas en igual proporción a la superficie disponible en los dos periodos (P1 y P2) y tipos de pastoreo (en movimiento y estacionario)(Figs. 2 y 4). Las pendientes moderadas (entre 10-30%) son seleccionadas positivamente en casi todas las situaciones y periodos. Durante el periodo de pastoreo libre aumenta también el uso de las pendientes medias (30-50%) en relación al periodo 1. Esto podría ser una consecuencia de utilizar altitudes más elevadas durante el periodo 2, ya que, por lo general y al menos en este territorio, la pendiente aumenta cuando la altitud también lo hace, y durante el periodo 2 se utilizan altitudes más elevadas. Las pendientes fuertes (> 50%) son rechazadas en todo tipo y periodo de pastoreo, probablemente porque en esa categoría de pendiente la cobertura vegetal ya es muy baja (Gómez-García et al., 2002).

En cuanto a las exposiciones, parecen existir diferencias según sea el periodo y el tipo de pastoreo. En general, parece que durante el periodo de pastoreo guiado (P1) se manifiesta un mayor nivel de selección por determinadas orientaciones (mayor cantidad de signos positivos y negativos, fig. 2 y 4), mientras que durante el periodo de pastoreo libre las orientaciones son utilizadas en proporciones relativamente similares a las disponibles.

Las diferencias en la selección de la vegetación entre el periodo 1 y 2 parecen relacionadas con el desplazamiento altitudinal que tienen lugar en el segundo periodo. En ambos periodos se seleccionan positivamente los pastos del *Bromion*, *Nardion* y *Saponarion* pero mientras que durante el periodo 1 se selecciona también el pasto del límite del bosque (leñosas) por su proximidad a la majada principal, en el periodo 2 se seleccionan los pastos de mayor altitud (*Elynion*, *F. scopariae* y *F. eskiae*), presentándose diferencias según el tipo de actividad (pastoreo en movimiento o estacionario).

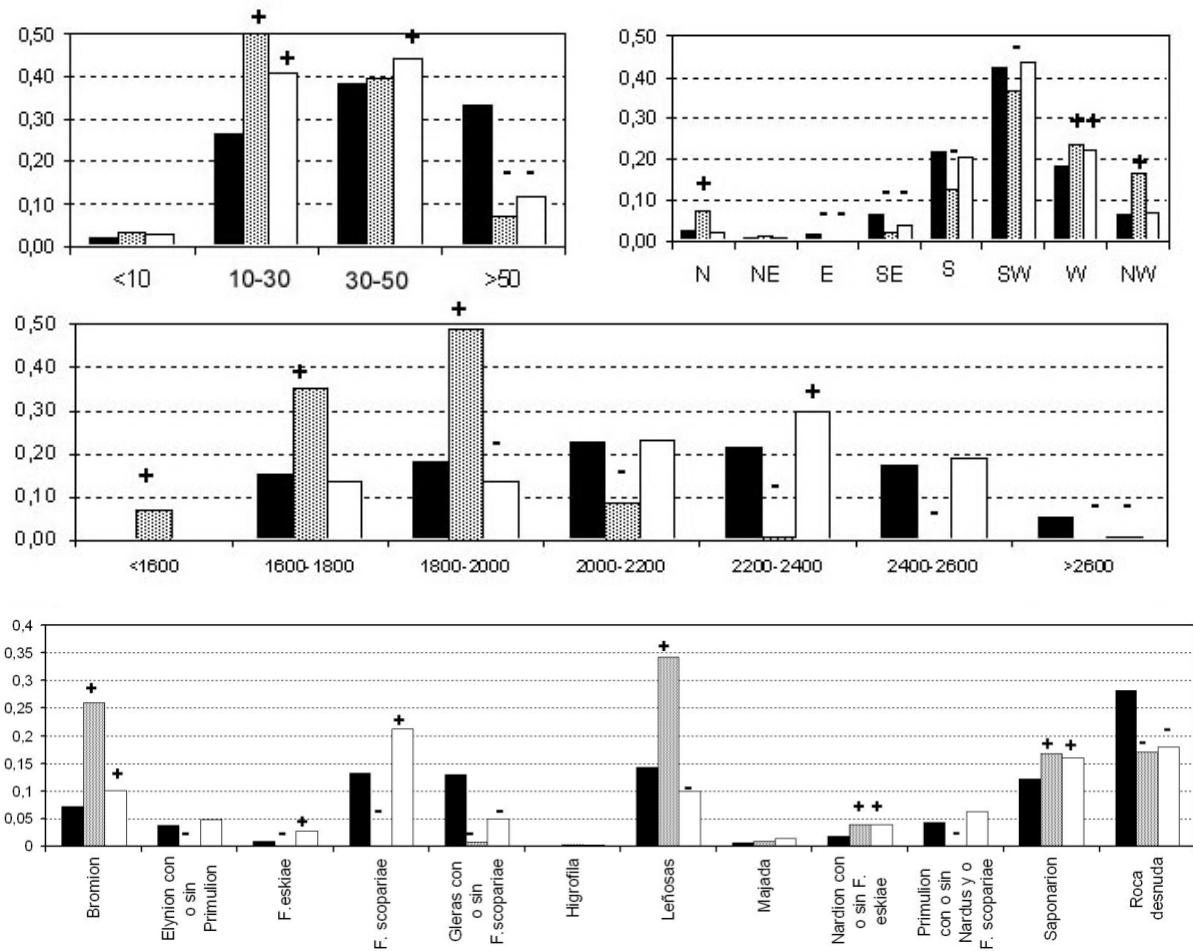


Figura 2: Resultados de las pruebas de Bonferroni para el *pastoreo en movimiento*. Frecuencia ponderada (ha-día) disponible ■, usada durante el periodo 1 ▨, y usada durante el periodo 2 □. Histogramas: arriba izquierda pendientes (%), arriba derecha orientaciones, centro altitudes (m) y abajo tipos de vegetación. Los signos (+) y (-) indican significación ($p < 0,05$) en la prueba χ^2 .

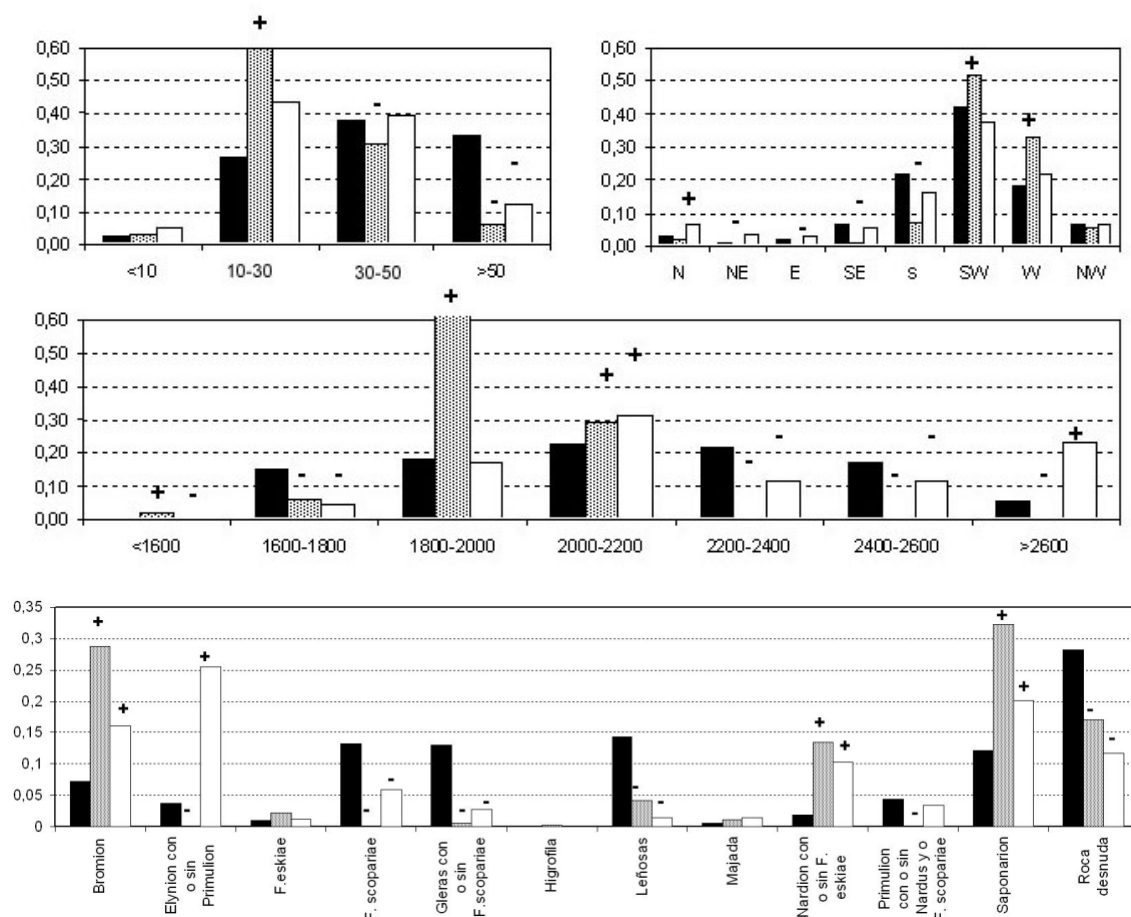


Figura 4: Resultados de las pruebas de Bonferroni para el *pastoreo estacionario*. Frecuencia ponderada (ha-día) disponible ■, usada durante el periodo 1 ■, y usada durante el periodo 2 □. Histogramas: arriba izquierda pendientes (%), arriba derecha orientaciones, centro altitudes (m) y abajo tipos de vegetación. Los signos (+) y (-) indican significación ($p < 0,05$) en la prueba χ^2 .

Comparación entre conductas de pastoreo

Las diferencias entre hectáreas-día utilizadas en las diferentes categorías topográficas y de vegetación, durante el pastoreo en movimiento y estacionario fueron significativas (prueba de chi-cuadrado; $p < 0,05$) para los dos periodos de pastoreo (P1 y P2). Durante el periodo 1 los dos tipos de pastoreo se realizan a baja altitud, pero mientras que en el pastoreo en movimiento se seleccionan todas las altitudes inferiores a 2000 m (fig. 2), en el pastoreo estacionario el rango entre 1600-1800 es rechazado y se selecciona positivamente el de 2000-2200 m (fig. 4). En el pastoreo en movimiento se sigue una distribución Normal (unimodal), con el rango más frecuente de 1800-2000 m en el periodo 1 y de 2200-2400 en el periodo 2 (fig. 2). El pastoreo estacionario está probablemente más condicionado por las zonas de mejor calidad del pasto que se encuentran en lugares y altitudes concretos, lo cual conduce a un aspecto de distribución más multimodal (fig. 4). La selección de estos lugares es realizada por el pastor en el periodo 1 y directamente por los animales en el periodo 2.

La principal diferencia con relación a la pendiente de las zonas utilizadas, radica en el hecho de que el uso de pendientes medias (30-50%) es superior para el pastoreo en movimiento, de tal forma, que en el periodo 2 llega a ser positivamente seleccionado (fig.2).

Parece que existe una preferencia por las exposiciones oeste, sobre todo en el primer periodo. Pero mientras que en el pastoreo en movimiento se combina además con las exposiciones norte,

en el pastoreo estacionario se combina con las exposiciones sur. La búsqueda de exposiciones norte podría estar relacionada, no sólo con la calidad de la hierba, sino con una mejora del confort térmico (García-González *et al.*, 1990). La selección de la exposición SW durante el periodo 1 del pastoreo estacionario podría estar motivada por la acción de los pastores, que priorizarían la calidad de la hierba sobre el confort térmico.

En los dos tipos de pastoreo se seleccionan los pastos de *Bromion*, *Nardion* y *Saponarion*. Las diferencias de selección de comunidades vegetales respecto al tipo de pastoreo son más apreciables en comunidades altas. Así, mientras que el pastoreo en movimiento se realiza en los pastos de *F. eskiae* y *F. scopariae*, el estacionario se sitúa en los de *Elynyion*, pastos de más calidad y menos pendiente.

Conclusiones

La coincidencia entre pastoreo guiado y libre, con los periodos temporales de julio (P1) y agosto (P2), enmascaran en cierta forma la libre selección de los ovinos, ya que las condiciones climáticas de ambos meses modifican la fenología del pasto a diferentes altitudes, confundiendo los efectos de la influencia del pastor y de la oferta de la hierba. A pesar de ello, es posible extraer algunas conclusiones generales del presente estudio:

- 1) El efecto guía del pastor (P1) se manifiesta principalmente, en que éste determina las principales zonas de pastoreo y reposo, produciéndose rápidos desplazamientos entre dichas zonas. Cuando el pastoreo es libre (P2), aumenta el pastoreo en movimiento y la actividad nocturna, y casi desaparece el desplazamiento sin pastoreo (Pérez García, 2005). Durante este periodo se utiliza una mayor proporción de la superficie disponible.
- 2) Durante el periodo 1 de pastoreo controlado, las ovejas son obligadas a frecuentar altitudes intermedias (1700m-2000m) y pendientes moderadas 10-30%. En pastoreo libre prefieren utilizar rangos altitudinales más altos (>2100m) y pasan a utilizar también pendientes medias del 30-50%. Las pendientes superiores al 50% son seleccionadas negativamente.
- 3) Durante el P1 la selección por determinadas exposiciones fue más marcada que en el P2. En todos los periodos se seleccionaron positivamente las orientaciones N y W.
- 4) En el primer periodo de pastoreo (P1), las ovejas utilizan preferentemente los pastos de *Bromion*, *Nardion* y *Saponarion*, y no es hasta agosto (P2) cuando seleccionaron también los pastos de *Elynyion*, *Festucion scopariae* y *Festucion eskiae* (más elevados y fenológicamente más tardíos).
- 5) Existe una interacción entre periodos (P1-P2) y tipos de pastoreo (en movimiento-estacionario). En pastoreo libre el pastoreo en movimiento aumenta y la superficie utilizada también. Ello parece manifestarse en un aumento general de selecciones positivas con el pastoreo en movimiento.

Bibliografía

- 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. Consejo Protección Naturaleza Aragón nº 28, 317 pp. Zaragoza.
- ALDEZABAL, A.; GARIN, I.; GARCÍA-GONZÁLEZ, R., 1999. Activity rhythms and the influence of some environmental variables on summer ungulate behaviour in Ordesa-Monte Perdido National Park. *Pirineos*, **153-154**, 145-157.

ARNOLD, G.W.; DUDZINSKI, M.L., 1978. *Ethology of free-ranging domestic animals*. Elsevier, 198 pp. Amsterdam.

BOWNS, J.E., 1971. Sheep behavior under unherded conditions on mountain summer ranges. *Journal of Range Management*, **24**, 105-109.

CHATELAIN, C.; TROXLER, J., 2005. Gardiennage permanent des moutons à haute altitude. Analyse de cinq alpages et recommandation de gestion. *Revue suisse Agriculture*, **37**, 151-160.

FAVRE, Y., 1979. Comportement des bovins et des ovins en alpage. En: *Utilisation par les ruminants des pâturages d'altitude et parcours méditerranéens*, 177-206. Eds. G. MOLÉNAT, R. JARRIGE. INRA. Versailles.

GARCÍA-GONZÁLEZ, R.; HIDALGO, R.; MONTSERRAT, C., 1990. Patterns of time and space use by livestock in the Pyrenean summer ranges: a case study in the Aragon valley. *Mountain Research and Development*, **10**, 241-255.

GILLEN, R.L.; KRUEGER, W.C.; MILLER, R.F., 1984. Cattle distribution on mountain rangeland in Northeastern Oregon. *Journal of Range Management*, **37**, 549-553.

GÓMEZ-GARCÍA, D.; GARCÍA-GONZÁLEZ, R.; REMÓN, J.L., 2002. Clave simplificada para la determinación de los prados y pastos pirenaicos. En: *Producción de pastos, forrajes y céspedes*, 91-98. Eds. C. CHOCARRO *et al.* Universitat de Lleida. Lleida.

NEU, C.W.; BYERS, C.R.; PEEK, J.M., 1974. A technique for analysis of utilization - availability data. *Journal of Wildlife Management*, **38**, 541-545.

PÉREZ GARCÍA, S., 2005. *Pautas de comportamiento del ganado ovino en régimen extensivo en los pastos del puerto de Collarada (Villanúa, Huesca)*. Proyecto Fin de Carrera. 124 pp. Escuela Politécnica Superior de Huesca. Universidad de Zaragoza.

Agradecimientos

Este trabajo se ha realizado con ayuda de los proyectos de investigación CGL2005-01131/BOS del Plan Nacional y RTA2005-00160-C02-00 del INIA.

SHEEP BEHAVIOUR UNDER HERDED AND UNHERDED CONDITIONS IN A PYRENEAN SUMMER RANGE

Summary

Behaviour and spatial distribution of a 2800 sheep flock along its stay in a Pyrenean summer range has been studied. Sheep were conducted by shepherds during the first half of the grazing period and grazed freely the second half. The main activity and distribution of the flock was recorded in a daily basis. By means of a geographic information system, grazing distribution was superimposed to different layers related to vegetation and topographic variables. The selection by the flock of those variables has been analyzed taking into account two modes of grazing activity (“moving” and “still”) and two situations (“herded” and “unherded”). In free grazing sheep chosen higher elevations and steeper slopes, the explored surface was higher, and the ratio of “grazing in movement” increased. In the two periods and for the two modes of grazing, grasslands of *Bromion*, *Nardion* and *Saponarion* were selected. In the first period, while grazing in movement, sheep selected also grasslands under wood, and during the second period they selected grasslands of *Elynon* during “still grazing” and of *Festuca eskia* and *F. scopariae* during “grazing in movement”.

Key words : grazing behaviour, summer rangelands, shepherd influence, GIS, Pyrenees.

COMPORTAMIENTO EN PASTOREO EN ZONAS DE MONTAÑA DE LA CORDILLERA CANTÁBRICA: COMPARACIÓN ENTRE RAZAS DE GANADO VACUNO AUTÓCTONAS (TUDANCA) Y FORÁNEAS (LIMUSINA Y CHAROLESA)

MANUEL J. MORA¹, PILAR DE FRUTOS², BENITO FERNÁNDEZ¹ & JUAN BUSQUÉ¹

¹Centro de Investigaciones y Formación Agrarias. C/ Héroes 2 de mayo, 27. 39600-Muriedas (Cantabria)

²Estación Agrícola Experimental. CSIC. Finca Marzanas. 24346-Grulleros (León)

Resumen

La sustitución en los pastos de puerto de la Cordillera Cantábrica de razas de ganado vacuno autóctonas como la Tudanca por razas foráneas mejoradas podría estar influyendo sobre desequilibrios ecológicos asociados a fenómenos de sobrepastoreo, tales como el proceso de invasión de lecherina (*Euphorbia polygalifolia*) observado en los puertos de Sejos (Cantabria). En este trabajo se compararon distintos parámetros indicadores del comportamiento en pastoreo de vacas de raza Tudanca frente a animales de razas foráneas (Limusina y Charolesa) a lo largo de la estación de pastoreo. La raza Tudanca utilizó en menor proporción los pastos herbáceos, en concreto aquellos susceptibles de ser invadidos por lecherina, mostrándose además menos limitada por la pendiente del pasto. Estos resultados apoyan el interés de preservar la raza Tudanca para favorecer un pastoreo equilibrado de todos los recursos pastables del puerto que minimice los procesos de sobrepastoreo sobre los pastos susceptibles de ser invadidos por *E. polygalifolia*.

Palabras clave

Tudanca, *Euphorbia polygalifolia*, vacuno, comportamiento en pastoreo, pastos de puerto

Introducción

La Tudanca es una raza vacuna autóctona de la Cordillera Cantábrica. En las últimas décadas, su explotación como raza pura se ha visto perjudicada por la entrada de razas foráneas de mayor rendimiento carnicero (p.ej. Limusina y Charolesa). Este proceso de sustitución racial podría estar ocasionando cambios en el comportamiento en pastoreo del ganado vacuno que aprovecha en verano los pastos de montaña de la Cordillera Cantábrica. En este sentido, se sabe que las pautas de comportamiento en pastoreo pueden variar no sólo entre distintas especies animales (Arnold y Dudzinski, 1978) sino también entre razas (Bailey et al., 2001; VanWagoner et al., 2006). A su vez, estos posibles cambios del comportamiento en pastoreo podrían estar influyendo sobre desequilibrios observados en los ecosistemas pastorales de la zona, tales como el proceso de invasión de lecherina (*Euphorbia polygalifolia*). Esta planta, endémica de la Cordillera Cantábrica y apenas consumida por el vacuno, está proliferando de forma alarmante en los pastos de puerto en los últimos años, perjudicando su utilización pastoral y diversidad vegetal (Busqué et al., 2003).

El objetivo de este trabajo fue comparar el comportamiento en pastoreo, en zonas de montaña, de animales de raza Tudanca frente a animales de razas foráneas (Limusina y Charolesa) a lo largo de la estación de pastoreo.

Material y métodos

Zona de estudio

Este trabajo fue realizado en los puertos estivales de Sejos, dentro de la Cordillera Cantábrica (Mancomunidad Campóo-Cabuérniga, Cantabria). El área de estudio comprende unas 2.550 ha con una altitud media de 1.700 msnm. La precipitación anual media es superior a 1.500 mm. Los pastos son de propiedad comunal y forman parte del Parque Natural Saja-Besaya.

La vegetación es una mezcla compleja de diferentes comunidades vegetales, dominando las comunidades herbáceas (*Agrostis-Festuca-Nardus*) y las arbustivas (*Calluna-Erica* spp.-*Genista florida*). En las últimas décadas, se ha producido una fuerte expansión de la euforbiácea *Euphorbia polygalifolia* en los pastos herbáceos, resultando en una disminución de su valor pastoral.

Diseño experimental

Se realizaron un total de 18 seguimientos diarios completos (una vaca adulta y sin cría por seguimiento), distribuidos en 3 épocas a lo largo de la estación de pastoreo de 2004: “inicio”: del 16 de junio al 15 de julio; “mitad”: del 16 de julio al 15 de agosto y “final”: del 16 de agosto al 15 de septiembre. Nueve de estos seguimientos se realizaron sobre vacas de raza Tudanca y otros tantos sobre animales de razas foráneas mejoradas (Limusina y Charolesa).

Muestreos

La información sobre el comportamiento en pastoreo fue recogida mediante muestreos instantáneos (Altmann, 1974). A lo largo del periodo diurno, y con una periodicidad de 20 minutos, se registró la actividad realizada por cada animal seguido (pastoreo, reposo o desplazamiento), así como el tipo de vegetación (herbáceo o arbustivo), la comunidad vegetal y las características topográficas (pendiente suave, media o fuerte) del pasto aprovechado. Para los pastos herbáceos, una vez que el ganado abandonaba la zona pastada, se procedía a realizar un transecto de 25 contactos a lo largo de la mancha de vegetación utilizada y se medía la altura de la especie vegetal contactada mediante varilla centimétrica. A su vez, se recogía una muestra de pasto para la determinación de la biomasa aérea disponible. Para ello, se lanzaba 4 veces al azar un cuadrado de 50 cm de lado y se segaba a ras del suelo el pasto contenido. Estas mediciones de altura y biomasa se recogieron únicamente para la manchas de vegetación más utilizadas por el ganado.

Análisis estadístico

Los datos obtenidos se sometieron a un análisis de varianza univariante, incluyendo en el modelo la raza, la época de pastoreo y su interacción. Las variables relativas a las proporciones de tiempo de pastoreo sobre pasto herbáceo se transformaron ($\arcsen \sqrt{x}$) para alcanzar homogeneidad en la varianza. Se utilizó el programa estadístico SPSS (SPSS, 1999).

Resultados y discusión

Actividades del ganado

Las vacas de raza Tudanca mostraron una tendencia ($P = 0,087$) hacia una menor duración del pastoreo diurno, que se mantuvo ($P=0,061$) al ponderarse por la duración total del seguimiento y expresarlo como proporción del tiempo diurno en pastoreo (Tabla 1). Esto supone que las vacas de razas foráneas dedicaron de media un 25% más de tiempo diurno a pastar que las autóctonas (70,9 vs. 56,5%). Las estimaciones del tiempo diurno de pastoreo de la Tudanca son similares a las observadas por otros autores en vacuno Pirenaico (8,26 horas; Mandaluniz, 2003) o Pardo Alpino y Pirenaico (8,23 horas; Revilla, 1997), mientras que Aldezabal et al. (1999), con razas Pardo Alpina y Pirenaica, registraron sólo una media del 48,3%. En cambio, los valores observados en las razas foráneas se asemejan más a los tiempos de pastoreo diurno alcanzados por la raza Charolesa (10,8 horas; Menard et al., 2002) en seguimientos que incluían la actividad nocturna.

Tabla 1. Efecto de la raza y de la época de pastoreo sobre las actividades diurnas del ganado vacuno.

	Raza de ganado vacuno				Época de la estación de pastoreo					Inter.
	Tudanca	Otras	e.t.d.	P	Inicio	Mitad	Final	e.t.d.	P	P
Tiempo pastoreo diurno (h)	8,33	10,12	0,960	0,087	9,50	9,75	8,43	1,174	0,557	0,766
Proporción pastoreo diurno (%)	56,5	70,9	7,0	0,061	61,2	66,4	63,4	8,505	0,797	0,944
Tiempo reposo diurno (h)	5,53	3,66	0,84	0,045	5,21	4,33	4,23	1,021	0,567	0,732
Proporción del día reposo diurno (%)	37,3	25,4	5,70	0,057	33,3	29,6	31,3	6,90	0,845	0,817
Tiempo desplazamiento diurno (h)	0,92	0,52	0,32	0,236	0,87	0,58	0,70	0,387	0,716	0,550
Proporción del día desplazamiento (%)	6,2	3,7	2,20	0,279	5,6	4,0	5,2	2,70	0,803	0,511

Inter. = interacción raza x época; e.t.d. = error típico de la diferencia; P = nivel de significación

El tiempo en pastoreo es una de las tres variables, junto con el número de bocados por unidad de tiempo y el tamaño del bocado, que determinan la ingestión de pasto por el animal. El menor tamaño corporal de los animales de raza Tudanca sería el primer factor que podría explicar, al menos parcialmente, sus menores tiempos diurnos dedicados a pastar ya que la capacidad de ingestión está limitada por el tamaño del animal (Illius y Gordon, 1987).

Las diferencias entre razas en el tiempo diurno de pastoreo se tradujeron en diferencias significativas en el tiempo diurno dedicado a reposar ($P=0,045$). La raza Tudanca reposó más tiempo, tanto en términos absolutos (5,53 vs. 3,66 horas) como en términos relativos (37,3 vs. 25,4%). En cambio, en ningún caso se observaron diferencias significativas en el tiempo dedicado a desplazarse, siendo en todo caso inferior a 1 hora al día.

Las pautas de actividad no sufrieron modificaciones estadísticamente significativas a lo largo de la estación de pastoreo, manteniéndose la media de la proporción del día dedicado al pastoreo entre el 61,2 y el 66,4%. Esto contrasta con lo apuntado por Mandaluniz (2003) referente a un aumento conforme avanza la estación. Es posible que, en nuestro caso, la escasa variación de la disponibilidad de pasto a lo largo de la estación de pastoreo (ver tabla 2) explique estos resultados.

Utilización del pasto herbáceo

La proporción de tiempo diurno dedicado a pastar sobre pasto herbáceo fue significativamente superior en las razas foráneas (95,7 vs. 74,4%; $P = 0,008$) (ver tabla 2). En ambos grupos raciales, la utilización temporal del pasto herbáceo fue menor ($P=0,016$) conforme avanzó la estación de pastoreo, coincidiendo con la menor oferta de este sustrato, tal y como observó Mandaluniz (2003).

Tabla 2. Efecto de la raza de vacuno y la época de pastoreo sobre la utilización de los pastos.

	Raza de ganado vacuno				Época de la estación de pastoreo					Inter.
	Tudanca	Otras	e.t.d.	P	Inicio	Mitad	Final	e.t.d.	P	P
Proporción de tiempo diurno pastando sobre herbáceo (%)*	74,4 (1,04)	95,7 (1,36)	(0,104)	0,008	94,9 (1,34)	75,9** (1,06)		(0,104)	0,016	0,326
Proporción de tiempo diurno pastando sobre pendiente fuerte (%)	44,2	15,1	9,29	0,009	20,2	24,1	44,6	11,35	0,143	0,508
Biomasa disponible de pasto herbáceo (g/m ²)	61,1	35,1	13,92	0,100	44,7	44,6	55,0	17,05	0,780	0,234
Altura de pasto herbáceo (cm)	3,29	3,09	0,273	0,953	3,48	3,08	2,71	0,332	0,309	0,605

Inter. = interacción raza x época; e.t.d. = error típico de la diferencia; P = nivel de significación

*Para poder realizar la comparación, aparecen entre paréntesis las medias estimadas y el error típico de la diferencia de la variable transformada ($\arcsen \sqrt{x}$). **Con el fin de alcanzar una homogeneidad en la varianza aceptable se consideraron en conjunto las épocas “mitad” y “final”.

Respecto a la proporción de tiempo diurno dedicada a pastar en zonas con una pendiente fuerte, la raza Tudanca se desmarcó con una utilización significativamente superior (44,2 vs. 15,1%; $P=0,008$). En este sentido, Bailey et al. (2001) encontraron en un estudio con razas Tarentaise y Hereford un aprovechamiento de pastos con una pendiente más elevada en el caso de la Tarentaise. Estos autores atribuyeron estas diferencias al origen alpino de la raza Tarentaise, mucho más agreste que las tierras inglesas donde ha evolucionado la raza Hereford. En nuestro estudio, se detectó una correlación significativa y negativa entre la proporción de tiempo diurno pastando sobre pasto herbáceo y la proporción de tiempo diurno de pastoreo sobre pendientes fuertes (correlación de Pearson = $-0,571$; $P=0,013$) por lo que la pendiente del terreno como limitante del pastoreo podría contribuir a explicar por qué las razas foráneas utilizaron más los pastos herbáceos.

La raza Tudanca mostró una tendencia a aprovechar mejor las manchas de vegetación herbácea con mayores biomásas disponibles (65,1 vs. 35,1 g/m²). En cambio, no aparecieron diferencias significativas en la evolución de la altura del pasto herbáceo seleccionado a lo largo de la estación de pastoreo, por lo que las variaciones observadas en las biomásas disponibles serían atribuibles a una distinta densidad de los pastos utilizados. Ahora bien, tanto las escasas biomásas disponibles como las bajas alturas de pasto herbáceo, incluso al inicio de la estación de pastoreo, sugieren una potencial situación de sobrepastoreo de estas comunidades herbáceas, donde las vacas, según la bibliografía (Osoro et al., 2000), únicamente mantendrían su peso vivo en los casos más favorables.

Como se detalla en la tabla 3, al estudiar la proporción de tiempo diurno que el ganado pastaba sobre el pasto herbáceo de *Festuca-Agrostis* (que son los pastos susceptibles de ser invadidos por *Euphorbia polygalifolia*), se encontraron diferencias significativas entre razas ($P=0,014$). La raza Tudanca dedicó una menor proporción de tiempo a pastar sobre estos pastos (63,87 vs. 94,54 %), en tanto que su utilización temporal de los cervunales fue significativamente superior. Estos resultados parecen indicar que el ganado Tudanco podría ser más proclive a aprovechar los diversos recursos pastables por debajo de los niveles críticos de utilización que desencadenarían procesos de invasión como el causado por *E. polygalifolia*.

Tabla 3. Efecto de la raza de vacuno y la época de pastoreo sobre la proporción del tiempo diurno de pastoreo en pasto herbáceo que se desarrolla en distintas comunidades vegetales herbáceas.

	Raza de ganado vacuno				Época de la estación de pastoreo				Inter.
	Tudanca	Otras	e.t.d.*	P	Inicio	Mitad y final**	e.t.d.*	P	P
Proporción de tiempo diurno pastando sobre pasto herbáceo de <i>Festuca-Agrostis</i> (%)	63,9 (0,93)	94,5 (1,33)	(0,14)	0,014	88,8 (1,23)	73,7 (1,03)	(0,14)	0,196	0,750
Proporción de tiempo diurno pastando sobre pasto herbáceo de <i>Cervunal húmedo</i> (%)	10,9 (0,34)	0,6 (0,08)	(0,08)	0,006	8,0 (0,29)	1,6 (0,13)	(0,08)	0,065	0,113
Proporción de tiempo diurno pastando sobre otros pastos herbáceos (%)***	25,2	4,9	-	-	3,2	24,7	-	-	-

Inter. = interacción raza x época; e.t.d. = error típico de la diferencia; P = nivel de significación

*Para poder realizar la comparación, aparecen entre paréntesis las medias estimadas y el error típico de la diferencia de la variable transformada ($\arcsen \sqrt{x}$). **Con el fin de alcanzar una homogeneidad en la varianza aceptable se consideraron en conjunto las épocas "mitad" y "final". ***Valores medios sin contrastar estadísticamente por no alcanzarse una homogeneidad en la varianza aceptable.

La evolución histórica de una serie de características morfofisiológicas (pequeño tamaño, agilidad, etc.) y un aprendizaje heredado de generación en generación (Howery et al., 1998) podrían haber dado lugar a una mayor adaptación al medio de la raza Tudanca, explicándose así su utilización más homogénea de la superficie pastable que se desprende de nuestros resultados.

El proceso de sustitución del ganado Tudanco por razas de mayor formato, con mayores necesidades y capacidad de ingestión, que se concentran más sobre los pastos herbáceos (en concreto sobre aquellos susceptibles de ser invadidos por *Euphorbia polygalifolia*) y que evitan en mayor medida los pastos sobre fuertes pendientes, podría estar potenciando el proceso de sobrepastoreo señalado por Busqué et al. (2003) como uno de los desencadenantes de la invasión de lecherina en pastos herbáceos de *Festuca-Agrostis*.

Conclusiones

El ganado autóctono de raza Tudanca muestra una utilización más homogénea (en términos de tipo de vegetación, comunidad vegetal y pendiente del terreno) de la superficie pastable que las razas foráneas introducidas en las últimas décadas. Los resultados apoyan la conveniencia de la conservación de razas autóctonas como la Tudanca con el objetivo de lograr una utilización ecológicamente más sostenible de las superficies pastables de montaña.

Bibliografía

ALDEZABAL, A.; GARIN, I.; GARCÍA-GONZÁLEZ, R., 1999. Activity rhythms and the influence of some environmental variables on summer ungulate behaviour in Ordesa-Monte Perdido National Park. *Pirineos*, **153-154**, 145-157.

ALTMANN, J., 1974. Observational study of behaviour: sampling methods. *Behaviour*, **159**, 227-267.

ARNOLD, G.W.; DUDZINSKI, M.L., 1978. Daily maintenance behaviour. En: *Ethology of free-ranging domestic animals*. Elsevier. New York. (EE.UU.).

BAILEY, D.W.; KRESS, D.D.; ANDERSON, D.C.; BOSS, D.L.; MILLER, E.T., 2001. Relationship between terrain use and performance of beef cows grazing foothill rangeland. *Journal of Animal Science*, **79**, 1883-1891.

BUSQUÉ, J.; MÉNDEZ, S.; FERNÁNDEZ, B., 2003. Estructura, crecimiento y aprovechamiento de pastos de Puerto cantábricos invadidos o no por lecherina (*Euphorbia polygalifolia*). *Pastos*, **33**, 283-303.

HOWERY, L.D.; PROVENZA, F.D.; BANNER, R.E.; SCOTT, C.B., 1998. Social and environmental factors influence cattle distribution on rangeland. *Applied Animal Behaviour Science*, **55**, 231-244.

ILLIUS, A.W.; GORDON, A.J., 1987. The allometry of food intake in grazing ruminants. *Journal of Applied Ecology*, **56**, 989-999.

LAMOOT, I.; MEERT, C.; HOFFMANN, M., 2005. Habitat use of ponies and cattle foraging together in a coastal dune area. *Biological Conservation*, **122**, 523-536.

MANDALUNIZ, N., (2003). *Pastoreo del ganado vacuno en zonas de montaña y su integración en los sistemas de producción de la CAPV*. Tesis doctoral, Universidad de Zaragoza.

MENARD, C.; DUNCAN, P.; FLEURANCE, G.; GEORGES, J.; LILA, M., 2002. Comparative foraging and nutrition of horses and cattle in European wetlands. *Journal of Applied Ecology*, **39**, 120-133.

OSORO, K.; CELAYA, R.; MARTÍNEZ, A.; ZORITA, E., (2000). Pastoreo de las comunidades vegetales de montaña por rumiantes domésticos: producción animal y dinámica de la vegetación. *Pastos*, **30**, 3-50.

REVILLA, R., 1997. Comportamiento de animales domésticos en pastos de zonas comunales. En: *Aprovechamiento agroambiental de pastos comunales*. Ed: A.A. Rodríguez. ASEAVA y ASEAMO. Oviedo (España).

SPSS, 1999. *SPSS Base 10.0 Applications guide*. SPSS Inc. Chicago, (EE.UU.).

VANWAGONER, H.C.; BAILEY, D.W.; KRESS, D.D.; ANDERSON, D.C.; DAVIS, K.C., 2006. Differences among beef sire breeds and relationships between terrain use and performance when daughters graze foothill rangelands as cows. *Applied Animal Behaviour Science*, **97**, 105-121.

Agradecimientos

Este trabajo forma parte del proyecto INIA RTA02-027.

APLICACIÓN DE LA TÉCNICA NIRS PARA EL ANÁLISIS DE MATERIA SECA Y PROTEÍNA EN HOJAS DE ALFALFA

C. PETISCO, B. GARCÍA CRIADO, L. GARCÍA CRIADO, B. R. VÁZQUEZ DE ALDANA & A. GARCÍA CIUDAD

Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología, CSIC, Apdo. 257, 37071 Salamanca.

Resumen

En el presente trabajo se desarrollan ecuaciones de calibración mediante espectroscopía de reflectancia en la región del visible-infrarrojo cercano (vis-NIR), para el análisis de materia seca y proteína en hojas de alfalfa. A partir de 26 variedades, cultivadas en regadío en la provincia de Salamanca, se realizaron los sucesivos análisis teniendo en cuenta hojas tomadas de tres posiciones de la planta: basal, intermedia y apical. Un total de 156 muestras correspondientes a dos cortes sucesivos (Julio y Agosto, 2005), fueron consideradas. Las ecuaciones de calibración se obtuvieron mediante el método de regresión MPLS (mínimos cuadrados parciales modificados), aplicando previamente diferentes transformaciones matemáticas a los datos espectrales. Los estadísticos obtenidos en los procesos de calibración y validación externa permitieron concluir que la determinación de proteína fue ligeramente más exacta que la de materia seca, siendo la segunda derivada de los espectros, con o sin la aplicación previa del tratamiento MSC (corrección del efecto multiplicativo de la dispersión), la transformación matemática que conduce a menores errores estándar de predicción para materia seca (SEP= 0,90%) y proteína (SEP= 1,13%). Los modelos matemáticos obtenidos muestran que la técnica NIRS resulta satisfactoria para la determinación de ambos parámetros.

Palabras clave: Materia seca, proteína, alfalfa, NIRS

Introducción

La alfalfa (*Medicago sativa* L.), es la forrajera más apreciada por su alto valor nutritivo y por su gran aptitud agronómica. Es un forraje de excelente calidad que destaca por un elevado valor proteico y por un notable valor energético. Además, es un cultivo plurianual con un gran potencial productivo, cuya duración en campo es de unos 3-5 años, practicándose varios cortes por año. Al inicio de la floración, momento en el que debe segarse la planta, el porcentaje de materia seca de la alfalfa es aproximadamente del 20%, tan solo superada por cultivos forrajeros como el maíz, el sorgo o el pasto del Sudán que presentan un contenido en materia seca del 26 al 28% (Gómez de Barreda, 2005).

Es un cultivo muy extendido en los países de clima templado de ambos hemisferios, por la versatilidad de su utilización en cultivos puros o asociados con gramíneas, para consumo en verde, mediante pastoreo, o siega como heno o ensilado (Muslera y Ratera, 1984). En España la superficie total dedicada al cultivo de la alfalfa se eleva a 256 298 ha. Se cultiva mayoritariamente en regadío (75%), propio de un cultivo que, aunque bien adaptado a nuestros secanos, cada día se destina más al proceso de producción intensiva asociado a la deshidratación. En nuestro país, la cuenca del río Ebro es la zona productora de alfalfa más importante. Aragón, Castilla y León y Cataluña constituyen el 80% de la superficie de alfalfa en España (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2004).

Las crecientes exigencias de calidad de las materias agroalimentarias y la necesidad de una evaluación rápida, fiable y económica de parámetros de calidad de los cultivos, hacen que técnicas alternativas a las convencionales, como la espectroscopía de reflectancia en el infrarrojo cercano (NIRS), adquieran un gran interés como herramienta para su análisis. Existen numerosos trabajos que han predicho con éxito mediante NIRS diversos parámetros de alfalfa, otros forrajes y ensilados, tanto en muestras secas y molidas como en muestras en fresco

(Dardenne et al., 1996; De la Roza et al., 1996; Cozzolino y Labandera, 2002; Cozzolino et al. 2006; Petisco et al., 2006).

El objetivo del presente trabajo es obtener ecuaciones de calibración utilizando la región espectral del visible e infrarrojo cercano y aplicando distintos pre-tratamientos espectrales, para estimar los contenidos de materia seca y proteína en muestras de hojas de alfalfa.

Materiales y Métodos

Muestreo de plantas y análisis químico

El ensayo se realizó a partir de 26 variedades de alfalfa (*Medicago sativa*, L.) inscritas en el Registro Nacional de Variedades y cultivadas en la finca experimental “Muñovela” (Barbadillo, Salamanca) en parcelas experimentales de 5,0 x 1,3 m. Se consideraron los cortes de Julio y Agosto de 2005, efectuados en la fase de inicio de floración. De cada una de las variedades se tomaron muestras de hojas de tres posiciones de la planta: basal, intermedia y apical, considerándose un total de 156 muestras.

Se determinó el porcentaje de materia seca en submuestras de 20 g de hojas en verde, mediante secado en estufa de aire forzado a 60 °C durante 48 horas. Asimismo se determinó el contenido de proteína en las muestras secas y molidas (tamiz de 1 mm) mediante el método convencional Kjeldahl.

Análisis NIRS

Se registraron los espectros de las muestras usando un espectrofotómetro monocromador NIRSystem 6500 (Foss NIRSystem, Silver Spring, Washington, USA) equipado con módulo de transporte. Para el registro de los espectros se llenaron tres cápsulas circulares por cada variedad, correspondientes a las tres posiciones de la planta, tomando hojas en fresco y en seco (molidas), para las calibraciones de materia seca y proteína, respectivamente. Los espectros se registraron por duplicado como $\log 1/R$ (R = Reflectancia) y se utilizó el espectro medio para los procesos de calibración y validación externa, abarcando la región del visible-infrarrojo cercano en un rango de longitud de onda entre 400 y 2500 nm, con lecturas a intervalos de 2 nm. La recogida de los datos espectrales y el análisis quimiométrico de los mismos se llevó a cabo mediante los programas ISIscan y WinISI III v1,50e (Infrasoft International, Port Matilda, PA, USA), respectivamente. La selección de muestras representativas del grupo de calibración (104 para materia seca y 79 para proteína) se realizó por análisis discriminante basado en la distancia de Mahalanobis utilizando los algoritmos CENTER y SELECT (WinISI III v1,50e).

Los espectros se trataron mediante MSC (corrección del efecto multiplicativo de la dispersión) y SNV-D (Tipificación de la absorbancia y corrección de la tendencia) para corregir los efectos de dispersión de la luz y después se transformaron mediante la aplicación de primera (1D: 1,4,4,1) y segunda derivada (2D: 2,5,5,2). Además, se desarrollaron ecuaciones sin aplicar tratamiento espectral o solamente aplicando derivadas. Para el desarrollo de las ecuaciones de calibración se utilizó el método de regresión MPLS (mínimos cuadrados parciales modificados). Se realizó una validación externa mediante regresión lineal entre los resultados predichos por NIRS y los datos obtenidos por los métodos de referencia.

Las mejores ecuaciones se seleccionaron atendiendo prioritariamente a los valores más bajos de error estándar de calibración (SEC), error estándar de validación cruzada (SECV) y error estándar de validación (SEP). También se tuvo en cuenta el valor del índice RPD, relación entre la desviación típica de los datos de referencia y el SEP, que proporciona una base para la estandarización del SEP (Williams y Sobering, 1996), y los valores más elevados de los coeficientes de determinación en calibración (R^2) y en la validación (r^2).

Resultados y Discusión

En la Tabla 1 se muestran los valores mínimo, máximo, medio y la desviación estándar (SD) de los contenidos de materia seca y proteína (expresada sobre % de materia seca), analizados por los métodos de referencia en los grupos de muestras de calibración y validación externa. La Tabla 2 resume los estadísticos de calibración y validación obtenidos al aplicar el método de regresión MPLS y diferentes combinaciones de transformaciones matemáticas, con el objeto de discernir la que conduce a la obtención de mejores ecuaciones de calibración.

Tabla 1. Rango de variación, valor medio y desviación estándar en los contenidos de materia seca y proteína en muestras de alfalfa.

Componente	Grupo	n	Mínimo	Máximo	Media	SD
Materia seca (%)	Calibración	104	12,93	25,42	18,88	3,44
	Validación	52	14,14	24,52	19,87	3,06
Proteína (% MS)	Calibración	79	16,95	35,95	25,49	5,51
	Validación	77	16,46	35,04	24,01	5,04

n: Número de muestras; SD: Desviación estándar; MS: Materia seca

Tabla 2. Estadísticos de calibración y validación obtenidos por regresión MPLS para la estimación de materia seca y proteína en muestras de alfalfa.

Componente	Tratamiento matemático	Factores	Calibración			Validación		
			R ²	SEC	SECV	r ²	SEP	RPD
Materia seca (%)	Log 1/R (0,0,1,1)	4	0,90	1,10	1,14	0,85	1,20	2,55
	MSC+Log 1/R (0,0,1,1)	6	0,92	0,96	1,12	0,88	1,06	2,89
	SNV-D+Log 1/R (0,0,1,1)	6	0,92	0,93	1,03	0,89	1,01	3,03
	1D (1,4,4,1)	5	0,95	0,73	0,87	0,91	0,93	3,29
	MSC+1D (1,4,4,1)	6	0,95	0,78	0,98	0,90	0,99	3,09
	SNV-D+1D (1,4,4,1)	6	0,95	0,76	0,93	0,91	0,93	3,29
	2D (2,5,5,2)	5	0,96	0,64	0,80	0,92	0,90	3,40
	MSC+2D (2,5,5,2)	4	0,94	0,82	0,98	0,90	0,99	3,09
	SNV-D+2D (2,5,5,2)	4	0,94	0,83	0,99	0,90	0,99	3,09
Proteína (% MS)	Log 1/R (0,0,1,1)	6	0,92	1,53	1,76	0,90	1,59	3,17
	MSC+Log 1/R (0,0,1,1)	6	0,95	1,27	1,43	0,92	1,44	3,50
	SNV-D+Log 1/R (0,0,1,1)	5	0,94	1,36	1,51	0,91	1,51	3,34
	1D (1,4,4,1)	6	0,97	0,97	1,24	0,93	1,34	3,76
	MSC+1D (1,4,4,1)	5	0,97	1,01	1,22	0,93	1,31	3,85
	SNV-D+1D (1,4,4,1)	6	0,98	0,87	1,14	0,94	1,28	3,94
	2D (2,5,5,2)	6	0,98	0,72	1,16	0,94	1,24	4,06
	MSC+2D (2,5,5,2)	6	0,98	0,71	1,13	0,95	1,13	4,46
	SNV-D+2D (2,5,5,2)	4	0,97	0,91	1,17	0,94	1,27	3,97

R: Reflectancia; MSC: Corrección del efecto multiplicativo de la dispersión; SNV-D: Tipificación de la absorbancia y corrección de la tendencia; 1D: Primera derivada; 2D: Segunda derivada; 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; RPD: Relación SD/SEP

Para los distintos tratamientos utilizados, los coeficientes de determinación en el proceso de calibración (R²= 0,90) mostraron valores satisfactorios en los dos parámetros estudiados. Los errores estándar de validación cruzada (SECV), ligeramente superiores a los de calibración (SEC), oscilaron entre 0,80%-1,14% y 1,13%-1,76%, para materia seca y proteína, respectivamente. En validación externa, los bajos errores estándar de predicción (SEP), entre 0,90%-1,20% (materia seca) y 1,13-1,59% (proteína) y los elevados coeficientes de determinación (r²), confirman las adecuadas correlaciones obtenidas para la predicción de los parámetros estudiados. Los valores superiores a 3 para el índice RPD confirman a la técnica

NIRS como adecuada para su empleo con criterios de diagnóstico e investigación (Williams y Sobering, 1996). En este trabajo se consiguen valores de RPD más elevados en todos los casos, excepto cuando no se aplica transformación o únicamente MSC para predecir materia seca.

Como era de esperar, la predicción de proteína resultó ligeramente más exacta que la de materia seca, puesto que para proteína el registro de espectros se realizó sobre muestras secas y molidas. La aplicación de 2D para materia seca ($SEP= 0,90$, $r^2= 0,92$) y de MSC+2D para proteína ($SEP= 1,13$, $r^2= 0,95$), resultaron ser las transformaciones matemáticas óptimas (Tabla 2, Figura 1); se emplearon 5 y 6 factores PLS, respectivamente. En el caso de proteína, como se trata de muestras secas y molidas, MSC permite corregir diferencias en el tamaño de las partículas entre las muestras.

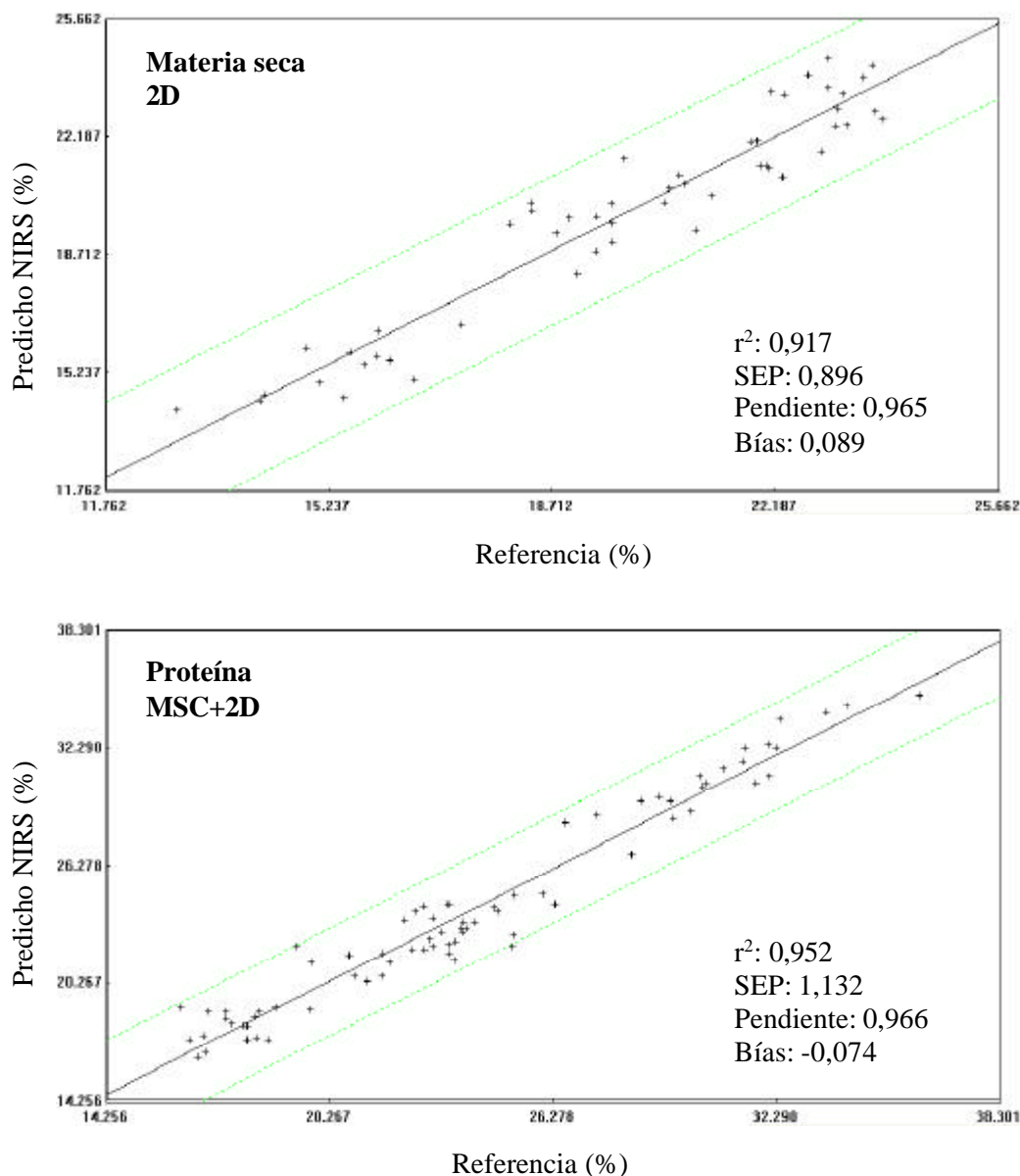


Figura 1. Comparación de los valores predichos por las ecuaciones de calibración NIRS con los valores de referencia para materia seca y proteína en las muestras de validación externa.

En la estimación de materia seca en muestras de alfalfa, otros forrajes y ensilados, varios autores han obtenido resultados comparables, o ligeramente inferiores en exactitud, a los presentados en este estudio (Dardenne et al., 1996; De la Roza et al., 1996; Cozzolino y Labandera, 2002; Castro et al., 2004; Cozzolino et al. 2006).

En un trabajo anterior, se determinó proteína en hojas frescas de alfalfa mediante NIRS usando sonda de fibra óptica (Petisco et al., 2006), con resultados menos exactos que los alcanzados en este estudio. Otros autores han estimado proteína en muestras de alfalfa y ensilados de gramíneas comparando los resultados obtenidos en seco y en fresco, obteniendo también mejores estadísticos en las muestras en seco (Dardenne et al., 1996; De la Roza et al., 1996; Castro et al., 2004). Los resultados para proteína en seco son comparables a los obtenidos en alfalfa por Dardenne et al. (1996) y más exactos que los obtenidos en ensilados de maíz por Castro et al. (2004). Sin embargo, De la Roza et al. (1996) obtuvieron un menor SEC posiblemente debido a que emplearon 12 factores PLS para la determinación de proteína. En general, los trabajos citados coinciden en afirmar que la transformación 2D mejora los estadísticos en la estimación de ambos parámetros.

Conclusiones

Los resultados de este estudio confirman que NIRS es una técnica suficientemente exacta para la determinación de materia seca y proteína en muestras de hojas de alfalfa, siendo por tanto, una alternativa interesante para la determinación de estos parámetros con respecto a los métodos convencionales.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por el proyecto del Ministerio de Ciencia y Tecnología + FEDER AGL2005-02839/Agr. Se agradece la ayuda técnica prestada por J.C. Estévez y V.O. González Blanco.

Bibliografía

CASTRO, P.; FLORES, G.; GONZÁLEZ-ARRÁEZ, A.; CASTRO, J.; FERNÁNDEZ-LORENZO, B., 2004. Análisis de ensilados de maíz mediante NIRS. En *Pastos y Ganadería Extensiva*. García-Criado et al. (Eds.), Sociedad Española para el Estudio de los Pastos, Salamanca, España, 279-283.

COZZOLINO, D.; FASSIO, A.; FERNÁNDEZ, E.; RESTAINO, E.; LA MANNA, A., 2006. Measurement of chemical composition in wet whole maize silage by visible and near infrared reflectance spectroscopy. *Anim. Feed Sci. Techn.*, 129: 329-336.

COZZOLINO, D.; LABANDERA, M., 2002. Determination of dry matter and crude protein contents of undried forages by near-infrared reflectance spectroscopy. *J. Sci. Food Agric.*, 82: 380-384.

DARDENNE, P.; AGNEESSENS, R.; SINNAEVE, G., 1996. Fresh forage analysis by near infrared spectroscopy. En *Near Infrared Spectroscopy: The Future Waves, Proceedings of the 7th International Conference*. Davies, A.M.C. and Williams, P. (Eds.), NIR Publications, Chichester, UK, 531-536.

DE LA ROZA, B.; MARTÍNEZ, A.; MODROÑO, S.; SANTOS, B., 1996. Determination of the quality of fresh silages by near infrared reflectance spectroscopy. En *Near Infrared Spectroscopy: The Future Waves, Proceedings of the 7th International Conference*. Davies, A.M.C. and Williams, P. (Eds.), NIR Publications, Chichester, UK, 537-541.

GOMEZ DE BARREDA, D., 2005. La alfalfa En *Praticultura*. Editorial UPV, 81-98. Valencia (España).

MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACIÓN, 2004. *Anuario de Estadística Agroalimentaria*.

MUSLERA PARDO, E.; RATERA GARCIA, C., 1984. La alfalfa. En *Praderas y forrajes, producción y aprovechamiento*. Ediciones Mundi-Prensa, 625-696. Madrid (España).

PETISCO, C.; GARCÍA-CRIADO, B.; GARCÍA-CRIADO, L.; GARCÍA-CIUDAD, A., 2006. Prediction of protein in fresh leaves of alfalfa by NIRS with an interactance-reflectance probe En *Sustainable Grassland Productivity*. Lloveras et al. (Eds.), Grassland Science in Europe, vol. 11, 568-570.

WILLIAMS, P.C.; SOBERING, D.C., 1996. How do 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., Williams P. (Eds.). NIR Publications, Chichester, UK, 185-188.

APPLICATION OF THE NIRS TECHNIQUE FOR THE ANALYSIS OF DRY MATTER AND PROTEIN IN LEAVES OF ALFALFA

Summary

In the present work we developed calibration equations by near-infrared reflectance spectroscopy in the visible/near-infrared (vis-NIR) region to estimate dry matter and protein contents in leaves of alfalfa. A total of 26 cultivars were grown under irrigation in the province of Salamanca, and leaf samples were collected from three plant positions: basal, middle and apical. A total of 156 plant samples from two consecutive harvests (July and August, 2005), were considered. The calibration equations were obtained by means of the MPLS (Modified Partial Least Squares) regression, using several mathematical transformations to the spectral data. The statistics obtained in the calibration and external validation processes allowed to conclude that the determination of protein was slightly more accurate than the determination of dry matter. The second derivative of the spectra, with or without the previous application of the MSC (Multiplicative Scatter Correction) treatment was the mathematical transformation which led to the lowest standard error of prediction for dry matter (SEP= 0.90%) and protein (SEP= 1.13%). The mathematical models obtained show that the NIRS technique is satisfactory for the determination of both parameters.

Key words: Dry matter, protein, alfalfa, NIRS

EFFECTOS DEL TIPO DE CONSERVANTE AÑADIDO O NO, AL ENSILADO DE HIERBA SOBRE LA EXCRECIÓN DE FÓSFORO EN NOVILLAS DE REPOSICIÓN Y VACAS LECHERAS

GREGORIO SALCEDO

Dpto. de Tecnología Agraria del I.E.S. "La Granja" 39792 Heras, Cantabria

Telf: 942 562 232 Fax: 942 526 258

gregoriosalce@ono.com

Resumen

Se realizaron dos experimentos en nave metabólica con novillas de reposición y vacas en lactación, alimentadas *ad libitum* con ensilado de hierba conservado con ensilado de maíz (EHM), ácido fórmico (EHAF) o sin conservante (EHSC) y 3,6 kg de concentrado para las vacas lecheras. Los resultados mostraron mayor excreción de fósforo en vacas lecheras ($P<0,001$); superior digestibilidad ($P<0,001$) y menor concentración de fósforo en el suero sanguíneo ($P<0,001$). Entre ensilados y para las novillas, el tipo de conservante no afectó a la ingestión de fósforo ni el excretado en heces; por el contrario, en vacas lecheras, la menor ingestión de fósforo correspondió al ensilado EHSC que favoreció menor excreción en heces ($P<0,001$). Se concluye que en dietas con ensilados de hierba e independientemente del conservante añadido, la excreción de fósforo en heces se relaciona positivamente con la ingestión.

Palabras clave: ensilados, vacas, novillas, fósforo, digestibilidad, excretas

Introducción

Tanto el ganado lechero como el de reposición, requieren un suministro adecuado de fósforo para la remineralización del hueso, secreción de leche, metabolismo energético, transporte de ácidos grasos, síntesis de fosfolípidos, metabolismo de los aminoácidos y síntesis de proteína (NRC, 2001).

Las concentraciones de fósforo recomendadas por el NRC (2001) para novillas de reposición se sitúan entre 0,30% y 0,35%, asegurando un buen desarrollo del esqueleto y concentraciones aceptables de fósforo en sangre. Sin embargo, en vacas lecheras, Sansinema *et al.*, (1999), Powell *et al.*, (1999) y Goodall *et al.*, (2000) señalan aportes de fósforo superior al 30% y 40% en la mayoría de las dietas, respecto a las necesidades teóricas (NRC, 2001). Porcentajes inferiores al 0,2% pueden comprometer la reproducción, pero no, con 0,32%, tanto en novillas como vacas lactantes (Wu y Satter, 2000). Por su parte Ferris *et al.*, (2004), no observan efectos significativos sobre la producción de leche y fertilidad, durante un estudio de dos años con vacas primíparas alimentadas a dos niveles de fósforo en el concentrado (0,53% y 0,38% sobre materia seca). Si bien, desde un punto de vista medioambiental, la menor concentración reduce un 45% la excreción de fósforo en heces. De todos los minerales esenciales para el ganado, el fósforo representa el mayor potencial de riesgo medioambiental vía contaminación de la superficie del agua (NRC, 2001). En rumiantes, la mayoría del fósforo excretado procede de las heces (69% del ingerido); 30% en leche y 1% de la orina (Amaral, 2000).

Los objetivos de este trabajo son los de cuantificar la excreción de fósforo en novillas de reposición y vacas lecheras alimentadas con ensilados de hierba conservados con ensilado de maíz, ácido fórmico o sin conservante.

Material y Métodos

Elaboración de los ensilados

La hierba fue segada con segadora rotativa-acondicionadora al inicio del espigado, previo presecado de 24 horas y conservada en silo plataforma, empleándose 3,5 litros de ácido fórmico,

denominado (EHAF) o 100 kg de ensilado de maíz (EHEM) por tonelada de forraje verde y sin adición de conservante (EHSC). Los ensilados fueron abiertos a los 240 días para los de hierba.

Animales, dietas y diseño experimental

En el primer experimento, tres novillas Frisonas de reposición, con un peso vivo medio de 414 ± 25 kg, fueron alimentadas con los ensilados descritos en el subapartado anterior como único alimento y en el segundo, tres vacas Frisonas en lactación mediando 88 ± 55 días en leche; $22 \pm 2,1$ kg leche y 628 ± 22 kg de peso vivo, igualmente alimentadas, más una suplementación extra de 3,6 kg de concentrado. Los ensilados fueron ofrecidos en dos tomas (8,30 a.m. y 17 p.m.) y a las 9,30 a.m. el concentrado para las vacas lecheras. Cada experimento fue desarrollado durante tres periodos de 20 días (15 de adaptación y 5 de control), según un diseño en cuadrado latino (3 ensilados x 3 animales). Ambos grupos de animales dispusieron en todo momento de agua, piedras de sales minerales y 65 g de bicarbonato sódico.

Análisis químicos

La materia seca de los ensilados, concentrado y heces se determinó en estufa a 60 °C durante 48 horas y el fósforo, en el laboratorio de Mouriscade-Lalín (Pontevedra) sobre muestra seca. La concentración de fósforo en orina se estimó a partir de la ecuación propuesta por Wu *et al.*, (2001) y, para la leche, se asumió 0,9 g P/kg (NRC, 2001). El fósforo presente en el suero sanguíneo fue analizado como fósforo inorgánico por el método Fiske-Subbarow (1925) y siempre a la misma hora (8 a.m.), obtenidas por venopunción de la vena mamaria en el momento del ordeño para las vacas lecheras, y seguidamente a las novillas de la región coxígea sobre un venoject sin anticoagulante durante los cinco días de control.

Ingestión y balance en fósforo

La ingestión diaria de materia seca se determinó por diferencia del ofrecido y rechazado. Durante cinco días consecutivos se pesaron las heces y orina, está última, recogida mediante sonda vesical tipo Foley, tomándose alícuotas de 350 g de heces frescas y 100 cc de orina por vaca y día. La producción diaria de orina fue recogida en un contenedor de 50 litros, a quien se le adicionó H_2SO_4 al 25% v/v.

Durante la fase de control, la producción de leche procedente del ordeño de tarde y mañana fue medida y una alícuota de cada uno de ellos fue mezclada para analizar su contenido en proteína bruta como ($N_{total} \times 6,38$).

Análisis estadístico

Cada variable fue analizada como dos cuadrados latinos 3 x 3 (3 ensilados x 3 períodos) con el PROC MIXED de SAS (1988), usando el modelo: $Y_{ijkl} = \mu + C_i + A_{j(i)} + P_k + E_l + T_m + (E \times T)_{lm} + (C \times A \times P \times E \times T)_{ijklm} + e_{ijklm}$; donde: Y_{ijkl} = Variable estudiada, μ = media del conjunto, C_i = efecto aleatorio del cuadrado ($i=1,2$); $A_{j(i)}$ = efecto aleatorio del animal dentro del cuadrado ($j=1,2,3$); P_k = efecto fijo del período ($k=1,2,3$); E_l = efecto fijo del tipo de ensilado ($l=1,2,3$); T_m = efecto fijo del tipo de animal ($m=1,2$); $(E \times T)_{lm}$ = efecto de la interacción de E_l y T_m ; $(C \times A \times E \times T)_{ijklm}$ = error para todas las fuentes de variación intactas del plot. Para todos los parámetros, los efectos del modelo son declarados significativos a $P < 0,05$, a menos que fuese notado de otra manera. Para explicar la relación entre los valores de digestibilidad con el nivel de alimentación se empleó el PROC REG de SAS (1988).

Resultados y Discusión

La composición química de los diferentes ensilados aparece reflejada en la Tabla 1. La adición de ensilado de maíz al ensilado de hierba incrementó un 20% el contenido de materia seca, sin diferencias entre el conservado con ácido fórmico (EHAF) o sin conservante (EHSC). Por el contrario, la concentración de proteína bruta descendió 3,10% e incrementó 7,14% el fósforo para el ensilado de hierba conservado con ensilado de maíz (EHEM), atribuible en éste último a

una posible contaminación por tierra, como lo muestra el menor contenido de materia orgánica (Tabla 1).

En el primer experimento, la ingestión de materia seca fue similar entre ensilados (Tabla 2). En el segundo, el consumo fue mayor con EHAF ($P < 0,05$), sin diferencias entre el conservado con ensilado de maíz o sin conservante (Tabla 2).

Tabla 1. Composición química de los ensilados y concentrado

	EHEM	EHAF	EHSC	Concentrado
MS, %	35,3±4,35	28,2±0,27	28,2±0,76	90,7±0,04
MO, % [*]	87,2±2,24	88,8±0,15	89,3±0,99	90,3±0,1
PB, % [*]	15,6±0,85	16,2±0,085	16,1±0,73	17,02±0,15
P, % [*]	0,45±0,08	0,42±0,01	0,41±0,03	0,41±0,01

EHEM: ensilado de hierba conservado con ensilado de maíz; **EHAF:** ensilado de hierba conservado con ácido fórmico; **EHSC:** ensilado de hierba sin conservante. **MS:** materia seca; **MO:** materia orgánica; **PB:** proteína bruta; **P:** fósforo; (^{*}): valores expresados en tanto por ciento sobre materia seca

El consumo de fósforo fue superior en el segundo experimento con vacas lecheras, imputable a la mayor ingestión de materia seca ($P < 0,001$) (Tabla 2). Entre ensilados y para el segundo experimento, el menor consumo de fósforo se registró con EHSC ($P < 0,05$), aumentando a 9,1 y 15 g en EHEM y EHAF respectivamente. En cualquier caso, los porcentajes de fósforo resultaron aceptables para vacas lecheras en media lactación (0,43%), coincidente con el NRC (2001); por el contrario, para novillas de 400 kg de peso vivo, las concentraciones resultaron ser del 0,41%, superiores al 0,30% recomendado por el NRC (2001).

Respecto al fósforo ingerido, las heces representan la mayor excreción, con porcentajes medios de 68,4%; 60,5% y 54,8% en el primer experimento y 51,8%; 55,8 y 52% en el segundo para EHSC; EHAF y EHEM respectivamente, coincidente con Weiss y Wyatt (2004), e inferior al 60-70% indicados por Zhengxia *et al.*, (2002) en vacas lecheras. Pese aquellas diferencias, la digestibilidad aparente del fósforo, fue superior en vacas lecheras ($P < 0,001$) y entre ensilados, menor en EHAF, sin variaciones entre EHEM y EHSC, con porcentajes medios de 47,9 y 48,1% respectivamente. En el primer experimento, la menor digestibilidad correspondió al ensilado de hierba sin conservante (Tabla 2), y la mayor ($P < 0,001$), en el conservado con ensilado de maíz (45,5% vs 31,2%) respectivamente. No obstante Brintrup *et al.*, (1993), indican que la digestibilidad del fósforo en rumiantes disminuye cuando la ingestión supera a las necesidades y, rara vez, excede del 45 ó 50%, coincidente en el presente trabajo e independientemente del tipo de animal y dieta. Posiblemente el que la digestibilidad fuese mayor en vacas lactantes (valor medio 46,7%) y 38,6% en novillas, tenga su origen al mayor coeficiente de absorción del fósforo procedente del concentrado que el de los forrajes, donde el NRC (2001) lo estima en 64% para forrajes y 70% en concentrados.

Al relacionar la digestibilidad aparente del fósforo con el ingerido, los coeficientes de determinación obtenidos resultan bajos para vacas lecheras ($r^2=0,37$), sin diferencias significativas en novillas (Tabla 3). Según Conrad (1999), el contenido de fósforo de origen bacteriano presente en heces es 0,0037 g/g de MS ingerida; para el presente trabajo equivale 11,74; 10,39 y 9,54 g de fósforo para el primer experimento y, 18,8; 21,8 y 20,35 en el segundo para los ensilados EHSC, EHAF y EHEM respectivamente.

Las diferentes digestibilidades observadas dieron lugar a balances desiguales entre ensilados ($P < 0,001$) y animales ($P < 0,001$), con valores medios de 9,36; 12,6 y 14,7 g en el primer experimento y, 17,6; 20,7 y 20,9 g en el segundo para EHSC, EHAF y EHEM respectivamente.

Para el segundo experimento, cada gramo de fósforo ingerido incrementa la concentración de fósforo en heces 0,005 unidades porcentuales, inferior a 0,01 indicado por Wu *et al.*, (2000 y 2001) en vacas lecheras, sin relaciones significativas en el primer experimento. No obstante, al

relacionar el fósforo excretado ($P_{\text{heces}} + P_{\text{orina}}$) respecto al ingerido, la tendencia es lineal en ambos experimentos, si bien, el coeficiente de determinación es mayor con vacas lecheras ($r^2=0,90$) que en novillas $r^2=0,69$ (Tabla 3), atribuido a la menor ingestión de fósforo. En cualquier caso, las pendientes resultan semejantes a 0,57 obtenida por Weiss y Wyatt (2004).

Tabla 2 Ingestión y excreción de fósforo

Novillas (1° experimento)					
	EHSC	EHAF	EHEM	et	Sig
MS, kg MS/día	7,61	7,8	7,91	0,30	NS
P_{ingerido} , g/d	30,4	32,7	33,2	1,29	NS
P_{heces} , g/d	20,8	19,8	18,2	0,85	NS
P_{heces} , %	0,69	0,70	0,70	0,01	NS
P_{orina} , g/d	0,26	0,27	0,27	0,004	NS
$P_{\text{heces+orina}}$, g/d	21,1	20,1	18,5	0,85	NS
$P_2O_5_{\text{heces+orina}}$, g/d	48,4	46,2	42,5	1,97	NS
dP, %	31,2	39,1	45,5	1,71	***
Balance P, g/d ¹	9,36	12,6	14,7	0,80	**
P_{sangre} , mg/dl	6,48	6,48	6,40	0,01	*
Vacas (2° experimento)					
	EHSC	EHAF	EHEM	Et	Sig
MS, kg MS/día	17,8	19,8	18,5	0,23	***
P_{ingerido} , g/d	73,3	88,3	82,4	1,40	***
P_{heces} , g/d	38,0	49,3	42,9	1,04	***
P_{heces} , %	0,75	0,83	0,78	0,008	***
P_{orina} , g/d	0,54	0,63	0,64	0,01	***
$P_{\text{heces+orina}}$, g/d	38,5	49,9	43,6	1,04	***
$P_2O_5_{\text{heces+orina}}$, g/d	88,7	114,7	100,2	2,41	***
P_{leche} , g/d	17,2	17,6	17,8	0,14	NS
dP, %	48,1	44,1	47,9	0,48	***
Balance P, g/d ²	17,6	20,7	20,9	0,49	***
P_{sangre} , mg/dl	4,65	4,65	4,71	0,01	*
	Ensilado		Animal	Ensilado * Animal	
MS, kg MS/día	***		*	*	
P_{ingerido} , g/d	***		***	***	
P_{heces} , g/d	***		***	***	
P_{heces} , %	***		***	*	
P_{orina} , g/d	***		***	*	
$P_{\text{heces+orina}}$, g/d	***		***	***	
$P_2O_5_{\text{heces+orina}}$, g/d	***		***	***	
P_{leche} , g/d	***		***	***	
dP, %	***		***	***	
Balance P, g/d ²	***		***	***	
P_{sangre} , mg/dl	***		NS	***	

dP: digestibilidad aparente del fósforo; ¹: $P_{\text{ingerido}} - (P_{\text{heces}} + P_{\text{orina}})$; ²: $P_{\text{ingerido}} - (P_{\text{heces}} + P_{\text{orina}} + P_{\text{leche}})$ **a, b, c**: valores acompañados de distinta letra dentro de cada fila difieren $P < 0,05$; **et**: error típico de la media

Tabla 3. Estimación del fósforo excretado

Novillas (1° experimento)	\pm	R^2
----------------------------------	-------	-------

P heces, g/d	0,121 ($\pm 3,25$) + 0,59 ($\pm 0,09$) P	2,86	0,69
P heces+orina, g/d	0,36 ($\pm 3,25$) + 0,57 ($\pm 0,096$) P	2,86	0,39
Vacas (2º experimento)			
P heces, g/d	-14,9 ($\pm 3,7$) + 0,7 ($\pm 0,04$) P	1,68	0,90
P heces+orina, g/d	-13,9 ($\pm 3,6$) + 0,71 ($\pm 0,04$) P	1,67	0,90
dP, %	63,9 ($\pm 4,5$) + 0,21 ($\pm 0,05$) P	2,04	0,37
PB leche, %	2,61 ($\pm 0,059$) + 0,004 ($\pm 0,001$) P	0,27	0,59

P: fósforo ingerido, g/día

Un porcentaje elevado del nitrógeno proteico de la leche se encuentra en la caseína, formando fosfocaseinato de cal. Así, Wu *et al.*, (2000) observan relaciones positivas entre la ingestión de fósforo y la concentración de proteína en leche. Semejantes apreciaciones son observadas en el presente trabajo con vacas lecheras (2º experimento), donde cada gramo de fósforo ingerido incrementó la concentración de proteína en leche 0,004 unidades porcentuales. Sin embargo, no creemos que el fósforo por sí sólo sea la causa del aumento de proteína, sino que son muchos y variados los factores implicados en ello.

Conclusiones

La mayor parte del fósforo excretado procede de las heces. En novillas, los ensilados de hierba conservados con ensilado de maíz o ácido fórmico los coeficientes de digestibilidad resultan muy similares, pero no en vacas. Cuando se recolecta hierba al inicio del espigado y es conservada con ensilado de maíz o ácido fórmico, la ingestión de fósforo supera a las necesidades cuando se administra a novillas de reposición como único alimento. Sin embargo en vacas lecheras, es posible reducir la concentración de fósforo en el concentrado cuando se emplean ensilados de hierba joven, e independientemente del tipo de conservante empleado.

Agradecimientos

Mi agradecimiento a Dra. María Hermida del Laboratorio de Mouriscade-Lalín, Pontevedra, por su labor desinteresada en la realización de los análisis de fósforo.

Bibliografía

- AMARAL, D. 2000. Impact of phosphorus on reproduction and the environment. Kentucky Ruminant Nutrition. Impact of Phosphorus Nutrition, p:35-45.
- BRINTRUP, R.; T. MOOREN; U. MEYER; H. SPIEKERS; E. PFEFFER. 1993. Effects of two levels of phosphorus intake on performance and faecal phosphorus excretion of dairy cows. J. Anim. Physiol. A Anim. Nutr. **69**:29-36.
- CONRAD, H. 1999. Dietary phosphorus, excretory phosphorus and environmental concerns. Pages 63-71 in Proc. 10th Annual Florida Ruminant Nutr. Symp. Gainesville, FL.
- FERRIS, C.; D. PATTERSON; R. FOY. 2004. Reducing phosphorus levels in dairy cow diets in Northern Ireland. 77 Annual Report.
- FISKE, C.H.; SUBBAROW, Y. 1925. J. Biol. Chemical., **66**:375-400
- GOODALL, G. M.; M. A. TOMASZEWSKI; E. R. JORDAN; S. R. STOKES; L. W. GREENE. 2000. Implementation of innovative best management practices and a nutrient monitoring system to reduce nitrogen and phosphorus loading from dairy cattle production systems. J. Dairy Sci. **83** (Suppl. 1. 234). (Abstr.).
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. 2001. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 7th rev. ed. Natl. Acad. Press, Washington, DC.

POWELL, M.; D. JACKSON-SMITH; L. D. SATTER. 1999. Phosphorus content of feeds and feces on Wisconsin Dairy Farms. U.S. Dairy Forage Research Center Research Summaries. Madison, WI.

SANSINEMA, M.; L. D. BUNTING; S. R. STOKES; E. R. JORDAN. 1999. A survey of trends and rationales for phosphorus recommendations among Mid-South nutritionists. Pages 51-54 In: *Proc. Mid-South Ruminant Nutr. Conf.*, Dallas, TX.

SAS. 1988. SAS/STAT User's Guide. SAS Institute Inc.; Cary, NC.

WEISS, W.; WYATT, D. 2004. Macromineral digestion by lactating dairy cows: estimating phosphorous excretion via manure. *J. Dairy Sci.* **87**:2158-2166.

WU, Z.; L. D. SATTER; R. SOJO. 2000. Milk production, reproductive performance, and fecal excretion of phosphorous by dairy cows fed three amounts of phosphorous. *J. Dairy Sci.* **83**:1028-104.

WU, Z.; L.D. SATTER. 2000. Milk production and reproductive of dairy cows feed two concentrations of phosphorous for two years. *J. Dairy Sci.* **83**:1052-1063.

WU, Z., L. D. SATTER; A. J. BLOHOWIAK; R. H. STAUFFACHER; J. H. WILSON. 2001. Milk production, estimated phosphorus excretion, and bone characteristics of dairy cows fed different amounts of phosphorus for two or three years. *J. Dairy Sci.* **84**:1738-1748.

ZHENGXIA DOU; KATHARIEN F. KNOWLTON; RICHARD A. KOHN; ZHIGUO WU; LARRY D. SATTER; GANGYA ZHANG; JOHN D. TOTH; JAMES D. FERGUSON. 2002. Phosphorous characteristics of dairy feces affected by diets. *J. Environ. Qual.* **31**:2058-2065.

EFFECT OF THE KIND OF PRESERVING AGENT USED ON PHOSPHOROUS EXCRETION IN HEIFERS AND DAIRY CATTLE

Summary

Two experiments were carried out under controlled conditions: In one of the assays, heifers were fed *ad libitum* with grass silage preserved either with silage maize (EHM), formic acid (EHAF) or without preserving agent (EHSC). In the second experiment, dairy cattle received an extra supplementation of concentrate (3.6 kg DM). Results showed a higher phosphorous excretion in dairy cattle ($P < 0.001$), higher digestibility ($P < 0.001$) and lower phosphorous concentration in blood ($P < 0.001$). In the case of heifers, the kind of preserving agent did not affect phosphorous intake neither phosphorous excretion. On the contrary, in dairy cattle, the lowest phosphorous intake was found in silage EHSC, which originated a lower faeces excretion ($P < 0.001$). It is concluded that in diets including grass silages, regardless of the preserving agent used, phosphorous excretion in faeces is positively related with its intake.

Key words : silages, cattle, heifers, phosphorous, digestibility, excrete

EFFECTOS DEL NIVEL DE ALIMENTACIÓN SOBRE LA DIGESTIBILIDAD DE TRES ENSILADOS DE HIERBA EMPLEANDO DIFERENTE CONSERVANTE EN NOVILLAS DE REPOSICIÓN Y VACAS LECHERAS

GREGORIO SALCEDO

Dpto. de Tecnología Agraria del I.E.S. "La Granja" 39792 Heras, Cantabria

Telf: 942 562 232 Fax: 942 526 258

* gregoriosalce@ono.com

Resumen

Se realizaron dos experimentos en nave metabólica con novillas de reposición y vacas en lactación, alimentadas *ad libitum* con ensilados de hierba conservados con ensilado de maíz (EHEM); ácido fórmico (EHAF) o sin conservante (EHSC). En el primer experimento se utilizaron novillas de reposición. En el segundo, El segundo experimento se realizó con vacas lecheras y recibieron una suplementación extra de 3,6 kg de concentrado. Los resultados mostraron incrementos de digestibilidad en la materia seca, materia orgánica, fibra ácido y neutro detergente, almidón y energía al aumentar el nivel de alimentación ($P<0,001$) e independientemente del conservante empleado. Entre conservantes, con ensilado de maíz se obtuvieron los mayores porcentajes de digestibilidad para la materia seca, materia orgánica, fibra ácido y neutro detergente, almidón y energía ($P<0,001$).

Palabras clave: ensilados, conservantes, nave metabólica, digestibilidad *in vivo*

Introducción

En los animales, el aumento de consumo determina el ritmo de paso por el tracto digestivo, proporcionando menos tiempo para la digestión y absorción, reduciéndose la digestibilidad (Bondi, 1989). Los trabajos de Gabel *et al.*, (2003), con vacas lecheras alimentadas con dietas mezcladas (67% forraje y 33% concentrado) a dos niveles de alimentación (múltiplos de las necesidades de energía), alto: 4,6 y bajo: 2,7; observan descensos de 2,6; 2,8; 2,7; 1,78; 4,7; y 4,5 unidades porcentuales en la digestibilidad de la materia seca; materia orgánica; proteína; almidón; fibra ácido y neutro detergente respectivamente, por incremento de un punto en el nivel de alimentación. Por el contrario, autores como Cottyn *et al.*, (1989) concluyen que el efecto de incrementar el consumo de alimento no modifica la digestibilidad de forrajes largos o cortados. Para vacuno lechero el ARC (1980) indica descensos de 3 a 4 unidades porcentuales por incremento en la ingestión múltiplo del nivel de alimentación.

Los objetivos de este experimento son los de analizar la influencia del tipo de conservante sobre la digestibilidad del ensilado de hierba y los efectos que ejerce el nivel de alimentación sobre la misma en novillas de reposición y vacas lecheras.

Material y Métodos

Elaboración de los ensilados

La hierba fue segada con segadora rotativa-acondicionadora al inicio del espigado, previo presecado de 24 horas y conservada en silo plataforma, empleándose 3,5 litros de ácido fórmico (EHAF), 100 kg de ensilado de maíz (EHEM) por tonelada de forraje verde o sin adición de conservante (EHSC). Los ensilados fueron abiertos a los 240 días.

Animales, dietas y diseño experimental

En el primer experimento se utilizaron tres novillas Frisonas de reposición (414 ± 25 kg), alimentadas con los ensilados descritos en el subapartado anterior como único alimento. En el segundo, fueron implicadas tres vacas Frisonas en lactación mediando 88 ± 55 días en leche; $22 \pm 2,1$ kg leche y 628 ± 22 kg de peso vivo, igualmente alimentadas, más una suplementación extra de 3,6 kg de concentrado. Los ensilados fueron ofrecidos en dos tomas (8,30 a.m. y 14,3 p.m.) y el concentrado (Cual??), a las 9,30 a.m. para las vacas lecheras. Cada experimento fue desarrollado durante tres periodos de 20 días (15 de adaptación y 5 de control), según un diseño en cuadrado latino (3 ensilados x 3 animales). Ambos grupos de animales dispusieron en todo momento de agua, piedras de sales minerales y 65 g de bicarbonato sódico.

Análisis químicos

La materia seca se determinó en estufa a 60°C durante 48 horas; cenizas por incineración de la muestra a 550°C ; fibra neutro detergente (FND), según Van Soest y Robertson (1991); fibra ácido detergente y lignina-sulfúrico según Goering y Van Soest (1970); lignina FND del concentrado y ensilado de maíz según Van Soest *et al.*?, (1991); proteína bruta (PB) como N-Kjeldhal x 6,25; almidón según el método BOE N° 45 (1995) y, el del concentrado según Nocek y Tamminga (1991). El pH de los ensilados se midió con pHmetro Crison Basic20 y el nitrógeno amoniacal (N-NH₃) por destilación tipo Kjeldhal con óxido de magnesio. La energía bruta de los ensilados, concentrado y heces fue analizada en el CIAM (La Coruña). La degradabilidad ruminal *in situ* de la MS y proteína de los ensilados (Mehrez y Ørskov, 1977) se determinó sobre dos vacas canuladas en rumen. Se utilizaron bolsas con un tamaño de poro de 45 μm , 3 g/bolsa de material seco a 60°C y molido a 1 mm, y cerradas por termosellado, resultando una superficie útil de 11 x 16 cm y una relación de 17 mg/cm² de bolsa. Los tiempos de incubación fueron 0, 2, 4, 8, 16, 24, 48 y 72 horas. Tras los mismos, las bolsas fueron lavadas con agua fría en lavadora durante tres periodos de 5 minutos, cambiando el agua entre ellos y, secadas a 60°C en estufa durante 24 horas. La cinética de degradación se ajustó según el modelo de Orskov y McDonald (1979) $y = a + b[1 - e^{-c(t)}$] y la degradabilidad efectiva para una tasa de flujo asumida $k = 6\%/h$ se calculó como $De = a + (b \cdot c) / c + k$. Las incubaciones se llevaron a cabo durante dos periodos según un diseño en cuadrado latino (2 vacas x 2 periodos).

La energía metabolizable *in vivo* se estimó como $EM_{(MJ/kg MS)} = (ED \times 0,81)$ (Armstrong, 1964); el coeficiente de eficiencia de utilización de la energía metabolizable para producción de leche (K_l) y el de crecimiento en novillas (K_c) fueron estimados a partir de las ecuaciones propuestas por AFRC (1993). La energía de la orina y del metano fueron estimadas a partir de las ecuaciones indicadas por Schiemann *et al.*, (1970) citado por Gabel *et al.*, (2003).

Cálculo de la digestibilidad in vivo

A partir de la ingestión de alimento (oferta menos rechazo) y heces excretadas, se calculo para cada animal, el coeficiente de digestibilidad aparente de la materia seca (dMS); materia orgánica (dMO); nitrógeno (dN); fibra ácido detergente (dFAD); fibra neutro detergente (dFND); energía (dE) y almidón (dAl) de los ensilados (novillas) y dietas en las vacas lecheras, según la expresión:

$$CD_x = \frac{\sum X_i - \sum X_e}{\sum X_i} \times 100$$

donde, CD_x es el coeficiente de digestibilidad aparente (%) del constituyente x, siendo SX_i y SX_e, respectivamente, las cantidades ingeridas y excretadas de dicho constituyente por el animal a lo largo del período control.

Análisis estadístico

Cada variable de digestibilidad fue analizada como dos cuadrados latinos 3 x 3 (3 ensilados x 3 períodos) con el PROC MIXED de SAS (1988), usando el modelo: $Y_{ijkl} = \mu + C_i + A_{j(i)} + P_k + E_l + T_m + (E \times T)_{lm} + (C \times A \times P \times E \times T)_{ijklm} + e_{ijklm}$; donde: Y_{ijklm} = Variable estudiada, μ = media del conjunto, C_i = efecto aleatorio del cuadrado ($i=1,2$); $V_{j(i)}$ = efecto aleatorio del animal dentro del cuadrado ($j=1,2,3$); P_k = efecto fijo del período ($k=1,2,3$); E_l = efecto fijo del tipo de ensilado ($l=1,2,3$); T_m = efecto fijo del tipo de animal ($m=1,2$); $(E \times T)_{lm}$ = efecto de la interacción de E_l y T_m ; $(C \times A \times E \times T)_{ijklm}$ = error para todas las fuentes de variación intactas del plot. Para todos los parámetros, los efectos del modelo son declarados significativos a $P < 0,05$, a menos que fuese notado de otra manera. Para explicar la relación entre los valores de digestibilidad con el nivel de alimentación se empleó el PROC REG de SAS (1988).

Resultados y Discusión*Composición química de los ensilados*

La composición química de los ensilados aparece reflejada en la Tabla 1. La adición de ensilado de maíz incrementó un 20% la materia seca ($P < 0,05$) respecto al conservado con ácido fórmico (EHAF) o sin conservante (EHSC);, sin diferencias entre éstos últimos. Por el contrario, la proteína bruta, la degradabilidad teórica y la fracción soluble de la proteína fue inferior en EHEM ($P < 0,05$), posiblemente debido a la inoculación de bacterias ácido lácticas procedentes del mismo ensilado de maíz, que favorecieron menor concentración de N-amoniaco en el ensilado (Tabla 1);, sin diferencias significativas entre EHAF y EHSC.

Tabla 1. Composición química de los ensilados y concentrado

	EHEM	EHAF	EHSC	Concentrado
MS, %	35,3±0,05	28,2±0,06	28,2±0,08	90,7
MO, % sms	87,1±0,06	88,8±0,06	89,3±0,05	90,1
PB, % sms	15,6±0,04	16,3±0,01	16,1±0,03	17,02
DTPB, % PB	68,3±0,47	73,5±0,53	75,4±0,36	75,4
aPB, % PB	36,5±0,37	39,8±0,38	40,9±0,18	-
DTMS, %	60,9±0,17	61,2±0,14	59,9±0,43	-
aMS, %	32,8±0,33	34,4±0,21	59,9±0,43	-
P-FAD, % PB	7,2±0,01	8,2±0,01	9,3±0,02	-
P-FND, % PB	10,3±0,04	11,2±0,03	12,1±0,01	-
FAD, % sms	32,7±0,38	33,2±0,03	33,5±0,07	7,3
FND, % sms	48,9±0,14	49,2±0,04	50,2±0,05	19,2
Lignina, % sms	8,6±0,02	10,2±0,03	11,3±0,04	-
GB, % sms	2,78±0,01	2,50±0,01	2,79±0,03	2,7
MOD _{vitro} , % sms	57,9±0,06	62,7±0,34	61,4±0,12	82,6
Almidón, % sms	3,06±0,03	1,82±0,02	0,81±0,02	49,2
CNF, % sms	19,7±0,13	20,8±0,01	20,1±0,15	51,2
EB, MJ/kg MS	17,2±0,06	16,8±0,11	17,2±0,07	17,42
pH	3,85±0,003	4,06±0,008	4,23±0,008	-
N-NH ₃ , % N _{total}	13,6±0,09	15,3±0,05	18,1±0,01	-

EHEM: ensilado de hierba conservado con ensilado de maíz; **EHAF:** ensilado de hierba conservado con ácido fórmico; **MS:** materia seca; **MO:** materia orgánica; **PB:** proteína bruta; **DTPB:** degradabilidad teórica de la proteína bruta; **DTMS:** degradabilidad teórica de la materia seca; **aPB:** fracción de la proteína inmediatamente degradable; **aMS:** fracción de la materia seca inmediatamente degradable; **P-FAD** y **P-FND:** proteína ligada a la fibra ácido y neutro detergente; **MOD:** materia orgánica digestible *in vitro* con novillas alimentadas a nivel de mantenimiento; **GB:** Grasa bruta; **EM:** energía metabolizable; **CNF:** carbohidratos no fibrosos; **EB:** energía bruta.

Las concentraciones de fibra ácido y neutro detergente resultaron similares entre ensilados, e independientemente del tipo de conservante usado. Sin embargo, el contenido de almidón fue mayor en EHEM ($P < 0,05$), atribuible al propio aporte de ensilado de maíz. La menor concentración de energía bruta se registró en el ensilado de hierba conservado con ácido fórmico ($P < 0,05$), sin diferencias entre EHEM y EHSC (Tabla 1). El mayor pH se registró en el ensilado de hierba sin conservante ($P < 0,05$), seguido de EHAF, el menor en el conservado con ensilado de maíz; y en este mismo orden el contenido en nitrógeno amoniacal.

Digestibilidad

De acuerdo con Brown (1966), el nivel de alimentación (NA) ejerce gran influencia sobre la digestibilidad y la concentración energética de la dieta. Los resultados obtenidos mostraron diferencias significativas ($P < 0,001$) según el NA para la digestibilidad de la materia seca (dMS); materia orgánica (dMO); fibra ácido detergente (dFAD); fibra neutro detergente (dFND); almidón (dAl); energía (dE) y, ($P < 0,05$) para el nitrógeno (dN) (Tabla 2). Para el conjunto de ensilados del primer experimento, dMS, dMO y dE resultaron similares a los obtenidos por Flores *et al.*, (2003) para ensilados de hierba en Galicia y Yan y Agnew (2004) en Irlanda para dMS y dMO, ambos obtenidos con ovinos alimentados a nivel de mantenimiento. No obstante Bondi (1989), señala para forrajes con digestibilidades de la materia seca inferiores al 66%, el ganado vacuno tiende a proporcionar porcentajes mayores que en ovino, reflejando la mayor capacidad del ganado vacuno para digerir fibra.

Tabla 1. Coeficientes de digestibilidad de los ensilados y utilización de la energía

	Novillas (1° experimento)				Vacas (2° experimento)				Significación		
	<i>EHEM</i>	<i>EHAF</i>	<i>EHSC</i>	<i>et</i>	<i>EHEM</i>	<i>EHAF</i>	<i>EHSC</i>	<i>et</i>	Ensilado	Animal	ExA
IMS	7,91	7,8	7,61	0,30	18,5	19,8	17,8	0,23	***	*	*
dMS	67,8	63,6	60,1	0,52	70,2	70,2	71,4	0,09	***	***	***
dN	50,6	51,0	50,8	0,74	67,3	62,3	63,5	0,34	*	***	*
dMO	71,6	70,7	64,6	0,43	73,2	74,8	69,4	0,52	***	***	NS
dFAD	68,4	64,0	57,2	0,60	67,3	62,2	65,0	0,54	***	*	***
dFND	60,8	56,2	51,1	0,60	62,8	62,8	62,4	0,69	***	***	***
dAl	71,6	67	68,8	1,07	94,1	94,6	94,5	0,06	***	***	***
dE	67,8	65,4	61,0	0,48	70,3	71,0	71,9	0,18	***	***	***
ED	11,69	11,01	10,38	0,088	12,19	12,21	11,97	0,04	***	***	***
EM	9,47	8,91	8,41	0,071	9,85	9,59	9,94	0,04	***	***	***
ED/EB	0,68	0,65	0,60	0,005	0,70	0,71	0,70	0,002	***	***	***
EM/EB	0,55	0,52	0,49	0,004	0,55	0,57	0,59	0,002	***	***	***
K_m	0,69	0,68	0,67	0,002	0,70	0,69	0,71	0,001	***	***	***
K_l	0,61	0,60	0,59	0,001	0,62	0,61	0,63	0,001	***	***	***
K_c	0,49	0,47	0,44	0,003	0,50	0,49	0,52	0,002	***	***	***

IMS: ingestión de materia seca (kg/d); **dMS**: digestibilidad materia seca (% MS); **dDN**: digestibilidad nitrógeno (% MS); **dMO**: digestibilidad materia orgánica (% MO); **dFAD**: digestibilidad de la fibra ácido detergente (% MS); **dFND**: digestibilidad de la fibra neutro detergente (% MS); **dAl**: digestibilidad del almidón (% MS); **EB**: energía bruta (MJ/kg MS); **dE**: coeficiente digestibilidad de la energía (% EB); **ED**: energía digestible (MJ/kg MS); **EM**: energía metabolizable (MJ/kg MS); K_m : eficiencia de utilización de la energía metabolizable para mantenimiento; K_l : eficiencia de utilización de la energía metabolizable para producción de leche; K_c : eficiencia de utilización de la energía metabolizable para crecimiento.

Por su parte Gabel *et al.*, (2003) en vacas lecheras alimentadas con dietas mezcladas a dos niveles de alimentación (medio 2,5 a 3) y (alto 4,5 a 5), comparados con otro bajo (1 a 1,5) con ovinos, observaron descensos significativos de 2,85; 3,18; 3,77; 2,55; 4,95; 4,62 y 3,21 unidades porcentuales por incremento en una unidad del nivel de alimentación y dentro del rango de 1,4 a 5 para dMS; dMO; dN; dAl; dFAD; dFND y dE respectivamente. Por el contrario, para vacas en parto alimentadas con ensilados de hierba y suplementadas con 0 ó 5 kg de concentrado (Keady *et al.*, 2001), no aprecian diferencias significativas para dMS; dMO; dE; dN y dFAD. Para el conjunto de datos, nuestros resultados mostraron relaciones positivas, con incrementos de 4,71; 2,57; 8,85; 1,08; 4,6 y 4,33 unidades porcentuales para dMS; dMO; dN; dFAD; dFND y dE respectivamente (Tabla 3). La mayor pendiente obtenida en dAl (16,75 unidades porcentuales por incremento en una unidad del nivel de alimentación), puede tener su origen en el bajo consumo de almidón (118,5 vs 2131 g/d) en el primer y segundo experimento respectivamente, lo que pudo favorecer más almidón utilizado a nivel ruminal que intestinal. En cualquier caso, estas ingestiones resultan más bajas que las recomendadas por el NRC (2001).

En corderos Murphy *et al.*, (1994a) observan incrementos en dMS; dMO; dFAD; dFND y dAl cuando aumentan el porcentaje de concentrado y restringen el consumo de materia seca. De igual forma Murphy *et al.*, (1994b), restringiendo el consumo voluntario de ensilado de maíz un 20% (100 a 80%) a novillas de reposición observan incrementos de digestibilidad para la MS, MO, FND, N y almidón. Sin embargo, Colucci *et al.*, (1989) señalan descensos significativos en la digestión de la fibra cuando se incrementa el aporte de concentrado. Posiblemente, el bajo aporte de concentrado en el segundo experimento (3,6 kg vaca y día), no pudo limitar la actividad celulolítica del rumen, que hiciera suponer descensos de pH ruminal. En este sentido (Salcedo, 2001), con vacas secas y gestantes, alimentadas con ensilados de hierba recibiendo suplementación extra variable de 0 a 5 kg de cebada, apreció descensos de 0,069 puntos de pH y 5,96 mg de N-NH₃ por litro de líquido ruminal. Los trabajos desarrollados por Colucci *et al.*, (1982) con vacas lecheras alimentadas *ad libitum* presentaron digestibilidades de la materia seca 4,7% a 8,4% menor que en vacas secas alimentadas a nivel de mantenimiento y la mayor disminución ocurrió con la dieta que contiene más concentrado.

En el primer experimento, la adición de ensilado de maíz al ensilado de hierba mejoró la energía metabolizable en 0,56 y 1,06 MJ/kg de materia seca respecto a los ensilados de hierba conservados con ácido fórmico o sin conservante respectivamente; sin diferencias significativas entre EHEM y EHSC. Para el conjunto de datos, la energía metabolizable incrementó 0,62 MJ/Kg MS por una unidad de aumento en el nivel de alimentación.

Tabla 3. Estimación de los coeficientes de digestibilidad según nivel de alimentación

Nutriente	Ecuación	±	R ²
dMS	57,9 (±1,1) + 4,71 (±0,52) Na	2,87	0,60
dMO	65,6 (±1,37) + 2,57 (±0,65) Na	3,56	0,23
dN	40,2 (±1,41) + 8,85 (±0,67) Na	3,68	0,76
dFAD	61,9 (±1,79) + 1,08 (±0,85) Na	4,66	0,030
dFND	50,3 (±1,63) + 4,6 (±0,77) Na	4,24	0,40
dE	59,5 (±1,08) + 4,33 (±0,51) Na	2,8	0,57
dAl	48,9 (±1,8) + 16,75 (±0,86) Na	4,68	0,88

Na: Nivel de alimentación

Conclusiones

La adición de ensilado de maíz o ácido fórmico al ensilado de hierba incrementó la ingestión y la digestibilidad, siendo más relevante en novillas que en vacas lecheras cuando son suplementadas con 3,6 kg de concentrado. La digestibilidad de la materia seca, nitrógeno, energía y almidón se relacionan positivamente con el nivel de alimentación.

Agradecimientos

Mi agradecimiento al equipo del laboratorio de Nutrición Animal del C.I.A.M., en especial a la Dra. Pilar Crespo por la determinación de la energía bruta.

Bibliografía

- ARC, 1980. The nutrient requirements of ruminant livestock. Commonwealth Agricultural Bureaux, Farnham Royal.
- AFRC. 1993. Agricultural and Food Research Council: Energy and Protein Requirements of Ruminants. CAB International, Wallingford, UK.
- ARMSTRONG, D. 1964. Evaluation of artificially dried grass as a source of energy for sheep. *J. Agric. Sci.* **62**:399-416.
- BONDI, A. 1989. Nutrición animal. Editorial Acribia pp. 289.
- BROWN, L. D. 1966. Influence of intake on feed utilization. *Journal of Dairy Science*, **49**:223-230.
- COLUCCI, H.; CHASE, L.; VAN SOEST, P. 1982. Feed intake, apparent digestibility and rate of particulate passage in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* **65**:1445-1456.
- COLUCCI, P.; G. MACLEOD; W. GROVUM; L. CAHILL; I. McMILLAN. 1989. Comparative digestion in sheep and cattle fed different forage to concentrate ratios at high and low intakes. *J. Dairy Sci.* **72**:1774-1785.
- FLORES, G.; GONZALEZ-ARRÁEZ, A.; CASTRO, J.; CASTRO, P.; CARDELLE, M.; FERNÁNDEZ, B.; VALLADARES, J. 2003. Evaluación de métodos de laboratorio para la predicción de la digestibilidad in vivo de la materia orgánica de ensilajes de hierba y planta entera de maíz. *Pastos*, XXXIII (1), 5-99.

GABEL, M.; B. PIEPER; K. FRIEDEL; M. RADKE; A. HAGEMANN; J. VOIGT; S. KUHLA. 2003. Influence of nutrition level on digestibility in high yielding cows and effects on energy evaluation systems. *J. Dairy Sci.* **86**:3992-3998.

KEADY, T.; C. MAYNE; D. FITZPATRICK; M. McCOY. 2001. Effect of concentrate feed level in late gestacion on subsequent milk yield, milk composition and fertility of dairy cows. *J. Dairy Sci.* **84**:1468-1479.

MURPHY, T.; S. LOERCH; F. SMITH. 1994a. Effects of feeding high-concentrate diets at restricted intakes on digestibility and nitrogen metabolism in growing lambs. *J. Anim. Sci.* **72**:1583-1590.

MURPHY, T.; S. LOERCH; F. SMITH. 1994b. The influence of restricted feeding on site and extent of digestion and flow of nitrogenous compounds to the duodenum in steers. *J. Anim. Sci.* **72**:2487-2496.

SALCEDO, G. 2001. Efecto del tiempo de oreo e ingestión de cebada añadida sobre la degradabilidad in sacco de un ensilado de rotopacas. Actas de la XLI R.C. de la S.E.E.P. *I Foro Iberoamericano de Pastos.* 413-419.

SAS. 1988. SAS/STAT User's Guide. SAS Institute Inc.; Cary, NC.

YAN, T.; R. AGNEW. 2004. Prediction of nutritive values in grass silages: I. Nutrient digestibility and energy concentrations using nutrient compositions and fermentation characteristics. *J. Anim. Sci.* **84**:1367-1379.

EFFECTS ON GRASS SILAGE DIGESTIBILITY OF PRESERVING AGENTS USED IN GRASS SILAGES FED TO HEIFERS AND DAIRY CATTLE

Summary

Two experiments were carried out under controlled conditions: In one of the assays, heifers were fed *ad libitum* with grass silage preserved either with silage maize (EHM), formic acid (EHAF) or without using any preserving agent (EHSC). In the second experiment, dairy cattle received an extra supplementation of concentrate (3.6 kg DM). Results showed that dry matter digestibility, organic matter, neutro detergent fibre, starch and energy increased with the level of supplementation ($P < 0.001$), regardless of the preserving agent used. Among preserving agents, increased dry matter digestibility, organic matter, neutro detergent fibre, starch and energy were found with silage maize ($P < 0.001$).

Palabras clave: silages, metabolism stalls, preservative, digestibility *in vivo*

EFFECTOS DEL PASTOREO DE CONEJOS DE MONTE, OVEJAS Y CIERVOS SOBRE PRADERAS RICAS EN LEGUMINOSAS

¹Muñoz-Igualada, J.; ¹San Miguel, A. y ²Roig, S.

1. Departamento de Silvopascicultura. ETSI de Montes. Universidad Politécnica de Madrid. Ciudad Universitaria S/N E-28040. Madrid (España).
 2. Centro de Investigación Forestal. INIA. Ctra La Coruña km 7,5. 28040. Madrid (España).
- * Autor para correspondencia: Tel: +34913367129; e-mail: alfonso.sanmiguel@upm.es

Resumen

La implantación de praderas ricas en leguminosas es una conocida estrategia para mejorar la oferta de proteína al ganado en sistemas agrosilvopastorales mediterráneos. Esta mejora de pastos es especialmente importante al final de la primavera y durante el verano, cuando los henascos y semillas de las leguminosas constituyen una fuente esencial de energía, proteína y minerales. Por ello, esta estrategia es también aconsejable, incluso más que en el caso del ganado doméstico, en explotaciones agroforestales donde la caza es uno de los principales productos. Mientras que para medianos o grandes ungulados (bien domésticos o salvajes) existen evidencias científicas de su relación mutualista con este tipo de praderas, en el caso de altas densidades de conejos de monte no parece darse tal tipo de relación. Esta comunicación compara el efecto del pastoreo de ovejas, ciervos y conejos sobre praderas ricas en leguminosas, implantadas en una zona de clima mediterráneo y suelo pobre en bases del centro de España. La cobertura de leguminosas en el caso de la pradera consumida por los conejos (5-10%) resultó significativamente inferior a las correspondientes a ciervos (25-50%) y ovejas (50-75%). Así mismo, la presencia de suelo desnudo en la pradera pastada por conejos fue mucho mayor que en las respectivas de ciervos y ovejas. Estos resultados sugieren una intensa predación de los conejos sobre las semillas de leguminosas, tanto de las situadas en superficie como de las enterradas. Por tanto, mientras que cargas moderadamente altas de ciervos y ovejas generalmente mejoran las praderas de leguminosas (paradoja pastoral o “grazing optimization” hipótesis), un intenso consumo por conejos parece provocar un empobrecimiento de sus bancos de semillas y por tanto la degradación de estos pastos a corto-medio plazo.

Palabras clave: persistencia de leguminosas, mejora de pastos, trébol subterráneo, pastoreo

Introducción

La cantidad de Materias Nitrogenadas Digestibles (MND) es el factor que más determina la calidad de los pastos mediterráneos (Olea *et al.*, 1989; Olea y San Miguel, 2006). Las MND son especialmente necesarias en los periodos de mayor necesidad de los animales: final de la gestación, lactación y crecimiento (Blas *et al.*, 1987). Así, en condiciones extensivas, la abundancia de leguminosas de un pasto está muy relacionada con la producción del ganado (Ayres *et al.*, 1998).

Por ello, el establecimiento de praderas ricas en leguminosas es una conocida estrategia para mejorar la calidad de los pastos en los sistemas agroforestales mediterráneos (Crespo, 2006; Olea y San Miguel, 2006), constituyendo una alternativa muy interesante a los cultivos anuales tradicionales, sobre todo en explotaciones con aprovechamientos integrados ganaderos y cinegéticos. Si bien son poco habituales en nuestro país, quizá limitadas por el actual modelo de la PAC, su empleo está muy extendido en el ámbito agroganadero anglosajón de clima mediterráneo, sobre todo Australiano (Croft *et al.*, 2002).

A pesar de su moderada difusión en España, numerosas experiencias científicas han demostrado su buen funcionamiento con ganado ovino y bovino en sistemas de pastoreo rotacional (Muslera y Ratera, 1984), de pastoreo continuo (Crespo, 2006) e incluso en fincas de caza mayor (San

Miguel, 1995; San Miguel *et al.*, 2000). Estos trabajos, además, confirman la acción mejorante que los fitófagos de mediano y gran tamaño ejercen sobre los pastos herbáceos, concepto conocido como paradoja pastoral (Díaz, 2000; San Miguel, 2001) o “grazing optimization hipótesis” (MacNaughton, 1976).

Con respecto al efecto del conejo de monte (*Oryctolagus cuniculus*) sobre este tipo de praderas, si bien hasta la fecha no ha sido realizado ningún estudio específico en España, las investigaciones realizadas en Australia coinciden en la degradación progresiva debida al consumo continuado por el mencionado lagomorfo, especialmente si éste aparece en altas densidades (Myers y Bults, 1977; Leigh *et al.*, 1987; Croft *et al.*, 2002).

Este trabajo analiza y compara el efecto del pastoreo de ovejas (*Ovis aries*), ciervos (*Cervus elaphus*) y conejos de monte sobre un mismo tipo de pradera rica en leguminosas. El objetivo concreto es evaluar cualitativamente el efecto del pastoreo del conejo, y las consecuencias del mismo en la evolución de la pradera, en comparación con el efecto debido a los fitófagos de mayor tamaño. Con un objetivo más general, también se pretende profundizar en el conocimiento de las interacciones entre los fitófagos y las praderas, y con ello mejorar la gestión de los sistemas agroforestales en los que se enmarcan estas actuaciones de mejora de pastos.

Material y Métodos

El trabajo se ha realizado en la finca privada “El Castañar”, incluida en la ZEPA “Montes de Toledo” (Provincia de Toledo, Término Municipal de Mazarambroz).

El clima de la zona se podría definir como mediterráneo continental, con veranos cálidos y secos e inviernos fríos. El termotipo es mesomediterráneo superior y el ombroclima, seco (Rivas-Martínez *et al.*, 2002).

La vegetación potencial es un encinar luso-extremadurensis acidófilo, mesomediterráneo y seco de *Pyro bourgaeanae-Quercetum rotundifoliae* (Rivas-Martínez *et al.*, 2001). Sin embargo, la vegetación actual consiste en un mosaico de restos de encinar, denso, adhesionado e incluso de porte arbustivo, arbustados, matorrales, pastos herbáceos naturales y cultivos agrícolas más o menos periódicos.

Los suelos son pobres en bases, de origen granítico y textura arenosa, lo que implica poca fertilidad y escasa capacidad de retención de agua.

La finca es una de las más extensas de la ZEPA, con unas 5000 ha. En ella se realiza un aprovechamiento múltiple y extensivo de sus recursos naturales, principalmente agricultura, ganadería, caza mayor y menor. Su población de conejos es de gran importancia para la conservación de especies amenazadas de extinción, principalmente Águila imperial ibérica (*Aquila adalberti*), debido a la presencia de varias parejas nidificantes. Esta población de conejos es objeto de aprovechamiento cinegético por parte de la propiedad de la finca.

El trabajo experimental consistió en el muestreo de las variables: “Cobertura de leguminosas”, “No leguminosas” y “Suelo desnudo” en 3 zonas diferentes de la finca cuyos pastos aprovechan, independientemente, ovejas, ciervos y conejos. En las 3 zonas, similares desde el punto de vista ecológico, se había implantado previamente (otoño de 2000 en la de ciervos, otoño de 2002 en las de ovejas y conejos), el mismo tipo de pradera rica en leguminosas (Tabla 1), aunque con dosis diferentes de semilla (Tabla 2).

En los 3 casos se utilizó la misma técnica agronómica de implantación, resumidamente: binado preparatorio con cultivador convencional, aporte conjunto de semillas y abono (500 kg/ha de

ACIMAR 0-25-0 con Ca, Mg y S) mediante abonadora centrífuga, tapado mediante rastra y pase posterior de rulo para mejorar el contacto entre las semillas y el suelo.

Tabla 1. Composición de la pradera ensayada.

50% de Trébol subterráneo (<i>Trifolium subterraneum</i>), mezcla homogénea de los cultivares: “Areces”, “Junee”, “Losa”, “Nungarin” y “York”.
20% de otros tréboles , mezcla homogénea de las especies: <ul style="list-style-type: none"> ➤ <i>Trifolium vesiculosum</i>. ➤ <i>Trifolium resupinatum</i>. ➤ <i>Trifolium incarnatum</i> ➤ <i>Trifolium balansae</i>.
2,5% de <i>Ornithopus compressus</i>
2,5% de <i>Biserrula pelecinus</i>
25% de gramíneas , mezcla homogénea de las especies: <ul style="list-style-type: none"> ➤ <i>Phalaris aquatica</i> ➤ <i>Dactylis glomerata</i> var. “Currie” ➤ <i>Lolium rigidum</i>

Tabla 2. Características principales de la pradera ensayada según la zona correspondiente a cada fitófago. Periodo de muestreo común a las tres zonas: marzo de 2004.

Fitófago	Conejo	Oveja	Ciervo
Fecha siembra	Sept 2002	Sept 2002	Nov 2000
Dosis de semilla	100 kg/ha	50 kg/ha	25 kg/ha
Desarrollo inicial	Óptimo	Óptimo	Mediocre

Los muestreos se realizaron en la primavera de 2004. El diseño muestral consistió en anotar los valores de las variables anteriormente mencionadas según los grados de cobertura siguientes: 0 - Ausencia-; 1 -Presencia puntual-; 2 -<10%-; 3 -10-25%-; 4 -25-50%-; 5 -50-75%-; 6 ->75%-. En cada zona se establecieron tres parcelas de muestreo de 30 x 166 m (aproximadamente 0,5 ha). Las mediciones de variables se realizaron, en cada parcela de muestreo, en 10 cuadrados de 0,25 m² (0,5 x 0,5 m) dispuestos en los vértices de una malla sistemática de 10 x 16,6 m.

Dadas las características de las variables consideradas, se utilizaron técnicas no paramétricas para la evaluación de la significación estadística de las diferencias encontradas: Kruskal-Wallis (K-W) para comparaciones entre más de 2 grupos y Man-Witney (M-W) para comparaciones dos a dos. El nivel de significación para rechazar las hipótesis nulas de igualdad fue el mismo en todos los casos: $\alpha = 0,05$.

Resultados

En la Figura 1 se muestran los valores de “Cobertura de leguminosas”, “No leguminosas” y “Suelo desnudo” observados en las zonas muestreadas.

Mientras que para la “Cobertura de leguminosas” y el “Porcentaje de suelo desnudo” sí se detectan diferencias significativas entre los fitófagos (P-v [K-W] < 0,039), en el caso de la “Cobertura de especies No leguminosas” la hipótesis de igualdad no puede ser rechazada (P-v [K-W] = 0,636).

Así, a pesar de la gran cantidad de semilla aportada, la zona pastada por el conejo presenta una “Cobertura de leguminosas” (5-10%) significativamente menor que la de las zonas aprovechadas por las otras dos especies: ciervo (25-50%; P-v [M-W] = 0,046) y oveja (50-75%; P-v [M-W] = 0,046).

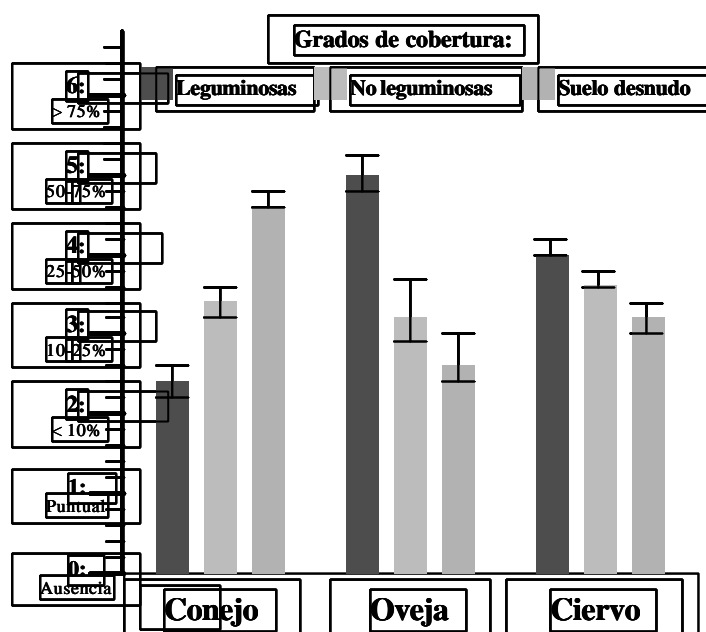


Figura 1. Valores medios (altura de las barras) y desviaciones típicas observadas (bigotes sobre las barras) de los grados de cobertura de las variables de estudio.

Lo mismo ocurre con el “Porcentaje de suelo desnudo”, pero en sentido inverso. En las zonas pastadas por el conejo se registran los valores más altos de esta variable (50-75%); significativamente mayores que los registrados tanto en las zonas aprovechadas por el ciervo (10-25%; $P-v [K-W] = 0,050$) como en las correspondientes a la oveja (5-10%; $P-v [K-W] = 0,050$).

Discusión y Conclusiones

A la vista de los resultados obtenidos, se sugiere el consumo de semillas de leguminosas por parte de los conejos como explicación más factible de las diferencias observadas. Dada la elevada dureza seminal y la alta dosis de semilla empleada, en la primavera de 2004 habría sido esperable una buena presencia de leguminosas a pesar de la escasa fructificación debida a la intensa presión ejercida por los conejos durante el año agronómico anterior –2002-2003– (Muñoz-Igualada, 2005). Sin embargo, la “Cobertura de leguminosas” en la pradera sometida al consumo del conejo fue significativamente menor que las encontradas en las zonas pastadas por oveja o ciervo. Estos resultados son especialmente reveladores si se tiene en cuenta que las dosis de siembra de la pradera para conejos fue, respectivamente, dos y cuatro veces superior a las praderas para ovejas y ciervos.

Nuestros resultados están en la línea de los aportados por otros trabajos realizados en Australia. En el caso particular de praderas artificiales, Croft *et al.* (2002) mostraron que los conejos provocaban una reducción significativa de la presencia de leguminosas, particularmente trébol subterráneo, con respecto a zonas control sin el lagomorfo. Como nosotros, estos autores relacionan la pérdida progresiva de trébol subterráneo con el consumo de sus semillas por parte del conejo. El trébol subterráneo es una planta bien adaptada al pastoreo, que se beneficia, e incluso necesita, cargas relativamente altas de ovejas y otros herbívoros de mediano y gran tamaño (San Miguel, 2001). Sin embargo, como parece desprenderse de nuestro trabajo, y como ha sido observado por otros autores (Myers y Poole, 1963), los conejos son capaces de seleccionar a escala de planta individual, apurarla a ras de superficie más allá de sus yemas de

regeneración vegetativa e incluso remover el suelo para buscar y comer las semillas enterradas del trébol subterráneo.

Además de la reducción de la presencia de leguminosas, Croft *et al.* (2002) también detectaron incrementos significativos en la presencia de gramíneas poco palatables y del “Porcentaje de suelo desnudo”. En nuestro caso también se detectó un aumento significativo del “Porcentaje de suelo desnudo” en las praderas consumidas por el conejo. Sin embargo, la hipótesis de igualdad para las coberturas de especies distintas a las leguminosas no pudo ser rechazada, si bien nosotros no hicimos distinciones entre las especies que no eran leguminosas al medir las coberturas. No obstante, interesa destacar que en muestreos anteriores (año agronómico 2002 – 03) de la misma zona sí se observó que a medida que desaparecían las leguminosas de la Pradera, su lugar era ocupado por gramíneas anuales poco apetecidas por los conejos, especialmente de los géneros *Bromus* y *Vulpia* (Muñoz-Igualada, 2005).

Por último, desde un punto de vista de las interrelaciones planta-fitófago, los resultados obtenidos evidencian el diferente comportamiento del conejo con respecto a otras especies de mayor talla, como la oveja o el ciervo. Este hecho tendría unas consecuencias ecológicas diferenciales sobre las comunidades de pastos herbáceos en las que se alimentan unas u otras especies. De la literatura científica consultada se deducen dos enfoques principales en el estudio de las relaciones del conejo con las comunidades vegetales de las que se alimenta. Cuando los estudios han sido realizados desde una perspectiva ecológica, la mayoría vienen a concluir que el aumento de heterogeneidades debidas a las perturbaciones provocadas por los conejos deriva en un incremento de biodiversidad vegetal (Malo y Suárez, 1996; Gálvez *et al.*, 2004). Por el contrario, cuando el enfoque es más agronómico, se suele insistir en la degradación progresiva de los pastos debida al consumo selectivo de las especies más palatables y nutritivas (Myers y Bults, 1977; Leigh *et al.*, 1987). En este sentido, nuestros resultados sugieren que la conocida paradoja pastoral (mejora progresiva en cantidad y calidad de un pasto herbáceo conforme aumenta, de forma moderada, la presión de herbívoros), estaría muy cuestionada en el caso de altas densidades de conejos en ambientes mediterráneos.

Bibliografía

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.

BLAS, C.; GONZALEZ, G.; ARGUMENTERÍA, A. (1987). *Nutrición y Alimentación del Ganado*. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid (España).

CRESPO, D.G. 2006. Melhoramento de pastagens no montado, pp: 155-164. En: Espejo, M.; Mertín, M.; Mesías, M.J. (ed). *Gestión ambiental y económica del ecosistema dehesa en la Península Ibérica*. Junta de Extremadura. Mérida (España).

CROFT, J.D.; FLEMING, P.J.S.; VAN DE VEN, R. (2002). The impact of rabbits on a grazing system in eastern New South Wales. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 42: 909-916.

DIAZ, A. (2000). Can plant palatability trials be used to predict the effect of rabbit grazing on the flora of ex-arable land?. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 78: 249-259.

GALVEZ, L.; LÓPEZ-PINTOR, A.; DE MIGUEL, J.; REBOLLO, S.; GÓMEZ-SAL, A. (2004). The European rabbit as an ecosystem engineer: The contribution of warrens and latrines to diversity and heterogeneity in a Mediterranean dehesa, pp: 14-15. En: CIBIO (Ed.) *Abstract Book of the Second World Lagomorph Conference*. Vairao (Portugal). 26-30 July.

LEIGH, J.H. ; WIMBUSH, D.J. ; WOOD, D.H. ; HOLGATE, M.D. ; SLEE, A.V. ; STANGER, M.G.; FORRESTER, R.I. (1987). Effects of rabbit grazing and fire on a subalpine environment. I. Herbaceous and shrubby vegetation. *Australian Journal of Botany* 35: 433-464.

MALO, J.E; SUAREZ, F. (1996). New insights into pasture diversity: the consequences of seed dispersal in herbivore dung. *Biodiversity letters* 3: 54-57.

MCNAUGHTON, S.J. (1979). Grazing as an optimization process: grass-ungulate relationships in the Serengeti. *American Naturalist* (113): 691-703.

MUÑOZ-IGUALADA, J. (2005). *Fomento del conejo de monte (Oryctolagus cuniculus L.) en ecosistemas mediterráneos de suelos ácidos. Ecología de madrigueras, selección y utilización de pastos y repoblaciones con conejos*. Tesis Doctoral. Departamento de Silvopascicultura. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid (España).

MUSLERA, E.; RATERA, C. (1984). *Praderas y forrajes*. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid (España).

MYERS, K; BULTS, H.G. (1977). Observations on changes in the quality of food eaten by the wild rabbit. *Australian Journal of Ecology* 2: 215-229.

MYERS, K.; POOLE, W. E. (1963). A study of the biology of the wild rabbit, *Oryctolagus cuniculus* L., in confined populations. IV. The effects of rabbit grazing on sown pastures. *Journal of ecology* 51: 435-451.

OLEA, L.; PAREDES, J.; VERDASCO, P. (1989). Características productivas de los pastos de la dehesa del S.O. de la Península Ibérica, pp: 194-230. En: SEEP (ed). *Actas de la II Reunión Ibérica de pastos*. Badajoz (España).

OLEA, L.; SAN MIGUEL, A. (2006). The Spanish dehesa. A Mediterranean silvopastoral system linking production and nature conservation. *Grassland Science in Europe* 11: 3-13.

RIVAS MARTÍNEZ, S.; DÍAZ, T.E.; FERNÁNDEZ GONZÁLEZ, F.; IZCO, J.; LOIDI, J.; LOUSA, M.; PENAS, A. (2002). Vascular plant communities of Spain and Portugal. *Itinera Geobotanica* 15 (1): 9-431.

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.

SAN MIGUEL, A. (Coord). (1995). *Ordenación de los pastizales naturales y artificiales de "Los Quintos de Mora" (Los Yébenes, Toledo) para la caza mayor*. O.A. Parques Nacionales. Madrid (España). Documento inédito.

SAN MIGUEL, A. (2001). *Pastos naturales españoles*. Fundación Conde del Valle de Salazar. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid (España).

SAN MIGUEL, A.; ROIG, S.; GONZÁLEZ, S. (2000). Efecto de mejoras pastorales sobre la dieta de una población de ciervos (*Cervus elaphus* L.) de Los Montes de Toledo, pp: 749-754. En: S.E.E.P. y S.P.P.F. (Ed.) *Actas de la III Reunión Ibérica de Pastos y Forrajes*. Bragança (Portugal) - A Coruña (España).

CARACTERIZACIÓN DEL BALANCE Y LA EFICIENCIA EN LA UTILIZACIÓN DEL NITRÓGENO, FÓSFORO Y POTASIO EN LAS EXPLOTACIONES DE VACUNO DE LECHE EN GALICIA

M.I. GARCÍA, J. CASTRO, R. NOVOA, D. BÁEZ Y J. LÓPEZ

Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo, Xunta de Galicia

Apartado de correos 10, 15080 A Coruña

Telf: +34 981 64 79 02 Fax: +34 981 67 36 56

* maria.isabel.garcia.pomar@xunta.es

Resumen

Se caracterizó mediante la evaluación de las entradas y salidas de nutrientes en la explotación, el balance y la eficiencia en dieciocho explotaciones lecheras localizadas en las zonas de mayor intensificación ganadera de Galicia, con el objetivo de determinar posibles mejoras en la gestión de los nutrientes. El balance medio (Inputs-Outputs) para el nitrógeno, fósforo y potasio se situó en 329, 121 y 164 kg·ha⁻¹, respectivamente, con una eficiencia media (Outputs·Inputs⁻¹) del 28, 28 y 25%, respectivamente. Los altos valores alcanzados en el balance como la baja eficiencia se debieron fundamentalmente a un elevado aporte de fertilizantes minerales y a un alto consumo de concentrados.

Introducción

El balance de nutrientes en una explotación es una herramienta agroambiental que permite identificar las entradas y salidas de nutrientes, y considerar sistemas de manejo que disminuyan las pérdidas de los elementos fertilizantes al medio ambiente, bien sea reduciendo las entradas o incrementando las salidas (Parris, 1999; Funaki y Parris, 2005).

El presente estudio se realizó dentro de un proyecto INTERREG III B sobre explotaciones ganaderas piloto de vacuno de leche en el que participaban en el que participaban 9 regiones del Arco Atlántico Europeo (Escocia, Sur de Inglaterra, Irlanda, Bretaña, País del Loira, Aquitania, País Vasco, Galicia y Norte de Portugal). El primero de los objetivos que se planteó era conocer en explotaciones de vacuno de leche los balances de los nutrientes nitrógeno, fósforo y potasio. El conocimiento de dicho balance era el punto de partida para modificar aspectos como son la alimentación, la fertilización aplicada y el manejo de purines, buscando por un lado la viabilidad económica, y por otro lado una viabilidad medioambiental, que disminuyera las pérdidas de nitrógeno y fósforo que van al entorno y evitara la lixiviación de nitratos y la eutrofización de las aguas.

En el presente trabajo se caracterizaron en dieciocho explotaciones gallegas representativas de la diversidad regional, los balances de nitrógeno, fósforo y potasio, y se cuantificaron las entradas de nutrientes en los alimentos, los fertilizantes y los animales comprados y las salidas en la leche y la carne vendida.

Material y métodos

Se seleccionaron durante los años 2003 y 2004 un total de dieciocho explotaciones ubicadas en las provincias de A Coruña (13) y Lugo (5). En estas provincias se encuentran el 43% y el 33% de las explotaciones lecheras gallegas y el 43% y el 44% del total de vacas de leche, respectivamente (Xunta de Galicia, 2003). En cada una de las explotaciones se contabilizaron los kg de alimentos procedentes del exterior (piensos, alfalfa, paja, subproductos de cereales, heno, etc). Se consideraron todos los alimentos consumidos por todos los animales presentes en la explotación (vacas de producción, novillas, terneros, etc). El cálculo de las entradas de

nutrientes (N, P₂O₅, K₂O) en la explotación a través de la alimentación se hizo a partir de la composición química de cada uno de los alimentos, mediante análisis propios (datos proporcionados por el Laboratorio Agrario y Fitopatológico de Galicia) o en su ausencia utilizando datos estándar de las tablas FEDNA (De Blas *et al.*, 2003).

Así mismo se contabilizaron las entradas de nutrientes en los fertilizantes de síntesis. En ninguna de las explotaciones seleccionadas hubo importación de estiércoles o purines por lo que no se hizo necesario contabilizar este input. El ganado comprado, también se contabilizó como una entrada, aunque en las explotaciones gallegas es un número mínimo de animales por ser el porcentaje de cría suficiente para mantener el número de vacas deseado.

Para el cálculo de los nutrientes que salieron de las explotaciones se contabilizaron los kg de leche y el número de animales que se vendieron. Los nutrientes exportados en la leche durante todo el año se obtuvieron considerando los litros vendidos durante cada mes y una composición química media del 0,102% en P y 0,156% en K, calculándose el nitrógeno a partir del porcentaje de proteína bruta. Los nutrientes que salieron de la explotación por venta de animales se calcularon a partir del número de animales vendidos y su peso estimado en función de la edad, considerando una composición química estándar para todas las explotaciones, con un contenido de N, P₂O₅ y K₂O por cada tonelada de peso vivo de 24, 16 y 5 kg, respectivamente.

La eficiencia para cada nutriente fue calculada por la relación: $(\text{Inputs} \cdot \text{Outputs}^{-1}) \cdot 100$.

Se hicieron análisis de suelo de todas las explotaciones, utilizando el método Olsen para el análisis de fósforo mediante espectrofotometría, y la fotometría de llama para el análisis del potasio.

Las características medias iniciales de las 18 explotaciones (Tabla 1) nos muestran una explotación media con 32 ha dedicadas fundamentalmente a praderas y maíz para su posterior ensilado, con una densidad ganadera de 3,2 UGM·ha⁻¹, una producción de leche por vaca de 8 423 l y una elevada utilización de concentrados 3 663 kg·vaca⁻¹·año⁻¹. En dieciséis explotaciones las vacas están estabuladas de modo permanente, sólo en la explotación nº 10, que es una explotación ecológica, y en la nº 13 y 14 las vacas salen a pastar todo el año.

Tabla 1. Características medias de las explotaciones.

Superficie (ha)	Vacas lecheras (nº)	UGM·ha ⁻¹	Producción total leche (l)	Producción leche·vaca ⁻¹ (l)	Concentrado·vaca ⁻¹ ·año ⁻¹ (kg)
32	74	3,2	657 123	8 423	3 663

Resultados y discusión.

Los datos de los análisis de suelo, que son datos medios del conjunto de parcelas de cada explotación aparecen reflejados en la Figura 1. Los niveles de fósforo y potasio superan en general el nivel de fertilidad adecuado para el suelo, que se sitúa en 25 ppm para el fósforo y 125 ppm para el potasio, necesitando los cultivos por encima de estos niveles solamente un abonado de mantenimiento. Incluso en algunas explotaciones el nivel de fertilidad está por encima de 50 ppm para el fósforo y 250 ppm para el potasio, niveles considerados altos, con los que el suelo podría aportar abono a los cultivos sin necesidad de aplicar fertilizantes minerales.

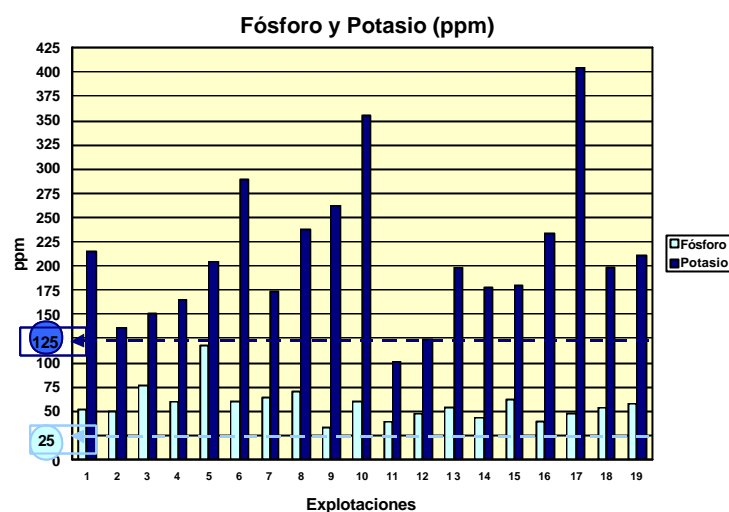


Figura 1. Contenido del suelo en fósforo y potasio de 18 explotaciones lecheras. (La explotación 19 se corresponde con el valor medio de todas las explotaciones).

Balance de nutrientes para el grupo de las 18 explotaciones.

a) *Balance de Nitrógeno:*

En general se aplica bastante fertilizante mineral, alrededor de $100 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ (García *et al.*, 2007), más si tenemos en cuenta que el nitrógeno orgánico aportado en Galicia con los purines podría satisfacer las necesidades de abonado de los cultivos forrajeros (Raison *et al.*, 2006).

Los balances de nitrógeno (Figura 3) estuvieron comprendidos entre $205 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ y $605 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, con una media, incluyendo la explotación ecológica, de $329 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ (Tabla 2) que suponen cantidades importantes que se quedan en la explotación e incrementan notablemente los riesgos de contaminación de las aguas por lixiviación. Dicho balance es el segundo más alto, después de Portugal, entre los países del Arco Atlántico cuya media fue de $235 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ (Raison *et al.*, 2006) debido a una intensificación de la producción lechera. Si dicho balance lo expresamos en kg por 1000 L de leche producidos, los valores se sitúan en 17, que es de los más bajos del Arco Atlántico con una media de 20.6 (Raison *et al.*, 2006) resultando ser un sistema de los menos contaminantes por litro de leche producido.

Tabla 2. Balances de nitrógeno, fósforo y potasio (media de 18 explotaciones)

	Nitrógeno (N)		Fósforo (P_2O_5)		Potasio (K_2O)	
Fertilizantes minerales	123	27,8	80	39,2	62	30,4
Alimentación	316	71,7	122	60,2	141	69,4
Otros	3	0,6	1	0,6	0	0,2
Total inputs ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ y %)	441	100	204	100	203	100
Leche	102	90,7	46	87,1	37	94,6
Carne	10	9,3	7	12,9	2	5,4
Total outputs ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ y %)	112	100	53	100	39	100
Balance (Inputs-Outputs) ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)	329	-	151	-	164	-
Balance ($\text{kg}\cdot 1000 \text{ L}^{-1}$ leche)	17	-	8	-	8	-
Eficiencia ($\text{Output}/\text{Inputs}^{-1}$) (%)	28	-	28	-	25	-

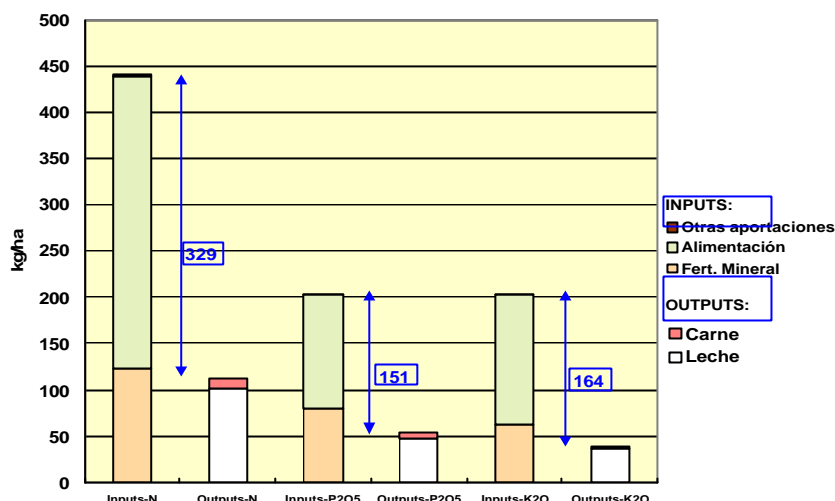
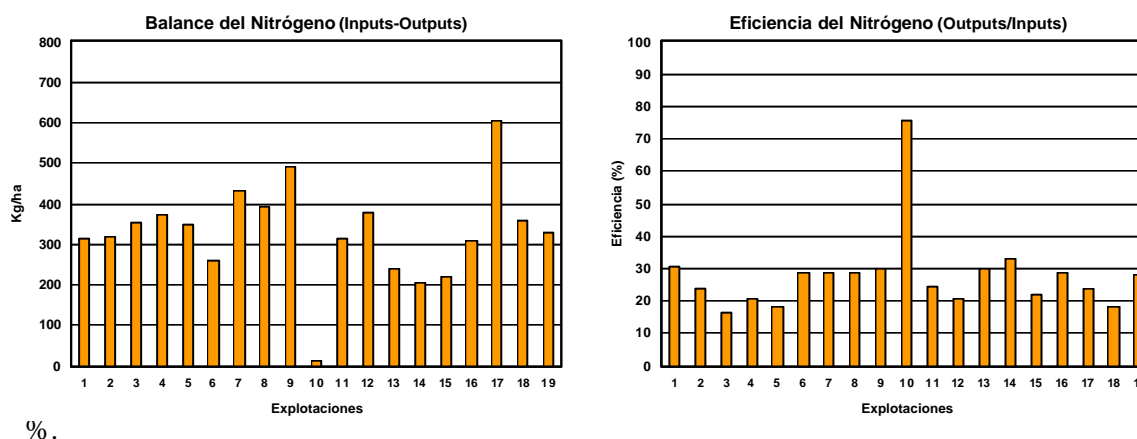


Figura 2. Inputs y outputs de nitrógeno, fósforo y potasio ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$).



%.

Figura 3. Balance y eficiencia del nitrógeno (N) de 18 explotaciones lecheras. (La explotación 19 se corresponde con el valor medio de todas las explotaciones).

Las eficiencias ($\text{Outputs}\cdot\text{Inputs}^{-1}$) fueron desde el 17% al 33% (Figura 3), con una media del 28% (Tabla 2), que es más bajas que las de los países del Arco Atlántico con una media de 29.2 % (Raison *et al.*, 2006).

b) Balance de fósforo.

Los balances de fósforo (Figura 4) estuvieron comprendidos entre $37 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ y $254 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, con una media, incluyendo la explotación ecológica, de $151 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ (Tabla 2) que supone una cantidad importante que se va acumulando en el suelo de la explotación con el subsiguiente incremento de los riesgos de contaminación de las aguas. Este balance explica que el suelo haya adquirido niveles de fertilidad elevados, porque los purines aplicados satisfacen las necesidades de los cultivos ya que en los últimos años se han enriquecido en este nutriente al incrementarse el consumo de concentrados en la ración (Castro *et al.*, 1998). A pesar de ello se siguen aplicando cantidades importantes de fertilizantes minerales fosfóricos (Castro *et al.*, 2007). Dicho balance debido a la intensificación de la producción lechera en Galicia en los últimos años es el más elevado dentro de los países del Arco Atlántico con una media de $62.5 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ (Raison *et al.*, 2006). Si dicho balance lo expresamos en kg por 1000 L de leche producidos, los valores siguen siendo elevados situándose en 8, que era el más elevado del Arco Atlántico con una media de 4.8 (Raison *et al.*, 2006).

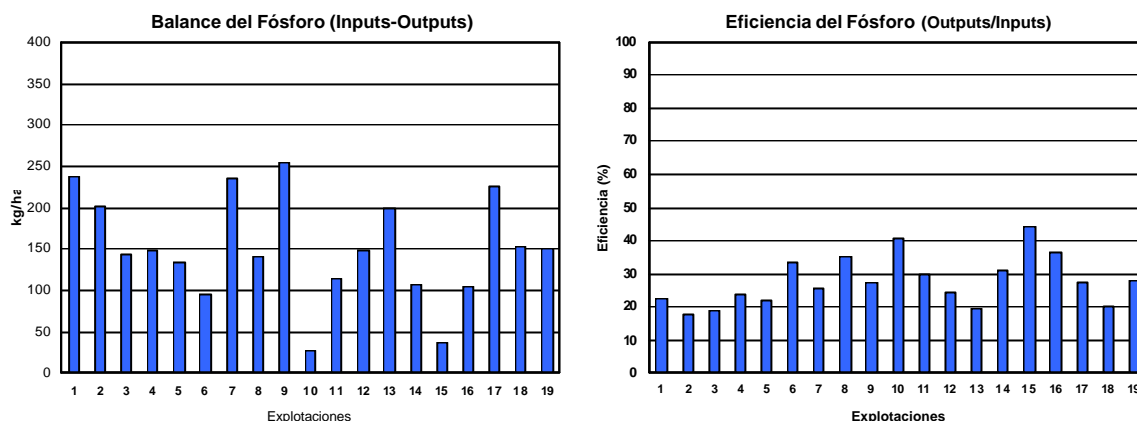


Figura 4. Balance y eficiencia del fósforo (P_2O_5) de 18 explotaciones lecheras. (La explotación 19 se corresponde con el valor medio de todas las explotaciones).

Existe una alta proporción de entradas de P_2O_5 (Figura 2 y Tabla 2) debidas a la alimentación del ganado que supone el 60% del P_2O_5 importado, mientras que las entradas debidas a los fertilizantes minerales supusieron el 39% del total. La leche supuso el 87 % del P_2O_5 exportado, y la carne el 13 %.

Las eficiencias ($Outputs \cdot Inputs^{-1}$), fueron desde el 18% al 44% (Figura 4), con una media del 28%, que es de las más bajas de los países del Arco Atlántico con una media del 43.8 %.

c) Balance de potasio.

Los balances de potasio (Figura 5) estuvieron comprendidos entre 45 $kg \cdot ha^{-1}$ y 363 $kg \cdot ha^{-1}$, con una media incluyendo la explotación ecológica de 164 $kg \cdot ha^{-1}$ (Tabla 2) que supone una cantidad importante que se va acumulando en la explotación, como se comprueba al ver los elevados niveles en este elemento que presenta el suelo, porque los purines aplicados satisfacen gran parte de las necesidades de los cultivos (Castro, 1999), y a pesar de ello se siguen aplicando fertilizantes minerales potásicos. Si dicho balance lo expresamos en kg por 1000 L de leche producidos, el valor se sitúa en 8.

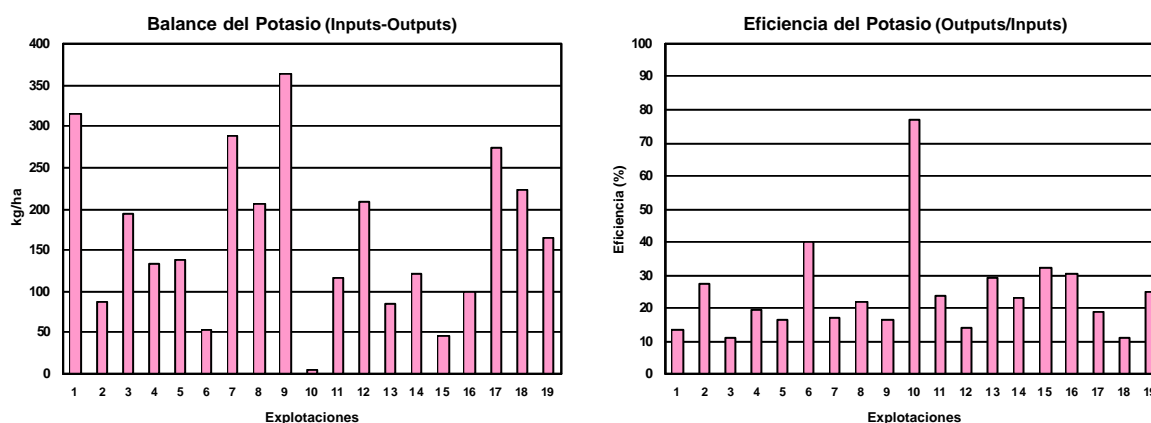


Figura 5. Balance y eficiencia del potasio (K_2O) de 18 explotaciones lecheras. (La explotación 19 se corresponde con el valor medio de todas las explotaciones).

Existe una alta proporción de entradas de K_2O (Figura 2 y Tabla 2) debidas a la alimentación del ganado que supone el 69 % del K_2O importado, mientras que las entradas debidas a los fertilizantes minerales supusieron el 30% del total. La leche supuso el 95 % del K_2O exportado, y la carne el 5 %.

Las eficiencias ($Outputs \cdot Inputs^{-1}$) fueron desde el 11% al 40% (Figura 5), con una media baja que se situó en el 25% (Tabla 2).

Balance de nutrientes en la explotación ecológica.

La explotación nº 10 presentó un comportamiento bastante diferenciado con el resto de las explotaciones por ser ecológica. Los balances de nitrógeno, fósforo y potasio para esta explotación fueron de 13, 26 y 4 $kg \cdot ha^{-1}$, respectivamente (Figuras 3, 4 y 5), siendo los balances más equilibrados de las 18 explotaciones y que por lo tanto suponen un menor riesgo medioambiental. Las eficiencias para el nitrógeno, fósforo y potasio presentaron también los mejores valores del grupo de 18 explotaciones, situándose en el 76, 41 y 77% (Figuras 3, 4 y 5), respectivamente. Dichas eficiencias se podrían mejorar aún más disminuyendo las entradas a través de la alimentación mediante el incremento de la superficie de cultivos forrajeros, ya que el consumo de fertilizantes minerales fue únicamente de 23 $kg P_2O_5 \cdot ha^{-1}$. El resto de las explotaciones pasamos a comentarlas globalmente a continuación.

Conclusiones

Los balances de nutrientes en las explotaciones de vacuno de leche estudiadas son de los más elevados del Arco Atlántico en relación a la superficie, debido la gran cantidad de nutrientes que entran principalmente en las compras de alimentos del ganado, pero sin embargo pasan a ser de los más bajos en relación a los litros de leche producidos, debido fundamentalmente a la mayor producción de leche por vaca. Las entradas de nutrientes en los alimentos comprados suponen un 72, 60 y 69% del total de las entradas de nitrógeno, fósforo y potasio, respectivamente, mientras que a través de los fertilizantes minerales entran el 28, 39 y 30 % del nitrógeno, fósforo y potasio, respectivamente. Las salidas de nutrientes en la leche y carne supusieron el 28, 28 y 25% del total de las entradas de nitrógeno, fósforo y potasio, respectivamente, quedando el resto de los nutrientes en la explotación lo que conduce a unos niveles elevados de fósforo y potasio en los suelos. Las eficiencias medias ($Outputs \cdot Inputs^{-1}$) fueron similares (28%), para el nitrógeno y el fósforo siendo más bajas, sobre todo para el fósforo, que las de las demás explotaciones del Arco Atlántico.

De estos balances de nutrientes se concluye que se puede reducir e incluso dejar de aplicar fertilizantes fosfóricos y potásicos en la mayoría de las explotaciones estudiadas sin que afecte a la producción de los cultivos. Las aplicaciones nitrogenadas también se pueden reducir de manera importante si en las explotaciones se manejara de forma correcta el purín (fosas cubiertas y bien dimensionadas que permitan la aplicación del purín en épocas adecuadas, enterrar el purín inmediatamente después de ser aplicado, etc.). Dado que la alimentación es la partida en la que entran un mayor porcentaje de nutrientes, se recomienda incrementar el consumo de forrajes propios disminuyendo así la entrada a través de los piensos, teniendo siempre presente que sería necesario incrementar el contenido de proteína en la ración mediante la introducción del cultivo de leguminosas.

Bibliografía

CASTRO, J.; MATEO, E.; BLÁZQUEZ, R., 1998. Composición del purín de vacuno de 10 explotaciones lecheras gallegas y estudio de su valor fertilizante para praderas. En: *XXXVIII Reunión Científica de la S.E.E.P*, 315-319.

CASTRO, J., 1999 . O uso eficiente do xurro no abonado de pradeiras e millo en Galicia. Cuadernillo de Divulgación Técnica. *Cooperación Galega*, 43. 15 pp.

CASTRO, J.; GARCÍA, M.I.; NOVOA, R.; BÁEZ, D.; LÓPEZ, J., 2007. Mejora de la eficiencia y el balance del fósforo en las explotaciones de vacuno de leche en Galicia. En: *XLVI Reunión Científica de la SEEP*, Vitoria.

DE BLAS, C.; MATEOS, G.; GARCÍA REBOLLAR, P., 2003. *Tablas FEDNA de composición y valor nutritivo de alimentos para la formulación de piensos compuestos (2ª ed.)*. Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal, 423 pp. Madrid.

FUNAKI, Y.; PARRIS, K., 2005. The OECD agricultural nutrient balance indicators: establishing a consistent OECD set of nitrogen and phosphorus coefficients. En: *European Commission Workshop-Nitrogen and Phosphorus in Livestock manure*. 10 pp.

GARCÍA, M.I.; CASTRO, J.; NOVOA, R.; BÁEZ, D.; LÓPEZ, J., 2007. Improving Nitrogen Mineral Balance and Conversion Rate of dairy farms in Galicia (Spain). En: *15th Nitrogen Workshop*, Lleida.

PARRIS, K., 1999. Environmental indicators for agriculture: overview in OECD countries. En : *Environmental Indicators and Agricultural Policy*, 25-44. Ed: E. F. Brouwer & B. Crabtree. Cabi Publishing, Wallingford.

RAISON, C.; PFLIMLIN, A.; LE GALL, A.; 2006. Optimisation of environmental practices in a network of dairy farms of the Atlantic Area. En: *Proceedings of the final Seminar of Green Dairy Project: Interreg Atlantic Area III B N°100*, 43-65.

XUNTA DE GALICIA, 2003. *Anuario de Estadística Agraria 2003*. Ed: Consellería do Medio Rural-Xunta de Galicia, 256 pp.

Agradecimientos

A la Unión Europea por la financiación del Proyecto Interreg IIIB nº 100-Green Dairy, a Dña. M^a José Casal por la realización de los análisis de suelos y a Juan Freire y Pura Ferreño de la Cooperativa Agraria Provincial de A Coruña, por su colaboración en este proyecto.

MEJORA DE LA EFICIENCIA Y EL BALANCE DEL FÓSFORO EN LAS EXPLOTACIONES DE VACUNO DE LECHE EN GALICIA

J. CASTRO, M.I. GARCÍA, R. NOVOA, D. BÁEZ Y J. LÓPEZ

Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo, Xunta de Galicia

Apartado de correos 10, 15080 A Coruña

* juan.fernando.castro.insua@xunta.es

Resumen

La intensificación productiva de los últimos años en el ganado vacuno lechero gallego ha traído consigo problemas de exceso de fósforo en las explotaciones, con los subsiguientes problemas medioambientales. Ante esta situación se planteó la necesidad de conocer y mejorar el balance de este nutriente, para lo que se trabajó en el marco del proyecto Interreg IIIB Green Dairy, que contaba con la participación de 9 regiones del Arco Atlántico Europeo, con 18 explotaciones gallegas localizadas en las zonas típicamente lecheras, a las que se hacía un seguimiento a lo largo de tres años de las entradas y salidas del fósforo, y se asesoraba para mejorar dicho balance y la eficiencia de utilización de este nutriente. El grupo de las explotaciones gallegas fue el que mostró un balance más desequilibrado con una diferencia entre entradas y salidas de 156, 147 y 154 kg-ha⁻¹ de P₂O₅ para los años 2003, 2004 y 2005, respectivamente, produciéndose una acumulación de fósforo en el suelo que se manifiesta en unos valores medios de fertilidad muy altos (57 ppm, Olsen). De todas las explotaciones siete mejoraron en términos de balance y eficiencia, pero hay que seguir haciendo hincapié en aspectos tan básicos como son el incremento en el consumo de forrajes propios y un menor aporte de fertilizantes fosfóricos, siendo necesario el asesoramiento técnico para el establecimiento de recomendaciones de abonado basadas en el purín como abono principal.

Introducción

La intensificación productiva de los últimos años en el ganado vacuno lechero gallego se ha basado en un gran consumo de inputs externos (piensos y fertilizantes minerales) y en un incremento del número de animales por hectárea, lo que ha traído consigo problemas de exceso de nutrientes (Castro, 1998, 2001). La acumulación excesiva de éstos puede ser una fuente potencial de contaminación. Así, en Galicia se ha producido una fuerte acumulación de fósforo en el suelo de las explotaciones lecheras (Castro *et al.*, 2006); este elemento puede ser arrastrado en la escorrentía superficial mediante los procesos de erosión o disolución de nutrientes, contribuyendo a la eutrofización de las aguas superficiales.

El balance de nutrientes en una explotación es una herramienta agroambiental que permite identificar las entradas y salidas de nutrientes, y considerar sistemas de manejo que disminuyan las pérdidas de los elementos fertilizantes al medio ambiente, bien sea reduciendo las entradas o incrementando las salidas (Parris, 1999; Funaki y Parris, 2005). El balance de fósforo en las explotaciones lecheras ha sido utilizado en diversas partes del mundo con el objetivo principal de disminuir las pérdidas al entorno, suponiendo un beneficio no sólo desde el punto de vista medioambiental, sino también desde el punto de vista económico. Con este fin se han realizado trabajos en Argentina (Herrero *et al.*, 2006), Alemania (Neeteson, 2004), España (Sinclair *et al.*, 1991; Castro, 2001, Novoa *et al.*, 2005), Estados Unidos (Powel *et al.*, 2002; Spears *et al.*, 2003), Finlandia (Virtanen y Nousiainen, 1999), Francia (Chambault *et al.*; 2004), Holanda (Kuipers *et al.*, 1999) y Nueva Zelanda (Ledgard *et al.*, 2004) entre otros países.

El presente estudio se realizó dentro de un proyecto INTERREG sobre explotaciones ganaderas piloto de vacuno de leche en el que participaban 9 regiones del Arco Atlántico Europeo

(Escocia, Sur de Inglaterra, Irlanda, Bretaña, País del Loira, Aquitania, País Vasco, Galicia y Norte de Portugal). Algunos de los objetivos que se abordaron fueron:

- 1.- Conocer en explotaciones lecheras gallegas el balance de fósforo, estableciendo a partir de él las recomendaciones de abonado.
- 2.- Mejorar el balance modificando aspectos como son la alimentación, la fertilización aplicada y el manejo de purines, buscando la viabilidad económica.
- 3.- Mejorar el medio ambiente disminuyendo las pérdidas de fósforo que van al entorno, con el fin de evitar la eutrofización de las aguas.

Material y métodos

Se seleccionaron 18 explotaciones ganaderas, ubicadas en las provincias que presentan una mayor producción lechera (Lugo y A Coruña), cuyos propietarios querían reducir el exceso de fósforo y mejorar la eficiencia del uso del purín como abono. También se contó con la colaboración de los técnicos de gestión y alimentación de cada una de las explotaciones, que son independientes o pertenecen a cooperativas como Cooperativa Agraria Provincial de A Coruña, Irmandiños y AGACA.

En cada una de las explotaciones se contabilizaron los kg de alimentos procedentes del exterior (piensos, alfalfa, paja, subproductos de cereales, heno, etc). Se consideraron todos los alimentos consumidos por todos los animales presentes en la explotación (vacas de producción, novillas, terneros, etc). El cálculo de las entradas del fósforo (P_2O_5) en la explotación a través de la alimentación se hizo a partir de la composición química de cada uno de los alimentos, mediante análisis propios (datos proporcionados por el LAFIGA) o en su ausencia utilizando datos estándar de las tablas FEDNA (De Blas *et al.*, 2003).

Asimismo se contabilizaron las entradas de P_2O_5 en los fertilizantes de síntesis. En ninguna de las explotaciones seleccionadas hubo importación de estiércoles o purines por lo que no se hizo necesario contabilizar este input. El ganado comprado también se contabilizó como una entrada, aunque en las explotaciones gallegas es un número mínimo de animales por ser el porcentaje de recría suficiente para mantener el número de vacas deseado. Para el cálculo de los nutrientes que salieron de las explotaciones se contabilizaron los kg de leche y el número de animales que se vendieron. Los nutrientes exportados en la leche durante todo el año se obtuvieron mes a mes, considerando los litros vendidos y una composición química media del 0.102% en P. El fósforo que salió de la explotación por venta de animales se calculó a partir del número de animales vendidos y su peso estimado en función de la edad, considerando una composición química estándar para todas las explotaciones, con un contenido de P_2O_5 por cada tonelada de peso vivo de 16 kg.

Las características medias de las 18 explotaciones (Tabla 1) nos muestra una explotación media con 32 ha dedicadas fundamentalmente a praderas y maíz para su posterior ensilado, con una densidad ganadera de 3 UGM·ha⁻¹, una producción de leche por vaca de 8 560 L y una elevada utilización de concentrados 3 719 kg·vaca⁻¹·año⁻¹. En 15 explotaciones las vacas están estabuladas de modo permanente, sólo en la explotación nº 10, que es una explotación ecológica, y en la nº 13 las vacas salen a pastar prácticamente todo el año.

Tabla 1. Características medias de las explotaciones.

Superficie (ha)	Vacas lecheras (nº)	UGM·ha ⁻¹	Producción total leche (L)	Producción leche·vaca ⁻¹ (L)	Concentrado·vaca ⁻¹ ·año ⁻¹ (kg)
32	74	3	660 936	8 560	3 719

Resultados y discusión

Existe una alta proporción de entradas de P_2O_5 (Figura 1) debidas a la alimentación del ganado que suponen para los años 2003, 2004 y 2005 el 61, 59 y 60 % del P_2O_5 importado, mientras que las entradas debidas a los fertilizantes minerales supusieron el 38, 40 y 39 % del total, respectivamente. En cuanto a las salidas, la leche supuso el 87 % del P_2O_5 exportado, y la carne el 13 %.

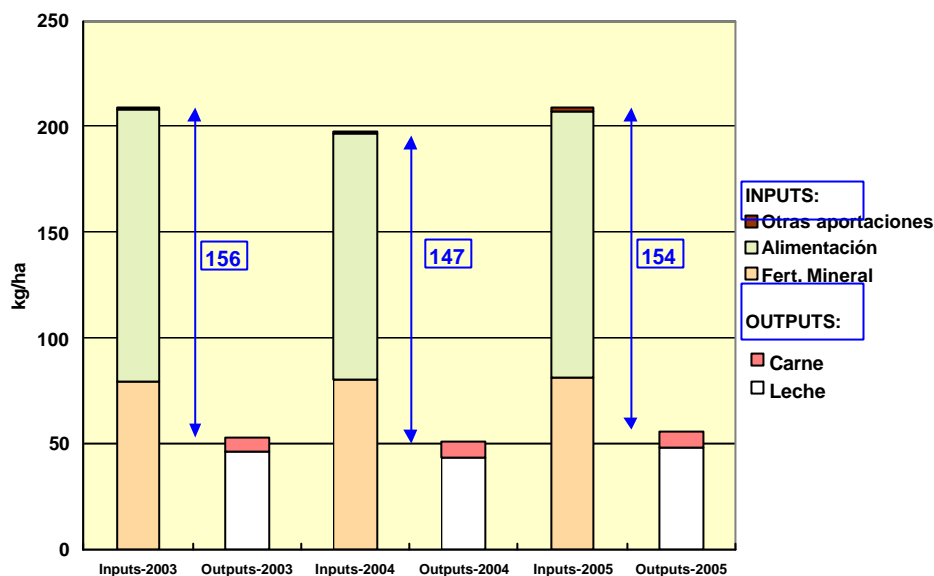


Figura 1. Inputs y outputs de fósforo ($kg \cdot ha^{-1}$) en el balance medio.

Los datos de los análisis de suelo, que son datos medios del conjunto de parcelas de cada explotación, aparecen reflejados en la Figura 2. Los niveles de fósforo superan en general el nivel de fertilidad adecuado para el suelo, que se sitúa en 25 ppm, necesitando los cultivos por encima de estos niveles solamente un abonado de mantenimiento. Incluso en doce de las 18 explotaciones estudiadas el nivel de fertilidad está por encima de 50 ppm, nivel considerado alto, con el que el suelo podría aportar abono fosfórico a los cultivos sin necesidad de aplicar fertilizantes minerales.

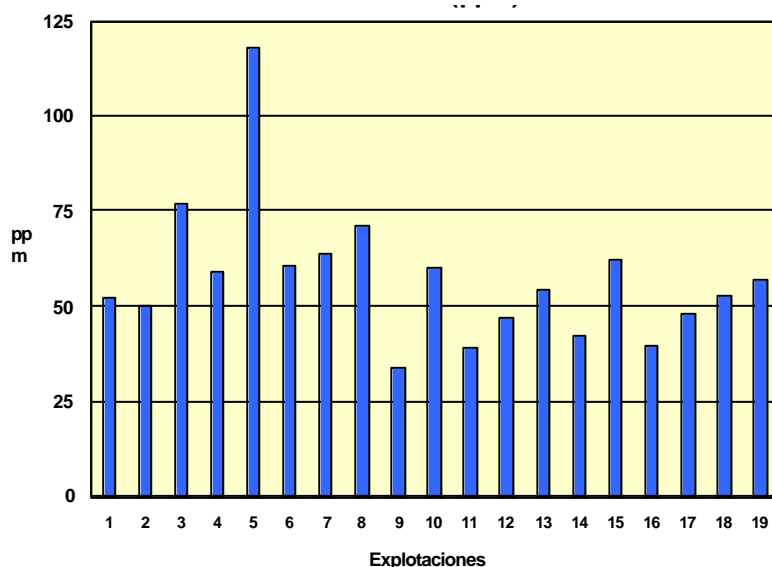


Figura 2. Contenido del suelo en fósforo (ppm) de 18 explotaciones lecheras. (La explotación 19 se corresponde con el valor medio de todas las explotaciones)

A pesar del alto contenido de fósforo en los suelos se aplica en general bastante fertilizante mineral, con unos valores medios para los años 2003, 2004 y 2005 de 79, 80 y 81 kg-ha⁻¹ de P₂O₅ (Figura 3). Dado el elevado contenido en el suelo y que se aporta gran parte del fósforo a través de la aplicación de purines, que se han enriquecido en este nutriente por el gran incremento de concentrados en la ración (Castro *et al.*, 1998), se recomendó disminuir y en numerosos casos no aplicar fertilizantes fosfóricos minerales. Aunque dichas recomendaciones no se han llevado totalmente a la práctica (sólo dos explotaciones no aplicaron en un año ninguna cantidad de fertilizante mineral), siete de las 18 explotaciones han ido reduciendo a la largo de los tres años el abono mineral aportado.

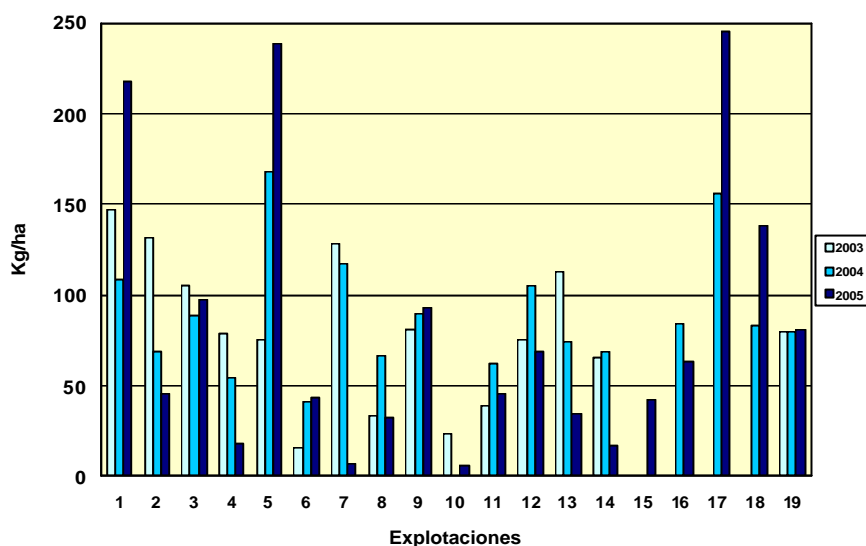
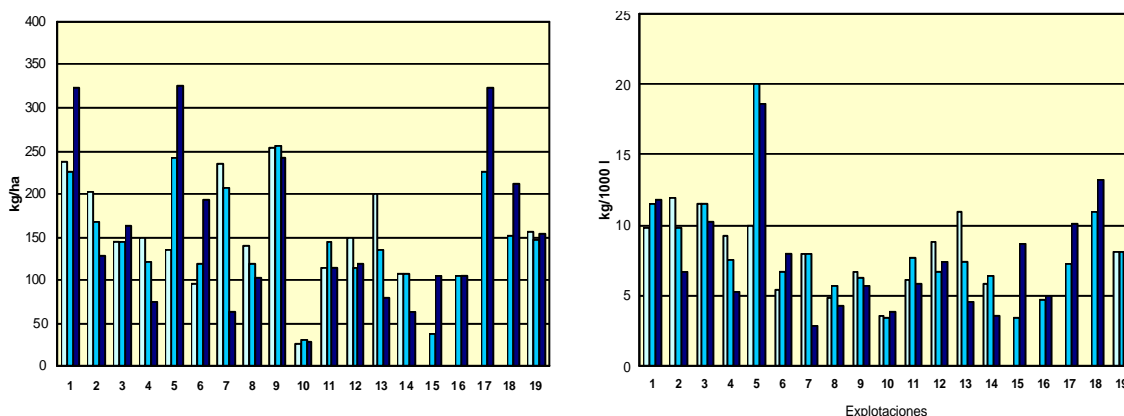


Figura 3. Fósforo mineral aplicado en 18 explotaciones lecheras. (La explotación 19 se corresponde con el valor medio de todas las explotaciones).

Los balances medios para los años 2003, 2004 y 2005 se sitúan en 156, 147 y 154 kg-ha⁻¹ de P₂O₅, respectivamente (Figura 4), lo que supone cantidades importantes de fósforo que se van acumulando en la explotación, con lo que el suelo adquiere niveles de fertilidad elevados y se incrementan los riesgos de contaminación de las aguas. Este balance es el más elevado dentro de los países del Arco Atlántico con una media de 63 kg-ha⁻¹ (Raison *et al.*, 2006). Si dicho balance lo expresamos en kg por 1000 l de leche producidas, los valores siguen siendo elevados situándose en 8,0, 8,0 y 7,5 (Figura 5), que es el más elevado del Arco Atlántico con una media de 4,8. Las eficiencias medias (Outputs-Inputs⁻¹) son bajas (Figura 6), situándose en el 27, 27 y 30%, que son las más bajas de los países del Arco Atlántico con una media del 44 %.



Figuras 4 y 5. Balance de fósforo (Inputs-Outputs) de 18 explotaciones lecheras. (La explotación 19 se corresponde con el valor medio de todas las explotaciones)

En las Figuras 4, 5 y 6 se puede observar la evolución de cada una de las explotaciones. La explotación n° 2 con niveles de fertilidad en el suelo adecuados, ha mejorado el balance y la eficiencia del fósforo al disminuir notablemente el fósforo aplicado. En la explotación n° 3 se aprecia un intento de reducción de las aplicaciones fosfóricas, pero las mejoras son mínimas, prácticamente no ha cambiado la situación. Las explotaciones n° 4 y 12 han disminuido las cantidades aplicadas como fertilizante mineral así como las entradas provenientes de la alimentación, y han incrementado las salidas en la leche, con lo que han mejorado el balance y la eficiencia. La explotación n° 7 ha mejorado el balance y la eficiencia del fósforo, por un descenso del abono mineral aplicado y por una menor entrada de alimentos, al incrementar la superficie forrajera y mantener el número de vacas. La explotación n° 8, que tiene unos niveles de fertilidad muy altos de fósforo en el suelo, aplica desde el primer año poco fertilizante mineral, apreciándose una ligera mejoría debido a la disminución de las entradas en los alimentos al incrementar la superficie forrajera y al aumento de las salidas de nutrientes por un incremento de la producción de leche por vaca. La explotación n° 10 al ser una explotación ecológica desde hace años, no ha presentado mejoras sustanciales, el fósforo aplicado es prácticamente nulo y la eficiencia es relativamente alta, un 41%. La explotación n° 11 con niveles de fertilidad en el suelo próximos a los adecuados, mantiene la fertilización mineral en niveles bajos, con un balance de fósforo en torno a $100 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. La explotación n° 13 ha mejorado notablemente el balance y la eficiencia, al disminuir tanto la aplicación de fertilizantes minerales como las entradas a través de la alimentación. La explotación n° 14 ha disminuido las aplicaciones de fósforo mineral, mejorando el balance y la eficiencia. La explotación 15 mantiene la fertilización mineral en niveles bajos.

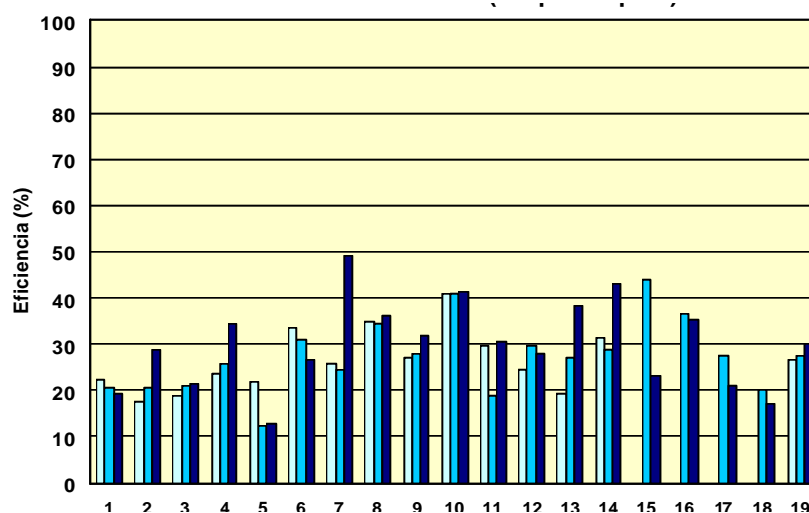


Figura 6. Eficiencia del fósforo ($\text{Outputs}\cdot\text{Inputs}^{-1}$) de 18 explotaciones lecheras. (La explotación 19 se corresponde con el valor medio de todas las explotaciones).

En resumen, podemos decir que las explotaciones n° 4, 12 y 13 han mejorado en términos de fertilización y de alimentación. Las dos primeras incrementaron además las salidas de P_2O_5 en la leche. Las explotaciones n° 2, 7, 8 y 14 mejoran el balance y la eficiencia. No mejoran pero aplican dosis bajas de fertilizantes fosfóricos las explotaciones n° 6, 10, 11, 15 y 16. No hay mejoras o son mínimas en las explotaciones n° 3 y 9, y empeoran la 1,5, 17 y 18.

Conclusiones

El balance medio de fósforo de las 18 explotaciones estudiadas se sitúa en $150 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, siendo el valor más alto de las 9 regiones participantes en el proyecto Green Dairy, con una eficiencia media del 28%, que es la más baja de todas las regiones. El asesoramiento a las explotaciones para mejorar el balance y la eficiencia y no aumentar el elevado contenido de fósforo en el suelo con los subsiguientes problemas de contaminación de las aguas superficiales, ha surtido efecto

en varias explotaciones, pero todavía queda mucho por hacer. Por consiguiente, para mejorar el balance hay que reducir la fertilización mineral fosfórica teniendo en cuenta las elevadas entradas de este nutriente en los alimentos del ganado y el elevado aporte de fósforo que supone la aplicación del purín, y fomentar especialmente el consumo de forrajes propios para reducir las entradas de fósforo a través de la alimentación del ganado.

Bibliografía

- CASTRO, J., 1998. Impacto ambiental de la ganadería en Galicia. *Agricultura*, 791, 468-470.
- CASTRO, J.; MATEO, E.; BLÁZQUEZ, R., 1998. Composición del purín de vacuno de 10 explotaciones lecheras gallegas y estudio de su valor fertilizante para praderas. En: *XXXVIII Reunión Científica de la S.E.E.P*, 315-319.
- CASTRO, J., 2001. Os ciclos de nutrientes en explotacións de leite galegas e a situación medioambiental. Cuadernillo de Divulgación Técnica. *Cooperación Galega*, 52.15 pp
- CASTRO, J.; NOVOA, R.; BÁEZ, D.; BLÁZQUEZ, R.; LÓPEZ, J., 2006. Nutrient management on Galician dairy farms. En: *Sustainable Grassland Productivity, 21 Reunión General de la EGF*, 715-717. Ed. J. LLOVERAS, A. GONZÁLEZ, O. VÁZQUEZ, J.PIÑEIRO, O. SANTAMARÍA, L. OLEA. Badajoz.
- CHAMBAUT, H.; BRAS, A.; LAURENT, F.; QUENTRIC, O.; VERTES, F.; LE GALL, A., 2004. Maîtrise des flux d'azote et de phosphore à l'échelle de l'exploitation et incidence sur la qualité de l'eau à l'échelle du bassin versant dans les régions d'élevage intensif de l'Ouest de la France. En: *Colloque interrégional "Savoirs et savoir-faire sur les bassins versants. Pollution de l'eau et dynamique de restauration de sa qualité en milieu rural"*, 97-115. Vannes.
- DE BLAS, C.; MATEOS, G.; GARCÍA REBOLLAR, P., 2003. *Tablas FEDNA de composición y valor nutritivo de alimentos para la formulación de piensos compuestos* (2ª ed.). Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal, 423 pp. Madrid.
- FUNAKI, Y.; PARRIS, K., 2005. The OECD agricultural nutrient balance indicators: establishing a consistent OECD set of nitrogen and phosphorus coefficients. En: *European Commission Workshop-Nitrogen an Phosphorus in Livestock manure*.10 pp.
- HERRERO, M.A.; GIL, S.B.; FLORES, M.C.; SARDI, G.M.; ORLANDO, A.A., 2006. Balances de nitrógeno y fósforo a escala predial, en sistemas lecheros pastoriles en Argentina. *Invet*, 8:1.
- KUIPERS, A.; MANDERSLOOT, F.; ZOM, R.L.G., 1999. An approach to nutrient management on dairy farms. *Journal of Animal Science*, 77, 84-89.
- LEDGAR, S.F.; JOURNEAUX, P.R.; FURNESS, H.; PETCH, R.A.; WHEELER, D.M., 2004. Use of nutrient budgeting an management options for increasing nutrient use efficiency and reducing environmental emissions from New Zealand farms. En: *OECD Expert Meeting on Farm Management Indicators and the Environment*, Palmerston North.
- NEETESON, J.J., 2004. Nitrogen and phosphorus management on Dutch dairy farms: legislation and strategies employed to meet the regulations. *Journal Biology and Fertility of Soils*, 30:5-6, 566-572.

NOVOA, R.; CASTRO, J.; BÁEZ, D., 2005. Balances de nutrientes como herramientas para la evaluación de la sostenibilidad de las explotaciones de vacuno de leche en Galicia. En: *XLV Reunión Científica de la S.E.E.P*, 1, 183-190.

PARRIS, K., 1999. Environmental indicators for agriculture: overview in OECD countries. En: *Environmental Indicators and Agricultural Policy*, 25-44. Ed: E. F. Brouwer & B. Crabtree. Cabi Publishing, Wallingford.

POWELL, J.M.; JACKSON-SMITH, D.B.; SATTER, L.D.; BUNDY, L.G., 2002. Manejo integral del fósforo en los establecimientos lecheros. *Novedades Lácteas*, 901, 12pp.

RAISON, C.; PFLIMLIN, A.; LE GALL, A., 2006. Optimisation of environmental practices in a network of dairy farms of the Atlantic Area. En: *Proceedings of the final Seminar of Green Dairy Project: Interreg Altantica Area III B N°100*, 43-65.

SINCLAIR, A.G.; RODRIGUEZ, M.; OYANARTE, M., 1991. Fertilización de mantenimiento en base al ciclo de nutrientes para las praderas permanentes. *Informe Técnico N° 41*. Publicaciones del Departamento de Agricultura. Gobierno Vasco.

SPEARS, R.A.; YOUNG, J.; KOHNT, R.A., 2003. Whole farm phosphorus balance on western dairy farms. *Journal of Dairy Science*, 86, 688-695.

VIRTANEN, H.; NOUSIAINEN, J., 2005. Nitrogen and phosphorus balances on Finnish dairy farms. *Agricultural and Food Science*, 14:2, 166-180.

Agradecimientos

A la Unión Europea por la financiación del Proyecto Interreg IIIB n° 100-Green Dairy, a Dña. M^a José Casal por la realización de los análisis de suelos y a Juan Freire y Pura Ferreño de la Cooperativa Agraria Provincial de A Coruña, por su colaboración en este proyecto.

IMPROVING PHOSPHORUS MINERAL BALANCE AND CONVERSION RATE IN DAIRY FARMS IN GALICIA (SPAIN)

Summary

The very intensive dairy system in Galicia (NW Spain) has led to phosphorus surpluses in the farms, which disperses into the environment and contributes to the deterioration of water. The knowledge and improvement of phosphorus mineral balance were therefore necessary. The present study was carried out within the framework of an Atlantic European INTERREG III B project. In Galicia, a total of 18 commercial farms specialising in dairy production were selected for this study. During 3 years inputs and outputs of phosphorus were monitored and solutions for optimising environmental practices, in order to reduce phosphorus surpluses and to improve phosphorus conversion rate, were proposed. The average phosphorus surpluses of the farms were 156, 147 y 154 kg·ha⁻¹ of P₂O₅ for years 2003, 2004 and 2005, respectively. This situation has led to a high phosphorus content of the soil. Seven farms improved their mineral balance and conversion rate, but it is necessary to make efforts on reducing the use of mineral phosphorus fertilisers, with a good use of slurry, and on increasing consumption of own-grown crops.

Key words: phosphorus surplus, fertilisation, live stock, water pollution, environmental indicators.

PRESIÓN DE PASTOREO Y CONCENTRADO EN LA PRODUCCIÓN EFICIENTE DE LECHE EN ZONAS HÚMEDAS

A. GONZÁLEZ RODRÍGUEZ, O. P. VÁZQUEZ YÁÑEZ & J. LÓPEZ DÍAZ

Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo.

Xunta Galicia. Apartado 10 - 15080 A Coruña.

antonio.gonzalez.rodriguez@xunta.es

Resumen

Los sistemas de producción de leche deben ser competitivos y sostenibles. Esto es posible si se basan en la utilización de recursos propios de la explotación, utilizando el concentrado para momentos críticos de la lactación. En este trabajo se ha comparado el efecto de tres regímenes de alimentación diferentes en tres rebaños en primavera: 4 kg de concentrado/vaca y una carga ganadera de 3,5 vacas/ha y 8 kg/vaca con dos cargas de 3,5 y 5,5 vacas/ha.

El manejo del pasto para conseguir altas ingestiones implica una elevada oferta por animal, tratando de conseguir una buena utilización para mantener la calidad del pasto. Se obtienen 6950 litros/vaca con solo 200 gr/litro de concentrado y se llega a 8800 litros/vaca con 290 gr/litro, muy lejos de los 450 gr/litro de los sistemas intensivos gallegos.

Los resultados muestran que el incrementar paralelo del concentrado y la carga ganadera no mermó la producción ni la calidad de leche, por ello se recomienda elevar la carga cuando aumentamos la dosis de concentrado.

Palabras clave: presión de pastoreo, manejo del pasto, uso del concentrado.

Introducción

La producción de leche es el sector de mayor importancia de la economía agraria gallega. Representa más de la tercera parte del valor añadido neto del sector con dos millones de toneladas anuales y es el principal medio de vida para 14.000 explotaciones gallegas.

Las conclusiones de una reflexión sobre el futuro del Sector Lácteo en España celebrado en Oviedo los días 18 e 19 de enero de 2007 prevén un incremento del costo de los cereales, utilizados también para biocombustibles, así como el descenso del precio de la leche en origen, lo que puede repercutir en la desaparición de las granjas menos competitivas en favor de las que tengan bajos costes de producción. Igualmente se recomienda optimizar la utilización de la superficie agrícola propia para producir forraje de calidad con criterios económicos y de rentabilidad, y se señala el compromiso de la granja con la seguridad alimentaria y medioambiental, lo que se reflejará en la aplicación de nuevas y más restrictivas condiciones agroambientales y de bienestar animal para la producción ganadera.

Ante este nuevo marco, cabe esperar que la producción de leche requiera la búsqueda de un mayor equilibrio entre el aumento de los rendimientos por vaca y el suministro de alimentos de bajo coste. Afortunadamente los que han iniciado este camino en Galicia no parten de cero ya que existen datos para orientar las explotaciones, más o menos intensivas, algunos obtenidos en el CIAM cuyo objetivo es el de desarrollar sistemas sostenibles, con bajos costos de producción por litro, económicamente competitivos y asegurando leche sana y de calidad.

Queda fuera de toda duda que la pradera pastada es la fuente más barata de nutrientes para las vacas en Galicia, aportando competitividad a la producción de leche, conservando el paisaje rural y dando una buena imagen a los consumidores. Las praderas ocupan el 12 % de la superficie total gallega y el 44 % de la superficie agraria útil y se utilizan poco en las

explotaciones lecheras como alimento del rebaño, desafortunadamente su uso mayoritario es en forma de ensilado, cuyo proceso de elaboración supone un importante porcentaje de pérdidas tanto físicas como de calidad.

El desafío de la investigación para hacer más eficientes los sistemas productivos está en buscar la utilización de la hierba directamente por el animal (pastoreo) y al mismo tiempo mantener suficiente pasto de calidad. Esto es posible con el establecimiento de una adecuada carga ganadera dentro de un manejo economicamente rentable. El pastoreo implica un efecto sobre la calidad del alimento en oferta, debido a la influencia de factores como el nivel de defoliación, pisoteo del ganado, distribución de las deyecciones y selección del pasto.

Al mismo tiempo debemos considerar los factores que determinan la ingestión de nutrientes en pastoreo, unos asociados a las características de los animales (peso vivo, producción de leche, variación del peso vivo o condición corporal) y otros definidos por el nivel y tipo de suplementación y disponibilidad y calidad del pasto (Vázquez & Smith, 2000).

Con vacas de alto potencial productivo es vital el pasto de calidad para conseguir buenas respuestas individuales. Se puede conseguir más de 6000 litros en pastoreo usando poco concentrado (unos 200 gr/kg leche) y ensilado de maíz. En estos sistemas tratamos de minimizar el uso de concentrado, lo que incrementa la presión sobre el pasto. Por otro lado debemos presentar una elevada oferta de pasto por animal y de alta digestibilidad, para tener una mayor ingestión y una alta respuesta en leche (González Rodríguez, 2002, 2003; Vázquez Yáñez et al, 2006).

El intento de minimizar el uso de concentrado, sin reducción de la producción por vaca, interacciona con el reparto del pasto producido en la explotación. Este desafío hace que dediquemos un esfuerzo los estudios de manejo de los sistemas en pastoreo con el uso de concentrado. El objetivo de este ensayo fue estudiar el efecto del aumento de la carga ganadera sobre el pasto y la respuesta en leche con dos niveles de concentrado.

Materiales y Métodos

Se realizó un ensayo con un total de 45 vacas del rebaño experimental del CIAM de Galicia, con media de partos al final de otoño (diciembre de 2004). Como tratamiento previo al ensayo, durante el mes de marzo, el régimen de alimentación de los animales consistía en un aporte de 7 kg de MS de ensilado de maíz /vaca, (34,8 % MS y 9,5 % PB), 5 kg de concentrado /vaca, (13,2 % PB) en pastoreo a baja carga (3 vacas/ha). La producción de leche (29,5 kg/vaca) de este periodo de 60 días y la fecha de parto fueron los criterios para formar los tres grupos de 15 vacas y aplicar, desde primeros de abril, los tres tratamientos.

Tratamientos: (1) 4 kg/vaca de concentrado y 3,5 vacas/ha (2) 8 kg/vaca de concentrado y 3,5 vacas/ha y (3) 8 kg/vaca de concentrado y 5,5 vacas/ha.

Manejo: Cada grupo pastoreó áreas de pradera de raigrás inglés y trébol blanco de manera separada e independiente durante toda la lactación. En todas las parcelas pastadas se determinó el contenido en MS de la oferta de forraje usando el método de corte directo de 5 cuadrados de 0.33 m de lado a 4 cm. del suelo, pre y post pastoreo. Se determinó la composición de MS de la pradera (PB, M. Orgánica, DMO, FAD, FND) y glúcidos solubles en agua (CSA) en todas las muestras previas al pastoreo en cada grupo. Se registró la producción diaria de las vacas y se analizó su calidad (grasa, Pb, urea) sobre muestras semanales. Durante el verano y otoño siguientes (185 días) los grupos recibieron 3, 5 y 7 kg/vaca de concentrado. En este trabajo presentamos los resultados de primavera, 120 días de ensayo, hasta finales de julio, cuando se detiene el crecimiento del pasto.

Los tres grupos entraron en las praderas con una altura de hierba similar, 20-25 cm, y la abandonaban con una altura de 4 a 6 cm. Esto supone disponer de distintas superficies de

pradera por cada grupo según sus necesidades de alimento, ajustadas a las presiones de pastoreo impuestas en los tratamientos y facilita que los tres grupos pasten cada nuevo bloque casi al mismo tiempo. Se trató de maximizar la ingestión de MS de pradera por vaca, procurando altos niveles de pasto en oferta, para conseguir buenas respuestas individuales, aunque esto puede repercutir negativamente en el nivel de utilización de la pradera. Observamos altos residuos de pasto en algunas parcelas del tratamiento 2 -alta oferta de pasto y de concentrado- al final de la rotación de junio-julio, que necesitaron ser cortados para un mejor rebrote de otoño.

Resultados

Producción de leche: Durante los diez primeros días en abril con una producción media de leche de 29,5 kg/vaca, se controló el consumo de ensilado de maíz 7,3, 7,2 y 6,4 kg/vaca, para los tres tratamientos. Durante el resto de la primavera, la ración consistió solo en pasto y concentrado, con consumos de: 11,3, 10,8 y 8,5 kg MS de pasto/vaca, respectivamente. En la tabla 1 se expresan los resultados obtenidos durante el periodo del ensayo.

Tabla 1. Producción de leche y uso de concentrado para los tres grupos ensayados.

Grupos Primavera (120 días)	1	2	3
Concentrado (kg/vaca/día)	4	8	8
Concentrado (kg/periodo)	520	1050	1040
Presión pasto (vacas/ha)	3,4	3,7	5,3
Producción de leche (kg/vaca/día)	22,8	28,5	28,9
Total anual leche 305 días (Kg)	6950	8690	8800
Concentrado anual (kg/vaca)	1430	2260	2560
Concentrado (gr/litro)	200	260	290

Ha sido posible producir casi 7000 litros de leche/vaca usando una dosis de concentrado de cerca de 1500 kg/vaca en pastoreo. Al aumentar el aporte de concentrado de 4 a 8 kg/vaca, la producción media en el periodo de ensayo pasó de 22,8 litros a 28,9 litros, sin diferencias debidas a la distinta presión de pastoreo con la dosis alta de concentrado. Para estas producciones fueron suficientes ingestiones totales de MS de 15,3; 16,5 y 18,8 kg/vaca respectivamente.

La vaca de alta producción puede mantener al mismo tiempo un alto consumo de concentrado y una alta ingestión de pasto, lo que supone un tasa de sustitución (TS) baja. Cuando se restringió la oferta de pasto en el tratamiento 3 por incremento de la carga ganadera, se obtuvo una TS baja, resultando positivo el uso de concentrado. Según datos anteriores, la tasa de sustitución no depende tanto del aporte de concentrado o del pasto disponible sino que es una función lineal ($TS = 0,32 + 0,071 BE$) del balance energético (BE) de la vaca en UFL/día. Tampoco depende tanto del potencial de la vaca, sino de la capacidad de nuestro sistema en pastoreo para cubrir este balance negativo tras el parto. Únicamente en el pico de la lactación de las vacas, este BE es difícil de cubrir solo con pasto y es cuando aplicaremos el concentrado (Peyraud & González 2000). Es posible detectar y corregir las deficiencias del balance entre la energía y la proteína de la ración determinando la urea en leche (González et al 2001) como aparece en la figura 1, que nos muestra que, aunque en el mes de mayo el nivel bajo de concentrado (tratamiento 1) tiene un contenido de urea significativamente mayor a los otros dos tratamientos, la ración en pastoreo es equilibrada, por mantenerse entre los 300 mg/kg y los 150 mg/kg de urea en leche. En un trabajo anterior (Vázquez Yáñez et al, 2006) se encontró que el aumento de la superficie diaria en oferta tenía como consecuencia el incrementar la disponibilidad de forraje y, por consiguiente, el consumo de pasto. Cuando pasamos de 15,7 a 24,4 kg MS/día en oferta por

animal, aumentaba la ingestión de 9,9 a 11,4 kg MS/día. Por otra parte, el incremento del nivel de suplementación provoca generalmente una reducción en el consumo de pasto en un valor dependiente de su disponibilidad. En el ensayo citado la producción de leche osciló entre los 9,8 kg/día para cada 0,2 ha/día sin suplementación y los 27,0 kg/día cuando se ofrece 0,3 ha/día con 8 kg MS de concentrado. Es importante señalar, como vuelve a suceder en este ensayo, que con un incremento de carga la utilización del pasto aumentó paralelamente a su disponibilidad y disminuyó al incrementar la dosis de concentrado.

Los niveles de concentrado por litro de leche producido empleados en estos grupos no fueron elevados (200-290 gr/litro) y están lejos de los más de 400 gr/litro que emplean los sistemas intensivos gallegos. El peso vivo medio de las vacas del tercer grupo (590 kg/vaca) fue algo menor al final del estudio de primavera que los otros dos (620 y 650), aunque las diferencias no fueron significativas. Esto indica que el tercer grupo recurrió a sus reservas corporales para mantener su producción lo que puede ser interesante para los sistemas que pretenden usar al máximo los recursos forrajeros, como vimos en anteriores trabajos (Mayne et al, 2004). La evolución de la producción de leche y su calidad, así como el contenido de urea de la leche, como indicador del nivel de equilibrio de la ración, se observan en la figura 1.

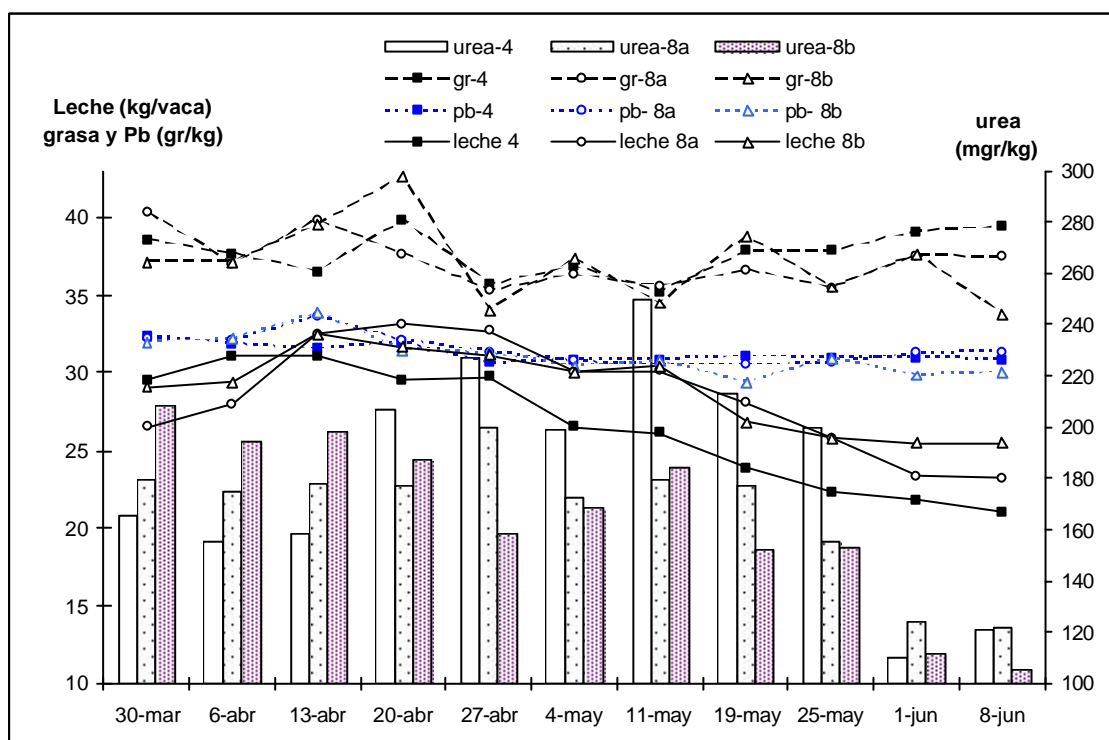


Figura 1. Producción, calidad y contenido de urea en leche en primavera para los 3 grupos: (1) 4 kg/vaca de concentrado a 3,4 vacas/ha (2-a) 8 kg/vaca a 3,7 vacas/ha (3-b) 8 kg/vaca a 5,3 vacas/ha.

Hubo una buena respuesta a la aplicación de 4 y 8 kg de concentrado, 1,6 litros de leche por cada kg, comparando los grupos 1 y 2 del ensayo. Para la dosis alta de concentrado, 8 kg/vaca, el incremento de carga, tratamientos 2 y 3, no supuso un descenso de producción de leche, ya que el descenso en el nivel de ingestión de pasto por vaca fue pequeño y resultó suficiente para mantener el mismo nivel productivo que una carga menor. Esta buena respuesta al concentrado es fácil de obtener si se tiene una carga ganadera alta, como suele suceder en las explotaciones gallegas, y se tiene muy en cuenta, aunque no es el único criterio que el ganadero considera, para confiar en el uso de concentrado hasta un nivel que al final puede resultar poco rentable.

Sería conveniente poder invertir esta tendencia hacia la producción de leche intensiva con altas

dosis de concentrado y con vacas estabuladas todo el año. La buena relación del precio de la leche y del concentrado (de 1,4) justifica cualquier respuesta mayor de 0,7 kg de leche por kg de concentrado. En una vaca de 35 litros esta respuesta se produce con solo 3,8 kg/vaca, con dosis mayores disminuye la eficiencia. Para vacas de 30 litros en pastoreo, al pasar de 1,8 a 3,6 kg/vaca/día la respuesta es de 0,5 kg leche por kg concentrado (Wilkins et al, 1995). Las vacas con una mayor producción, pasando de 25 a 35 litros, incrementan la respuesta al concentrado de 0,55 a 0,84 Kg leche por Kg concentrado, ya que incrementan la capacidad de ingestión. La respuesta al concentrado es alta cuando aumentamos la carga ganadera de 2,3 a 3,0 vacas/ha, pues aunque se reduce el pasto en oferta por animal, esto va unido a una mayor digestibilidad de este. El manejo de pasto para cubrir la mayor parte de las necesidades del animal con forraje de calidad vuelve a ser un desafío para la producción lechera con recursos de la explotación (Mayne y Peyraud, 1996).

Calidad de pasto: La relación pasto-animal tiene una gran importancia en la calidad del pasto y de ahí en la ingestión por parte de la vaca. Un buen manejo de pasto es la clave para favorecer la alta ingestión de MS por animal y al mismo tiempo mantener una calidad elevada que permita cubrir los casi 30 litros de media del rebaño, tratando de evitar los efectos sustitutivos de la dosis máxima de concentrado. El incremento de la presión de pastoreo realizado en el tratamiento 3, no solo favoreció la respuesta al concentrado sino que ayudó a un mejor aprovechamiento de la pradera, incrementando el porcentaje de utilización, y mejorando la calidad del pasto, como se observa en la tabla 2.

Tabla 2. Calidad del pasto en primavera (media de marzo a junio) para los tres tratamientos.

Tratamientos (concentrado-carga)	Proteína	MOrg	DMO	FAD	FND	CSA
Grupo 1 (4 kg-3,4 vacas)	13,5	91,4	79,8	28,3	46,9	19,8
Grupo 2 (8 kg-3,7 vacas)	14,0	91,5	80,9	31,0	50,6	17,5
Grupo 3 (8 kg-5,3 vacas)	16,1	90,9	83,2	27,5	47,5	20,3
Calidad por meses						
abril	17,6	89,8	82,8	27,1	46,0	15,1
mayo	11,6	92,1	81,0	29,6	50,0	20,3
junio	8,7	92,7	75,8	35,5	54,9	16,5

(Diferencias no significativas entre tratamientos)

Debido a la gran variabilidad entre las parcelas analizadas no hubo diferencias significativas entre los grupos de ensayo, aunque se observa una mayor calidad de pasto, mayor nivel de proteína y glúcidos solubles, CSA, en el grupo de alta presión de pastoreo. El descenso de proteína bruta y de la calidad del pasto es significativamente notable durante los meses del ensayo.

Resaltamos la necesidad de ajustar bien la carga ganadera para lograr la mejor utilización de la pradera y al mismo tiempo mantener el pasto de calidad, que parece compensar un descenso de ingestión, y cubrir las necesidades nutritivas del rebaño productivo. Es importante el valor añadido del tratamiento 3 que nos permite afirmar que el aumento de concentrado debe ir unido a un incremento de la presión de pastoreo en primavera. Este potencial de carga derivado del incremento de la dosis de concentrado debe ser muy tenida en cuenta sobre todo pensando que la explotación lechera gallega, tiene normalmente un elevado número de cabezas para una pequeña superficie disponible por explotación.

Conclusiones

Con una alta dosis de concentrado por vaca, el aumento de la presión de pastoreo en primavera descendió el consumo de pasto por vaca e incrementó el porcentaje de utilización del pasto por superficie.

La menor ingestión de pasto de la alta carga ganadera, fue compensada por una mayor calidad y con un consumo de materia seca total suficiente para mantener una alta producción individual de leche.

En las explotaciones lecheras con elevado consumo de concentrado, es posible y recomendable aumentar la carga ganadera para conseguir una mejor utilización y una mayor calidad del forraje producido, sin penalizar la producción por vaca.

Agradecimientos

El proyecto de investigación se financió por el INIA (SC00-086)

Bibliografía

- GONZÁLEZ RODRÍGUEZ A, SANCHEZ RODRÍGUEZ, L, VAZQUEZ YAÑEZ, O. 2001 El equilibrio de la ración según la urea en leche de vacas en pastoreo y con ensilado. En "Biodiversidad en Pastos" Ed. CIBIO. Alicante. 359-365
- GONZÁLEZ RODRÍGUEZ, A. 2002. Manejo del rebaño para la producción de leche en pastoreo. En "Producción de pastos, forrajes y céspedes". Ed. C. Chocarro, F. Santiveri, R. Fanlo, I. Bovet, J Lloveras. Universidad Lleida. España: 527-532
- GONZÁLEZ RODRÍGUEZ, A. 2003. Low input grazing system for dairy production in northwest Spain. In: Kirilov A. Todorov N. and Katerov I. (eds) Optimal forage systems for animal production and the environment. Grassland science in Europe Vol. 8. EGF, Pleven. Bulgaria 491-494
- MAYNE C.S.; PEYRAUD, J.L. 1996. Recent advances in grassland utilization under grazing and conservation. In "Grassland and land use systems. Grassland Science in Europe" E.G.F. Ed. G. Parente, J. Frame, S.Orsi. Grado. Italia: 347-360.
- MAYNE, C S, ROOK, A J, PEYRAUD, J L, CONE, J, MARTINSSON, K; GONZALEZ, A. 2004. Improving sustainability of milk production systems in Europe through increasing reliance on grazed pasture. In "Land use systems in grassland dominated regions" EGF 2004 Ed. A. Luscher, B. Jeangros, W. Kessler, O. Huguenin, M. Lobsiger, N. Millar, D. Suter. Luzern. Switzerland. 584-586
- PEYRAUD, J.L, GONZÁLEZ RODRÍGUEZ, A. 2000. Relations between grass production, supplementation and intake in grazing dairy cows. In "Grassland Farming. Balancing environmental and economic demands" Ed. K. Soegaard, C. Ohlson, J. Sehested, N.J. Hutchings, T. Kristensen. Grassland Science in Europe, vol 5. Aalborg. Denmark, 269-282
- 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.
- VÁZQUEZ, O.P.; SMITH, T.R 2000. Factors Affecting Pasture Intake and Total Dry Matter Intake in Grazing Dairy Cows. J. Dairy Sci. 83:2301-2309

VÁZQUEZ YÁÑEZ O. P, GONZÁLEZ RODRÍGUEZ A.; LÓPEZ DÍAZ J. 2006. Concentrate supplementation effects on dairy cows grazing pastures during spring. In “Sustainable grassland productivity” Vol. 11 Grassland Science in Europe. Editors J. Lloveras, A. González Rodríguez, O. P Vázquez Yáñez , J. Piñeiro, O. Santamaria, L. Olea, M.J. Poblaciones EGF Badajoz. Spain 194-196.

GRAZING PRESSURE AND CONCENTRATE ON EFFICIENT DAIRY PRODUCTION OF HUMID AREAS.

Summary

The systems of milk production must be competitive and sustainable. This is possible if they are based on the farm resources, utilizing the concentrate for critical moments of lactation. Three herds were compared during the spring: 4 kg/cow of concentrate with a grazing pressure of 3.5 cows/ha and 8 kg with two grazing pressures 3.5 and 5.5 cows/ha.

The pasture management implies high herbage on offer per animal at the same time than good pasture utilization, for increasing their quality getting a high animal intake. It is recommended to raise the stocking rate when we have a high rate of concentrate per cow.

With only 200 gr. of concentrate per litre, 6950 kg/cow of milk were obtained and 8800 kg/cow with 290 gr. per litre, very far from the 450 gr. per litre of intensive Galician systems. The results evidence that stocking rate can be increased when using a high concentrate rate without decreasing milk production or quality.

Keywords: grazing pressure, grassland management, concentrate use.

EL REALENGO DE ARALAR (NAVARRA). DATOS PREVIOS PARA LA ORDENACION DE SU USO GANADERO.

J. M^a MANGADO, C. ALDUNATE, A. BARBERÍA, J. A. ERBURU
ITG Ganadero. Avda. Serapio Huici, 22 Edif. Peritos. 31610 Villava (Navarra).
Tfno: 948013050 Fax: 948013051 correo e: jmangado@itgganadero.com

Resumen

El Realengo de Aralar ocupa una superficie de 2195 ha en el NW de Navarra. Su clima es atlántico y, desde tiempo inmemorial, ha tenido un uso ganadero y forestal. Estos usos están gestionados por la Unión de Aralar-Aralarko Elkarte y en la actualidad se pretende adoptar un Plan de Gestión de los Pastos.

Se tipifica el uso ganadero actual mediante una encuesta realizada a la totalidad de ganaderos usuarios y se detectan sus debilidades.

Se proponen una serie de medidas en los campos de la regulación de las fechas de entrada y salida del ganado, manejo de los pastos, actuaciones en infraestructuras ganaderas, sanidad y organización del trabajo que se desarrollarán y concretarán en el Plan de Gestión

Palabras clave: pastos montanos, ganaderos, manejo, infraestructura, gestión.

Introducción

El Realengo de Aralar abarca una superficie de 2195 ha con un rango altitudinal entre 1000 y 1400 m. Queda incluido dentro del Lugar de Importancia Comunitaria (LIC) “Sierra de Aralar”, uno de los 43 propuestos en Navarra para su inclusión en la Red Natura 2000.

Biogeográficamente pertenece al subsector euskaldun oriental de la provincia cantabro-atlántica. El Realengo se encuadra en el piso bioclimático montano con ombroclima hiperhúmedo. La temperatura media mensual oscila entre 0,6 °C (Febrero) y 14,4 °C (Agosto). La pluviometría media anual es de 1580 mm siendo Julio el mes de menor precipitación (26,8 mm).

La roca madre son calizas intensamente karstificadas lo que conforma un paisaje característico y hace que la red hidrológica sea escasa, con pocos y pequeños manantiales y cursos de agua cortos que acaban por infiltrarse al acuífero subterráneo. Los suelos de los fondos de las depresiones son de textura franca fina, ácidos, con un alto contenido en materia orgánica y bien estructurados. En las laderas los suelos son de menor desarrollo y con abundantes afloramientos de roca.

La superficie arbórea abarca el 55,5 %, la de matorral de *Ulex gallii* con mayor o menor densidad abarca el 12 % y los pastizales el 29 %, siendo el resto afloramientos de roca.

Los usos tradicionales han sido la explotación forestal y el aprovechamiento pascícola. El derecho para ejercerlos corresponde a los vecinos de 18 entidades de población (Concejos y Ayuntamientos) que limitan con este territorio.

Estas Entidades se agrupan en la Unión de Aralar-Aralarko Elkarte, ente jurídico constituido para la gestión de los recursos del Realengo.

Con el objetivo de mejorar la gestión y el manejo de los recursos pascícolas la Unión de Aralar se propone adoptar un Plan de Gestión de pastos del Realengo. A continuación se presentan los trabajos previos llevados a cabo y las líneas básicas para la elaboración de dicho Plan.

Materiales y métodos

Caracterización de suelos

Se analizaron las características físico-químicas de cuatro suelos pertenecientes a las áreas de mayor presencia ganadera. Dos de ellos (Urdaneta, Errenaga) son suelos de fondo de valle, profundos y bien estructurados, que soportan pastizales mesófilos acidófilos de *Festuca rubra* y *Agrostis capillaris*. Los otros dos son suelos en pendiente moderada, con matorral de *Ulex* y sobre los que se han realizado desbroces hace más de 5 años (Desamendi) y más recientemente (Beloki). Las tomas de muestras se hicieron sobre los ocho primeros centímetros de suelo. Los análisis se realizaron en el Laboratorio Agrario de Navarra

Valoración forrajera de los recursos pascícolas

Berástegi (2000) realizó el trabajo de caracterización de los tipos de vegetación existentes en el Realengo y la superficie y distribución espacial que ocupa cada uno de ellos. En este trabajo se valoraron los recursos pascícolas utilizando el método del Valor Pastoral (VP) y se proporcionó el valor forrajero de cada uno de ellos y el total para el Realengo. En la cartografía asociada se aporta la ubicación de las infraestructuras ganaderas (balsas, abrevaderos, txabolas, caminos, etc.)

Uso ganadero actual

En la primavera de 2006 se elaboró y realizó una encuesta sobre la totalidad de los ganaderos que acuden a los pastos del Realengo. La Unión proporcionó el listado de ganaderos que acudían a los pastos en años anteriores (70). Se encuestó personalmente a 58 de ellos, de 2 más se tomaron los datos proporcionados por vecinos y los 10 restantes o habían abandonado la actividad o no tenían previsto acudir a los pastos.

Los datos recogidos en la encuesta fueron: identificación, censos ganaderos totales, censo que acude al Realengo, fechas de entrada y salida, manejo en la Sierra (cubriciones, partos, ordeño en ovino, suplementación), uso de infraestructuras (txabolas, manga, baños antiparasitarios, abrevado), asistencia y vigilancia, identificación, seguros, patologías, tratamientos y accidentes. Se completó la toma de datos preguntando sobre las perspectivas de continuidad en el plazo de 10 años y las preferencias personales sobre inversiones en infraestructuras ganaderas y actuaciones de manejo.

Resultados

Suelos

No se encontraron diferencias en la textura de los suelos de fondo de valle y ladera. En ambos casos varía entre arcillo-limosa y franco-arcillo-limosa.

Son suelos extremadamente ácidos (pH 4,7 – 5,4), con muy altos contenidos en materia orgánica oxidable (18,5-23,8 %) y relación C/N alta (10,9-14,6).

Los niveles de fósforo varían entre 27 y 30 mg de P por litro y los de potasio entre 128 y 280 mg de K por litro. Según criterio del MAFF utilizado por ITG Ganadero los niveles de fósforo se consideran altos y los de potasio medios-altos.

Recursos pascícolas

En la tabla 1 se sintetiza la valoración pascícola del Realengo propuesta por Berástegi. La superficie forestal está ocupada fundamentalmente por hayedos. En las áreas de matorral predomina *Ulex gallii* con densidades variables y le acompañan *Erica vagans* y *Calluna vulgaris*. Los pastizales son mesófilos dominados por *Festuca rubra* y *Agrostis capillaris*. En las

laderas con poca profundidad de suelo y orientadas al sur se desarrollan pastos meso-xerófilos de *Festuca rubra* y *Festuca ovina*.

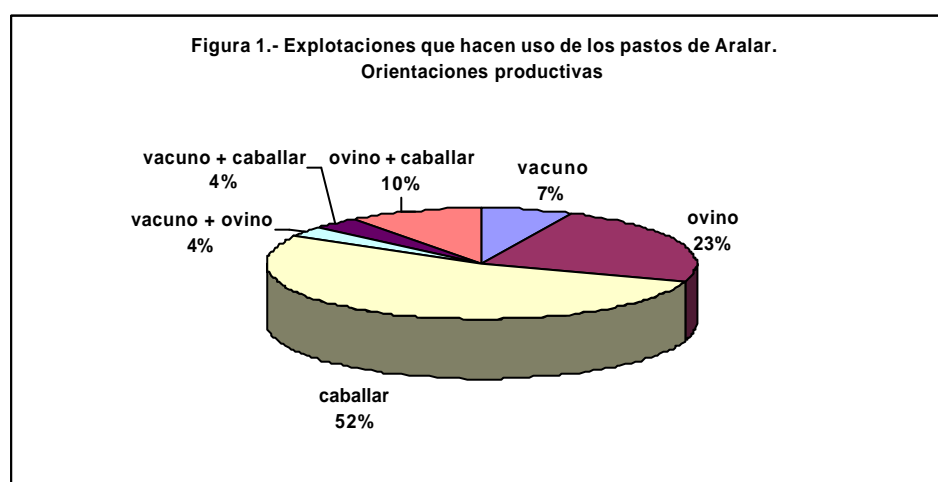
La valoración de los pastos se hizo utilizando el método del Valor Pastoral (Daget et Poissonet, 1972). Para la transformación de unidades VP en unidades energéticas se utilizó el factor $k=60$.

Tabla 1.- Tipos de vegetación y valor forrajero del Realengo de Aralar (Berástegi, 2000)

Tipo de vegetación	Superficie (ha)	Valor forrajero (UF/año)
Forestal	1 057,7	116 927
Matorral	267,9	281 348
Pastizal	632,4	1 006 833
Regeneración forestal	160,7	---
Afloramientos	76,8	---
TOTAL	2 195,5	1 405 108

Uso ganadero

Explotaciones: en la actualidad son 60 las explotaciones ganaderas que hacen uso de los pastos del Realengo. De ellas 50 suben con una sola especie pastante (8 % vacuno, 64 % ovino, 28 % caballar) y 10 con dos especies (20 % vacuno+ovino, 20 % vacuno+ caballar, 60 % ovino+caballar). En la figura 1 se recogen gráficamente las orientaciones productivas de estas explotaciones.



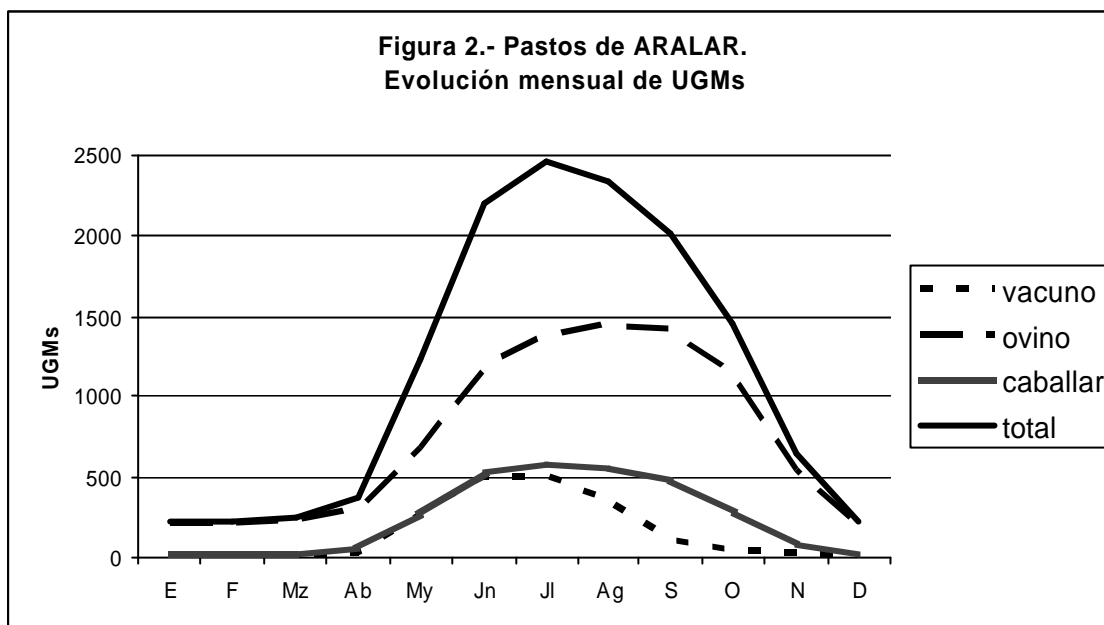
Ganado: el total de cabezas que utilizan estos pastos es de 507 vacunos (81 % de raza pirenaica, 19 % mestizas), 8539 ovinos (100 % de raza latxa en sus dos ecotipos “cara rubia” y “buru beltz”) y 638 equinos (78 % de raza “burguete”, 11 % de raza “jaca navarra” y 11 % de raza “ponie”). En la tabla 2 se presentan las cabezas que utilizan estos pastos en función de su sexo y edad y se adjunta su peso vivo medio.

Tabla 2.- Cabezas y peso vivo medio del ganado que acude al Realengo de Aralar

	vacuno		ovino		burguete		jaca		ponie	
	nº	kg pv	nº	kg pv	nº	kg pv	nº	kg pv	nº	kg pv
	adulto ?	29	650	175	65	27	700	4	550	3
adulto ?	368	550	7374	55	395	550	56	420	56	220
repos. 1 – 2 años	42	400			3	450	1	350	1	180
repos. < 1 año	68	200	990	30	72	220	10	170	10	100

Entradas/salidas: se recogieron las fechas medias de subida y bajada de los pastos, por especies y, en función de los pesos metabólicos de los animales ($P^{0.75}$), se transformaron en unidades de ganado mayor (UGMs) según el criterio expuesto por Arandía y Mangado, 2000.

Con estas informaciones se elaboró la curva de uso anual de los pastos que se presenta en la figura 2.



Acceso: el acceso y salida del ganado a los pastos lo hacen andando el 50 % de las vacas, el 100 % de las ovejas y el 70 % de los caballos. El resto lo hacen en camión o remolque. En este caso la práctica totalidad de los ganaderos utilizan la manga de manejo para las operaciones de carga.

Vigilancia: el 75 % de los ganaderos de vacuno, el 95 % de los de ovino y el 15 % de los de caballar acuden a diario o tres veces a la semana a vigilar sus animales. Una o dos veces por semana lo hacen el 25 % de los de vacuno, un 5 % de los de ovino y un 65 % de los de caballar. Únicamente un 20 % de los ganaderos de caballar hacen visitas de control de su ganado una vez cada 2 semanas. Salvo un 20 % de los ganaderos de ovino que acuden andando, el resto de ganaderos acceden a los pastos en vehículo. Más de la mitad de los ganaderos de ovino conducen diariamente su rebaño hacia los pastos de mayor interés.

Identificación: todos los ganaderos de vacuno identifican a su ganado con crotal y un 20 % de ellos añaden una marca en la oreja. En todos los casos tienen dificultades para ver las marcas a distancia. Los ganaderos de ovino identifican con crotal y marca en oreja, pero para identificar de lejos a sus animales también utilizan marcas de pintura sobre la lana. El sistema mayoritario de marca en caballar es la marca en oreja (50 %) y marca a fuego (10 %), aunque hay un 25 % de ganaderos que no identifican a su ganado.

Cubriciones y partos: la mayor parte de las vacas acuden cubiertas a los pastos mientras que la práctica totalidad de las ovejas y algo más de la mitad de las yeguas se cubren en el Realengo. En la mayor parte de los casos las cubriciones se hacen con sementales propios de cada explotación. Tanto en vacuno como en ovino se tiende a evitar los partos en los pastos, retirando los animales a las instalaciones de fondo de valle. En el caso del equino, un 50 % aproximadamente paren en el Realengo.

Suplementación: los ganaderos de caballar son los únicos que suplementan a su ganado. Más de la mitad les aporta pan en los períodos de sequía estival. La totalidad de los ganaderos de ovino utilizan “piedras de sal”, colocándolas siempre en puntos fijos.

Patologías: los principales problemas sanitarios del ganado vacuno durante su estancia en los pastos son las diarreas, los abortos y las mamitis, aunque un 50 % de los ganaderos aseguran no haber tenido problemas. En ovino los problemas son abortos, mamitis, diarrea y sarna, con un 40 % de los ganaderos sin problemas. En caballo los problemas son paperas, catarro, abortos y babesiosis. El 60 % de los ganaderos de caballo no describen problemas.

Sarna en ovino: La práctica totalidad de los ganaderos tratan contra este parásito, generalmente en el mes de Julio y utilizando el equipo portátil de ducha que existe al efecto. Entre los ganaderos se dan opiniones divergentes acerca de la eficacia de los tratamientos llevados a cabo utilizando este equipo.

Accidentes: en vacuno los principales accidentes son los de despeñamiento y caída de rayos, en ovino los ataques de perros descontrolados y despeñamientos y en caballo los despeñamientos, caída de rayos y ataque de perros.

Seguro: la totalidad del ganado vacuno dispone de una póliza de seguro contra accidentes. En ovino el porcentaje de ganado asegurado alcanza el 50 % y en caballo e 65 %. Algunos ganaderos amplían su póliza para cubrir daños a terceros.

Continuidad: la práctica totalidad de los ganaderos (100 % vacuno y 93 % de ovino y caballo) tienen previsto continuar con su explotación en los próximos 10 años. Los que no continuarán lo harán por jubilación.

Infraestructuras: la mayor parte del ganado abreva en bebederos alimentados por balsas y fuentes. Cuando corre agua por los escasos cursos superficiales, el ganado abreva sobre ellos. El 50 % de los ganaderos de vacuno, el 80 % de los de ovino y tan solo el 10 % de los de caballo disponen de "txabola", aunque son pequeñas y en mal estado de conservación. El 60 % de los ganaderos de vacuno, el 65 % de los de ovino y el 50 % de los de caballo utilizan para los tratamientos del ganado la única manga existente en el Realengo.

Actuaciones en infraestructuras: los ganaderos de vacuno y caballo priorizan las mejoras a llevar a cabo en infraestructuras ganaderas actuando sobre los puntos de abrevado, los cierres, los accesos y la manga de tratamientos. Los ganaderos de ovino priorizan las actuaciones sobre los accesos, las txabolas y los puntos de abrevado.

Actuaciones en manejo: todos los ganaderos, con independencia del tipo de ganado, demandan que las actuaciones de manejo de los pastos se orienten hacia los desbroces, los abonados y encalados y la regulación de las fechas de entrada y salida del ganado

Discusión y propuestas

Con respecto a la naturaleza de los suelos el principal problema es su extremada acidez, que incide negativamente sobre la disponibilidad de nutrientes para la alimentación vegetal. Se precisa un programa sistemático de corrección (encalados) así como una vigilancia también sistemática de la evolución del pH y de otros parámetros de fertilidad en el tiempo.

En la valoración pascícola de los pastos del Realengo realizada por Berástegi se utiliza $k=60$ como coeficiente de transformación de unidades de valor pastoral en unidades energéticas. De esta forma la oferta energética anual alcanza 1 405 108 UF. Mangado *et al.* (2005) encuentran en Andía, para pastos próximos de similares características botánicas aunque situados más al S y sobre suelos menos ácidos, un valor medio de $k=47$ oscilando entre 52 y 42. Si este valor se hiciera extensivo a todos los pastos del Realengo proporcionaría una oferta energética anual de 1 100 668 UF.

Estimando las necesidades energéticas de mantenimiento de 1 UGM según INRA (1990) e incrementándolas un 25 % por efecto de los desplazamientos por pastoreo y de condiciones climáticas adversas, el uso actual de los pastos demandaría 2 262 809 UF/año. Lo cierto es que este déficit energético encontrado no se traduce en daños por sobrepastoreo. El grado de encespedamiento es muy alto y solamente se encuentran denudaciones de suelo en los puntos de acumulación de ganado (abrevaderos, pasos estrechos, etc.).

Puede darse una sobreestimación de los consumos energéticos imputables al pastoreo. Los animales en el pasto se ligan a parajes concretos (querencia) con desplazamientos diarios pequeños para completar su dieta.

Por otra parte todo el territorio del Realengo se encuentra rodeado por zonas forestal y de pastos comunales de Concejos y Ayuntamientos limítrofes, no existiendo limitación física con ellos. El ganado circula libremente entre unos y otros territorios y, con toda seguridad, parte de las necesidades del ganado durante su estancia en los pastos las cubre con recursos de estos comunales disminuyendo la presión sobre los pastos del Realengo.

Una tercera razón que puede explicar el déficit encontrado es que el ganado que utiliza pastos montanos estivales moviliza reservas corporales cuando la oferta de pastos no cubre sus necesidades energéticas. A pesar de ello, el ganadero prefiere mantener los animales en los pastos y recuperar su condición corporal en el fondo de valle durante el invierno.

En todo caso, una primera medida a adoptar sería la de evitar la presencia de ganado sobre los pastos durante los período de parada vegetativa. Mendarte *et al.* (2001) recogen las fechas de entrada (1 de Mayo) y de salida (entorno de 1 de Noviembre) de los pastos del PN de Aralar (Gipúzkoa), continuidad de los descritos en esta comunicación. Adoptando este período de pastoreo e impidiendo el acceso de ganado a los pastos el resto del año la demanda energética por pastoreo disminuye a 1 947 710 UF/año y si se considera la oferta estimada por Berástegi con $k=60$, esta alcanza el 72 % de la demanda durante el período de crecimiento vegetativo de los pastos. En el trabajo citado, Mangado *et al.* (2005), se encuentra un valor $k=53$ en los años sin estrés hídrico estival. Dado que en Aralar es muy poco probable la existencia de este estrés hídrico, la aplicación de este valor de k proporcionaría una oferta pascícola anual de 1 217 760 UF, cubriendo el 62,5 % de la demanda del ganado. Este resultado es coherente con el obtenido en los pastos de Andía.

Otra actuación que podría ayudar a disminuir el déficit de oferta de pasto sería el de ampliar su superficie actuando sobre la superficie de matorral. Esta actuación debe ser por desbroce mecánico del matorral (nunca por quema), en otoño, sobre superficies de una pendiente máxima del 30 %, de mínima pedregosidad en superficie, preservando el suelo de la acción mecánica y acompañándola de un encalado.

De acuerdo con la legislación vigente se elaborará por especies el estatus sanitario que deben cumplir los animales para su acceso a los pastos así como los tratamientos a llevar a cabo durante su estancia, con especial atención a la lucha contra la sarna en ovino.

El acceso y salida de los pastos se hará por un circuito único. Será una pista encanchada y afirmada de uso restringido a usuarios autorizados por la Unión. La salida de vehículos de la pista quedará prohibida.

Se plantea la construcción de una manga para tratamientos con corral de apriete, cepo y muelle de carga, centrada en la zona de pastos y a pie de la pista de acceso. Será el complemento de la actualmente existente que queda desplazada del área de pastos. En el mismo entorno se creará un área para el manejo del ganado ovino durante los tratamientos contra sarna con el equipo portátil.

Salvo en el caso de cursos de agua temporales todo el abrevado del ganado se hará sobre abrevaderos regulados con válvulas de nivel constante. Se impedirá el acceso del ganado a todas las balsas y captaciones de agua.

Para minimizar el riesgo de despeñamiento, citado como la primera causa de accidentes en el ganado mayor, se cerrará el acceso del ganado a los puntos de riesgo situados en el flanco norte. Así mismo se prohibirá la presencia de animales domésticos sin controlar.

Se propondrá a la Unión de Aralar la gestión de un seguro colectivo de accidentes para todo el ganado durante su estancia en los pastos del Realengo.

Se revisará el estado de todas las txabolas para conseguir que cumplan su función de manejo y refugio de ganado y personas evitando la presencia y acumulación de materiales agresivos al medio natural.

Se potenciará la figura del guarda de ganado, dependiente de la Unión de Aralar, con competencias en el registro documental del número y estatus sanitario del ganado que acude a los pastos, vigilancia del ganado, tratamientos sanitarios y estado de las infraestructuras. Con el apoyo técnico adecuado propondrá anualmente las actuaciones a llevar a cabo y será el nexo de unión entre el colectivo de ganaderos usuarios y el órgano de gestión.

Conclusiones

Los pastos del Realengo de Aralar tienen un uso mixto y equilibrado entre ganado mayor (vacuno, caballar) y ovino existiendo en la actualidad un déficit entre demanda y la oferta pascícola.

Para corregir el déficit se propone limitar la presencia de ganado al período de actividad vegetativa de los pastos y actuaciones de desbroce y encalado en los parajes que lo permitan por sus características orográficas.

Se proponen otra serie de medidas en las áreas sanitaria, de infraestructuras ganaderas y de organización de la gestión de los pastos y de la toma de decisiones.

Bibliografía

ARANDIA, A.; MANGADO, J.M., 2000. Uso ganadero de las Sierras de Urbasa-Andía (Navarra). Datos básicos para una propuesta de gestión sostenible. En: *3ª Reunión Ibérica de Pastos y Forrajes*, 709-715. Bragança (Portugal), A Coruña-Lugo (España).

BERASTEGI, A., 2000. *Tipificación, valoración forrajera y cartografía de los recursos pascícolas del Monte de Aralar*. Departamento de Agricultura, Ganadería y Alimentación. Gobierno de Navarra, 47 pp. Pamplona.(España)

DAGET, Ph.; POISSONET, J., 1972. Un procédé d'estimation de la valeur pastorale des paturages. En: *Fourrages* 49, 31-39. Versailles (France)

INRA, 1990. *Alimentación de bovinos, ovinos y caprinos*. Ed. Mundi-Prensa, 432 pp. Madrid (España)

MANGADO, J.M.; FERRER, V.; IRIARTE, A., 2005. Valoración y uso ganadero de pastos herbáceos montanos en la transición atlántico-mediterránea de Navarra. En: *Actas de la XLV Reunión Científica de SEEP*, 283-290. Gijón (Asturias)

MENDARTE, 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 SEEP, I Foro iberoamericano de Pastos*, 123-128. Alicante (España).

**EL REALENGO DE ARALAR (NAVARRA).
PRELIMINARY DATA TO MAKE A PLAN OF LIVESTOCK USE**

Summary

The “Realengo de Aralar” is a mountain area of 2195 Ha. situated in the NW of Navarra, with an Atlantic climate. Since centuries the main use of Aralar has been livestock and forest. This area is managed by “Union de Aralar-Aralarko Elkartea” and at the moment they are creating a plan of pastures management.

In this study, all the farms that are using these pastures have been inquired. The results has been treated to detect the strength and the weakness in order to propose measures over the dates of animals arrival and departure to the mountain, pastures management, farming infrastructures, animals health, ... All these measures will be edited in a Plan.

Key words: pastures, farming, management, infrastructure, management

CALIBRACIÓN NIRS PARA ESTIMAR LA DIGESTIBILIDAD DE LA MATERIA ORGÁNICA DE LA PLANTA ENTERA DE MAÍZ EN HÍBRIDOS SELECCIONADOS PARA FORRAJE

L. CAMPO RAMÍREZ, P. CASTRO GARCÍA y J. MORENO-GONZÁLEZ.

Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo (CIAM).

Apartado 10. 15080. A Coruña

Tel: 981 647902 Fax: 981 673656

laura.campo.ramirez@xunta.es

Resumen

En la selección de híbridos forrajeros adaptados al Norte de España además de mejorar el encamado, el rendimiento de la mazorca y de la planta verde se busca incrementar el valor nutritivo y la calidad de la planta entera de maíz. La técnica de Espectroscopía de Reflectancia en el Infrarrojo Cercano (NIRS) ha sido utilizada para la predicción de la composición química de muestras de maíz (*Zea mays* L.). Los objetivos de este trabajo fueron (1) crear una ecuación específica para determinar la digestibilidad de la materia orgánica (DMO) NIRS de la planta entera, (2) estimar la precisión de la técnica NIRS en el estudio de este parámetro de calidad y (3) estimar la variabilidad de la calidad nutritiva de 28 híbridos experimentales de maíz forrajero. Se utilizaron 267 muestras de planta entera de maíz recolectados en tres ambientes y en diferentes fases de maduración. La técnica NIRS resultó aceptable para determinar la digestibilidad de la planta entera y las estimaciones de la ecuación sirven para determinar los mejores híbridos ya que DMO no se ve afectado por el ambiente. La exactitud de las estimaciones puede mejorarse incorporando más muestras al grupo de calibración.

Palabras clave: NIRS, *Zea mays* L., DMO

Introducción

La técnica NIRS (Espectroscopía de Reflectancia en el Infrarrojo Cercano), ha sido recomendada por numerosos autores como un método adecuado para evaluar los caracteres de calidad en los análisis rutinarios de maíz (Zimmer et al., 1990; Cozzolino et al., 2000). Se trata de un método no destructivo, rápido, barato y sencillo (Fahey et al., 1999), que permite evaluar distintos caracteres de calidad forrajera (Campo y Moreno-González, 2003) y ha sido calificado como la técnica más precisa para determinar la digestibilidad entre las técnicas más comúnmente utilizadas en el laboratorio (Castro, 1994; Cozzolino et al., 2000).

El maíz forrajero se está implantando cada vez con más fuerza en las explotaciones gallegas como alimento del ganado de leche y vacuno debido en parte a su alto poder nutritivo, a su alta capacidad de producción de materia seca y a su corto periodo vegetativo.

Los principales criterios de selección en la mejora de híbridos específicos para maíz forrajero son incrementar el rendimiento de la mazorca, conseguir una buena relación de materia seca de la mazorca con respecto a la parte verde, incrementar el rendimiento de la planta entera y por último, mejorar la calidad y el valor nutritivo de la planta. Hasta el momento en la mayoría de los estudios se ha evaluado la DMO de la mazorca y la parte verde independientemente (Zimmer et al., 1990). Los objetivos planteados en este trabajo fueron (1) crear ecuaciones específicas NIRS para determinar la digestibilidad de la materia orgánica (DMO) de la planta entera de maíz forrajero, (2) valorar la precisión de las estimaciones con dicha técnica y (3) estimar la variabilidad de la DMO en 28 híbridos de maíz seleccionados para forraje.

Materiales y Métodos

En el año 2004 y 2005 se evaluaron 25 cruzamientos de maíz forrajero obtenidos experimentalmente en el CIAM más tres híbridos comerciales utilizados como testigos, mediante un diseño de bloques al azar con tres repeticiones.

La ecuación NIRS desarrollada para evaluar la DMO en la planta entera de maíz se creó a partir de muestras de híbridos experimentales y comerciales evaluados en tres años, dos ambientes y en cinco semanas de maduración contabilizadas a partir de la floración femenina.

Los pasos seguidos en el análisis NIRS han sido:

1. Lectura y registro de los espectros de reflectancia en un espectrofotómetro monocromador Foss NIRSystem 6500. Se utilizaron muestras recogidas en los años 2001, 2002 y 2004, evaluadas en diferentes ambientes (Mabegondo en A Coruña y Puebla de Brollón en Lugo) y recogidas en distintas fechas de maduración (desde la sexta hasta la novena semana de maduración tras la floración femenina). Las muestras fueron secadas previamente en estufa de aire forzado durante 18h a 80°C y posteriormente molidas a 1 mm en un molino de martillos Christy-Norris 82". Se tomaron dos submuestras de cada muestra que se leyeron una vez en la zona espectral comprendida entre 1100-2500 nm utilizando para ello cápsulas redondas de cuarzo.
2. Se seleccionaron al azar el 10% de las muestras reservándolas como grupo de validación.
3. Se seleccionaron en el 90% restante, las muestras representativas del grupo de calibración, basándonos en el análisis de componentes principales y con la opción SELECT. En total se utilizaron 267 muestras, 246 en calibración y 21 en validación.
4. Se utilizaron dos métodos estadísticos para la obtención de las ecuaciones NIRS: PLS (mínimos cuadrados principales) y MPLS (mínimos cuadrados principales modificados). Utilizando estos métodos se realizó la regresión entre los datos espectrales y los de referencia. Los espectros fueron tratados previamente mediante SNV y De-trend (Barnes et al., 1989). Se probaron dos procedimientos matemáticos, la primera y segunda derivada, utilizando 4 y 8 grupos de validación cruzada.
5. La validación de todas las ecuaciones se realizó mediante regresión lineal entre los datos NIRS y los datos de laboratorio para validación.
6. 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 los valores más elevados de los coeficientes de determinación en calibración (R^2c) y en validación (R^2p).
7. Las muestras de validación que se presentaron como outliers se unieron a las del grupo de calibración a fin de conseguir la ecuación final y siguiendo para ello el mismo proceso que en el apartado 4.
- 8.

Los datos de referencia del análisis *in vitro* de la DMO de la planta entera para la validación se llevó a cabo según los métodos convencionales (Castro, 1994). Se utilizaron 6 testigos en cada tanda de análisis, tres procedían de silos de maíz analizados *in vivo* y los otros tres a híbridos de maíz recolectados en diferentes semanas de maduración (semanas sexta, octava y décima a partir de la fecha de floración femenina) y pertenecientes a los ciclos FAO 200, 300 y 400.

A fin de poder estimar la variabilidad en la calidad nutritiva de los híbridos evaluados, se analizaron mediante NIRS otros caracteres de valor nutritivo como son: contenido de proteína bruta (PB); de fibra neutro detergente (FND); contenido de almidón (ALM) y fibra ácido detergente (FAD). Las estimaciones de dichos parámetros fueron realizadas según técnicas y ecuaciones citadas en Campo y Moreno-González (2003) y desarrolladas con anterioridad por el Laboratorio Agrario y Fitopatológico de Galicia.

En el análisis estadístico de los resultados se realizó un análisis combinado para tres ambientes utilizando el programa PROC GLM del programa SAS. La separación de medias para los

híbridos se llevó a cabo mediante el test LSD cuando se obtenía un test significativo ($p < 0,5$) en el ANOVA.

Resultados y discusión

Ecuación de calibración NIRS en la estimación de DMO de la planta entera

Los datos de calibración de la ecuación definitiva se presenta en la Tabla 1. Las ecuaciones obtenidas a partir del procedimiento estadístico de MPLS, la segunda derivada y cuatro grupos de validación cruzada permitieron obtener las estimaciones más exactas. Los errores estándar de calibración y validación cruzada (SEC y SECV) fueron 2,33 y 2,41 respectivamente y el coeficiente de determinación en calibración (R^2c) fue 0,64. El error estándar de validación (SEP) fue de 2,13 y el coeficiente de determinación en validación (R^2p) alcanzó el 0,77. La exactitud en la determinación de DMO de planta entera puede considerarse aceptable aunque es susceptible de poder mejorarse.

El error típico de validación cruzada es inferior al alcanzado en otros trabajos sobre ensilados de maíz (Castro et al., 2001), con valores de 2,79 y ligeramente superior a los resultados obtenidos por Boever et al. (1997), con un SECV de 2,1 aunque en ambos casos las estimaciones NIRS se realizaron teniendo como referencia digestibilidades de la materia orgánica *in vivo* en silos de maíz. Cozzolino et al. (2000) consiguieron muy buenas predicciones para DMO de la planta entera en $g\ kg^{-1}$ MS analizando 290 muestras y utilizando el procedimiento estadístico de MPLS. En este caso el R^2c fue de 0,98 y SECV de 17,8. Los resultados de Lovett et al. (2004) fueron de $R^2c = 0,74$ y SECV de $12\ g\ kg^{-1}$ MS.

Tabla 1: Valor nutritivo y digestibilidad, modelo de ajuste y estadísticos de calibración por NIRS para varios caracteres nutritivos de la planta entera de maíz.

Carácter	Valores de laboratorio		Modelo de ajuste		Estadísticos de calibración				
	Media	SD	PE	TM	Nc	SEC	R^2c	SECV	SD/SECV
DMO	69,48	4,02	MPLS	2d	246	2,33	0,64	2,41	1,67
*PB	7,16	1,08	PLS	1d	92	0,35	0,87	0,39	2,77
*FND	48,44	6,96	PLS	1d	93	2,47	0,85	2,72	2,56
*ALM	25,36	7,66	PLS	1d	94	2,25	0,89	2,51	3,05
*FAD	26,13	4,54	PLS	1d	87	1,42	0,87	1,65	2,75

DMO: digestibilidad de la materia orgánica; PB: proteína bruta; FND: fibra neutro detergente; ALM: almidón; FAD: fibra ácido detergente. PE: procedimiento estadístico; MPLS: mínimos cuadrados principales modificados; PLS: mínimos cuadrados principales. TM: tratamiento matemático; 2d: segunda derivada; 1d: primera derivada.

SEC: error estándar de calibración; SECV: error típico de validación cruzada

R^2c : coeficiente de determinación en calibración; SD: desviación estándar; Nc: n° de muestras en calibración.

*ecuaciones desarrolladas por el Laboratorio Agrario y Fitopatológico de Galicia

Precisión de las estimaciones NIRS

Se seleccionaron 22 muestras al azar pertenecientes a los mismos ensayos sobre los cuales se seleccionaron las muestras de validación y calibración para desarrollar la ecuación NIRS de DMO. Estas muestras se analizaron en el laboratorio con el fin de determinar el ajuste entre las predicciones del análisis NIRS y el análisis *in vitro* para DMO. En la Tabla 2 se muestra la relación entre las estimaciones NIRS y los resultados obtenidos en laboratorio. El coeficiente de variación (cv) es sensiblemente más bajo en las estimaciones del análisis NIRS como cabía esperar. El coeficiente de correlación entre ambos métodos de predicción alcanzó de 0,76 con una $p = 0,0001$ lo que indica que la ecuación NIRS para predecir la DMO de la planta entera puede mejorarse considerablemente. Brichette et al. (2000) estimaron en 0,88 el coeficiente de correlación entre las estimaciones DMO NIRS e *in vitro* para la parte verde de la planta y Lovett et al. (2004) estimaron un coeficiente de correlación entre 0,6 y 0,8 para planta entera de silos de maíz.

Según algunos autores (Park et al., 1998) la exactitud de las ecuaciones puede valorarse utilizando la relación SD/SECV donde SD es la desviación estándar de los valores de laboratorio de las muestras de calibración. Si este cociente es superior a 2,5 y a 3 la calibración es adecuada para análisis cualitativos y cuantitativos respectivamente. En la Tabla 1 se muestran los estadístico de calibración de todos los caracteres evaluados. En estas calibraciones los valores SD/SECV se encuentran entre 2,56 y 3,05 para todos los caracteres excepto DMO que sólo alcanza el 1,67. Valores similares fueron presentados por Lovett et al. (2004), 1,8. Según estos resultados la ecuación para DMO podría mejorarse aumentando el número de muestras de calibración, ampliando así su rango de predicción y aumentando también el coeficiente de correlación en el análisis de regresión. En definitiva podemos afirmar que el método NIRS puede ser utilizado para determinar DMO, FND, ALM, FAD y PB. Cozzolino et al. (2000) también concluyen que el método NIRS es una buena técnica para la determinación de DMO *in vitro*, FND, FAD y proteína cruda de la planta entera de maíz.

Tabla 2: DMO de la planta entera de maíz forrajero *in vitro* y estimación con el método NIRS de las 44 muestras (22 híbridos en dos repeticiones).

Híbrido	DMO			
	<i>in vitro</i>		NIRS	
	Repetición 1	Repetición 2	Repetición 1	Repetición 2
EC221B x EC136	65,38	63,75	67,01	66,62
EC175 x EC49A	58,58	59,65	64,43	64,87
EC185 x EC49A	63,09	62,14	69,22	68,61
EC136 x EC209	65,58	64,63	67,74	67,39
EC133A x EC49A	59,61	60,51	66,42	66,51
MAVERIK	74,25	74,44	70,89	70,81
EC185A x EC209	72,84	72,47	69,67	69,70
EC46 x EC136	70,30	71,72	67,32	67,30
EC47 x EC136	71,31	71,39	68,60	68,05
Clarica	69,39	68,78	69,79	70,27
Hórreo 400	72,69	72,68	71,23	71,40
Clarica	70,75	71,35	70,97	71,09
Xuncal	76,85	76,51	71,01	72,96
Maguellan	77,15	77,32	73,27	72,85
Hórreo 400	76,68	75,48	73,05	72,93
Maguellan	78,33	78,87	72,76	72,76
DK-485	77,60	76,97	74,65	74,86
Surtep	74,73	75,44	70,03	70,91
Maguellan	78,34	79,02	73,77	73,72
Clarica	79,56	79,15	72,04	73,04
Maverik	78,90	78,33	72,30	73,19
Maguellan	75,07	76,42	75,38	75,17
Media	72,14		70,60	
c.v.	6,12		2,82	

c.v: coeficiente de variación.

Variabilidad de la calidad nutritiva de los híbridos experimentales de maíz forrajero

En la Tabla 3 se presentan los cuadrados medios del análisis combinado de los ambientes sobre el valor nutritivo de la planta entera. Se encontraron diferencias significativas entre los ambientes para los caracteres FND, ALM y FAD pero no entre los híbridos. Lo contrario pasa con DMO y PB ya que en este caso las diferencias fueron significativas entre los híbridos ($p < 0,01$ y $0,001$ respectivamente) pero no lo fueron entre los ambientes. Campo y Moreno-González (2005) tampoco encontraron diferencias significativas entre los años para la DMO de planta entera y si las hallaron para la parte verde ($p < 0,001$). Como además tampoco encontramos diferencias significativas en la interacción ambiente*híbrido podemos afirmar que tanto las estimaciones de DMO como PB no se ven afectadas por el ambiente y por lo tanto estos caracteres se pueden utilizar para determinar cuales son las mejores variedades. FAD

también puede utilizarse para determinar las mejores variedades pues presentó también una interacción ambiente*híbrido no significativa pero las estimas de FAD en las variedades si se ven afectadas por el ambiente.

Tabla 3: Cuadrados medios del análisis combinado en tres ambientes para varios caracteres relacionados con el valor nutritivo de la planta entera de híbridos de maíz forrajero.

Fuente de variación	gl	DMO	PB	FND	ALM	FAD
Ambiente	2	71,78ns	1,26ns	166,30**	675,25***	115,63**
rep(ambiente)	6	14,49**	1,07***	15,03ns	29,04*	9,73ns
ambiente*híbridos	54	5,90ns	0,12ns	11,00*	18,98**	5,92ns
híbridos	27	13,69**	0,50***	17,78ns	25,16ns	9,32ns
Error	54	5,89	0,12	11	18,96	5,92
c.v (%)		2,99	5,57	6,39	11,21	10,12
LSD(5%)híbridos		2,35	0,34	3,21	4,21	2,35

DMO: digestibilidad de la materia orgánica; PB: proteína bruta; FND: fibra neutro detergente; ALM: almidón;

FAD: fibra ácido detergente. Todas las unidades en % y estimadas mediante la técnica NIRS.

gl: grados de libertad. LSD: mínimas diferencias significativas entre los híbridos ($p < 0,05$)

Tabla 4: Medias de los caracteres del valor nutritivo en la planta entera de los híbridos forrajeros evaluados en 2004 y 2005 mediante NIRS.

Híbrido	DMO	PB	FND	ALM	FAD
CIAM 1	69,0	6,5	45,3	24,1	24,1
CIAM 2	68,8	6,9	42,8	29,4	21,9
CIAM 3	69,1	6,4	42,2	30,5	21,7
CIAM 4	69,8	6,7	43,9	25,7	23,1
CIAM 5	69,9	6,7	42,7	29,2	22,1
CIAM 6	69,1	6,4	42,4	28,7	22,6
CIAM 7	69,6	6,5	43,6	26,5	22,8
CIAM 8	69,4	6,5	42,6	28,1	22,2
CIAM 9	68,1	6,5	44,0	27,5	23,4
CIAM 10	68,2	6,9	41,8	30,5	21,5
CIAM 11	66,2	6,4	45,1	28,6	24,4
CIAM 12	70,2	6,9	42,7	27,2	22,2
CIAM 13	68,3	6,8	43,2	29,1	22,8
CIAM 14	68,3	6,2	42,1	29,8	22,1
CIAM 15	68,5	6,5	44,2	28,7	23,1
CIAM 16	69,9	6,9	41,2	29,4	20,8
CIAM 17	69,1	6,9	42,2	28,8	21,8
CIAM 18	70,8	6,6	40,0	29,4	20,6
CIAM 19	70,4	6,5	41,5	28,9	21,5
CIAM 20	71,7	7,1	42,1	26,7	21,4
CIAM 21	69,1	6,5	40,5	31,5	21,1
CIAM 22	70,2	6,7	43,4	27,0	22,6
CIAM 23	69,5	6,8	41,3	31,3	21,2
CIAM 24	67,3	6,2	45,0	27,5	24,0
CIAM 25	68,6	6,8	43,7	28,4	22,8
FURIO	68,7	6,1	45,6	26,8	24,0
MAVERIK	72,1	6,6	42,7	27,8	21,6
CLARICA	69,4	6,6	41,9	29,8	21,7
Media híbridos	69,2	6,6	42,8	28,5	22,3
Media testigos	70,1	6,4	43,4	28,1	22,4
LSD(5%)híbridos	2,35	0,34	3,21	4,21	2,35

DMO: digestibilidad de la materia orgánica; PB: proteína bruta; FND: fibra neutro detergente; ALM: almidón; FAD: fibra ácido detergente. Todas las unidades en %.

LSD: mínimas diferencias significativas entre los híbridos ($p < 0,05$)

En la Tabla 4 se muestran las medias de los caracteres de nutrición de la planta entera de los híbridos evaluados mediante predicciones NIRS. De los cinco caracteres analizados solamente encontramos diferencias significativas entre los híbridos para DMO y PB. Los valores medios entre

los híbridos experimentales y los testigos fueron muy similares siendo un poco mayores para los híbridos en cuanto a contenido de PB y algo superiores para la media de los testigos en DMO. En ambos casos las diferencias entre las medias no fueron significativas.

De los 25 híbridos experimentales evaluados cinco de ellos presentaron digestibilidades con valores por encima del 70% y por encima de la media de los híbridos testigos. El híbrido CIAM 20 alcanzó el valor más alto de digestibilidad dentro de los híbridos experimentales evaluados, con un valor de 71,7 y con la concentración más alta de proteína, el 7,1%. El segundo híbrido con mejor calidad nutritiva fue CIAM 18 que consiguió un 70,8% de digestibilidad, los valores más bajo de fibra con un 40% de FND y el 20,6% de FAD, así como un alto porcentaje de contenido en almidón (29,4%). Los híbridos CIAM 19, CIAM 22 y CIAM 12 también alcanzaron digestibilidades y concentraciones protéicas por encima de los híbridos testigos analizados.

Conclusiones

Los valores de predicción de la ecuación desarrollada para el carácter DMO de la planta entera son aceptables tratándose del carácter de digestibilidad, pero deben de mejorarse ampliando el grupo de calibración con nuevas muestras consiguiendo así ampliar el rango de predicción de la ecuación. Las estimas de la digestibilidad de la materia orgánica en la planta entera mediante NIRS son válidas para discriminar los mejores híbridos ya que no se ve afectado por el ambiente y tampoco se ha encontrado una interacción significativa entre ambientes e híbridos. Podemos afirmar que de los 25 híbridos evaluados cinco han destacado por su alto valor nutritivo y por lo tanto poseen buena aptitud forrajera.

Como conclusión final añadir que la técnica NIRS puede utilizarse para determinar la digestibilidad de la materia orgánica en la planta entera de maíz y es válida para evaluar la calidad nutritiva de la planta entera en su conjunto.

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.

BRICHETTE, I.; CASTRO, P.; LOPEZ, A.; MORENO-GONZALEZ, J., 2000. Actualización de la calibración NIRS para estimar la digestibilidad de la materia orgánica en 28 ecotipos de maíz del Norte de España. *III Reunión Ibérica de Pastos y Forraxes*, 391-397.

CAMPO, L.; MORENO-GONZÁLEZ, J., 2003. Evaluación del rendimiento, digestibilidad y otros caracteres de maíz forrajero en diferentes fechas de recolección. *Pastos, desarrollo y conservación*. XLIII Reunión Científica de la SEEP, 277-283.

CAMPO, L.; MORENO-GONZÁLEZ, J., 2005. Estudio del efecto de la fecha de recolección en la calidad nutritiva y rendimiento del maíz forrajero (*Zea mays* L.). *Producciones agroganaderas: Gestión eficiente y conservación del medio natural*. XLV Reunión Científica de la SEEP, v. II, 641-648.

CASTRO, P., 1994. *Espectroscopía de reflectancia en el infrarrojo cercano (NIRS) y evaluación nutritiva de pastos*. Tesis doctoral, pp.121, Universidad de Santiago (España).

CASTRO, P.; FLORES, G.; GONZÁLEZ-ARRÁEZ, A.; CARDELLE, M., 2001. Predicción del valor nutritivo de ensilados de maíz mediante NIRS. *XLI Reunión científica de la SEEP*, 407-411. Ed. Centro Iberoamericano de la Biodiversidad. Alicante (España).

COZZOLINO, D.; FASSIO, A.; GIMENEZ, A., 2000. The use of near-infrared reflectance spectroscopy (NIRS) to predict the composition of whole maize plants. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **81**, 142-146.

DE BOEVER, J.L.; COTTYN, B.G.; DE BRABANDER, D.L.; VANACKER, J.M.; BOUCQUÉ, Ch.V., 1997. Prediction of the feeding value of maize silage by chemical parameters, in vitro digestibility and NIRS. *Animal Feed Science and Technology*, **66**, 211-222.

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.

LOVETT, D.K.; DEAVILLE, E.R.; MOULD, F.; GIVENS, D.I.; OWEN, E., 2004. Using near infrared reflectance spectroscopy (NIRS) to predict the biological parameters of maize silage. *Animal Feed Science and Technology*, **115**, 179-187.

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 and Technology*, **72**, 155-167.

ZIMMER, E.; GURRATH, P.A.; PAUL, CH.; DHILLON, B.S.; POLLER, W.G.; KLEIN, D., 1990. Near infrared reflectance spectroscopy analysis of digestibility traits of maize stover. *Euphytica*, **48**, 73-80.

Agradecimientos

Los autores agradecen la financiación recibida del Plan Gallego de Investigación y Desarrollo e Innovación Tecnológica, proyecto nº PGIDIT03RAG50301PR. Agradecen así mismo la inestimable ayuda de J. M. Rodríguez Méndez y D. Labraña Barredo así como a todo el personal de campo del CIAM que ha colaborado activamente en este proyecto.

NIRS CALIBRATION TO PREDICT IN VITRO ORGANIC MATTER DIGESTIBILITY OF THE WHOLE PLANT IN HYBRIDS OF FORAGE MAIZE

Summary

In the selection of forage hybrids adapted to the North of Spain is needed to improve the lodged plants, the ear and stover yield and looks for improving the nutritive value and the quality of the whole maize plant. The Near Infrared Reflectance Spectroscopy (NIRS) was used to predict the chemical composition of maize crop (*Zea mays* L.). The objectives of this work were (1) to create a specific equation to determine the in vitro organic matter digestibility (IVOMD) of the whole plant by NIRS, (2) to assess the precision of the equation NIRS in the study of this parameter of nutritive quality and (3) to assess the variation for nutritive value of 28 experimental forage maize hybrids. 267 samples of whole maize plant were grown in three environments and different dates for harvesting. The potential of NIRS to predict the digestibility of the whole plant was acceptable. The predictions would help to select better hybrids since IVOMD is not affected by the environment. The precision NIRS calibration equation developed could be improved if more samples were included in the calibration set.

Keywords: NIRS, *Zea mays*

Recursos Silvopastorales





“Sistemas multi-agentes aplicados
al sistema silvopastoral”

CONFERENCIA SESIÓN IV: Silvopastoralismo



Michel Etienne
INRA (Avignon)

RECURSOS SILVOPASTORALES

“Sistemas multi – agentes aplicados al sistema silvopastoral”

CONFERENCIA SESIÓN IV: SILVOPASTORALISMO

**Michel Etienne
INRA (Avignon)**

SISTEMAS MULTI-AGENTES APLICADOS AL MANEJO SILVOPASTORAL

MICHEL ETIENNE
INRA – Unidad de Ecodesarrollo
Site Agroparc – 84914 Avignon Cedex 9
Telf: 33 432 722 577 Fax: 33 432 722 562
* etienne@avignon.inra.fr

Resumen

En materia de silvopastoralismo se trata de manejo de complejidad y de uso múltiple. Ayudar a la decisión implica entonces de moverse desde sistemas expertos o modelos de optimización hacia soportes a procesos de decisión colectiva; Después de una breve presentación de los sistemas multiagentes, se comparan tres tipos de aplicación al manejo silvopastoral desarrollados en Francia, a tres niveles de complejidad : la finca, el monte, y el paisaje. Finalmente, se discute la manera más eficaz para diseñar estos tipos de modelos y utilizarlos para acompañar decisiones colectivas relativas al manejo silvopastoral.

Palabras claves: sistema multiagente, manejo silvopastoral, acompañamiento, decisión colectiva

Introducción

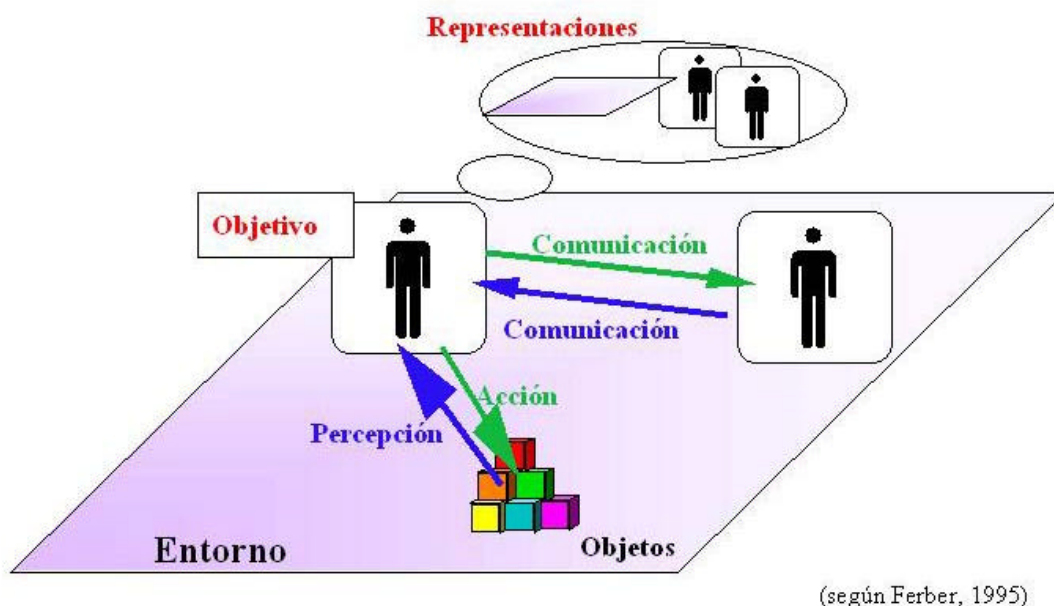
La baja productividad de muchos montes en Francia, en particular en las zonas de montañas y en el área mediterránea ha llevado muchos gestores a imaginar planes de manejo basados en el uso múltiple del bosque y la diversificación de las prácticas de manejo con el fin de movilizar otros recursos que la leña o la madera (Rapey et al., 2001). Esta diversificación puede implicar diferentes actores y genera a menudo tensiones o conflictos con las sociedades locales.

En este contexto, la capacidad de los campesinos a poner en práctica técnicas silvopastorales está limitada por la disponibilidad de sistemas de ayuda a la decisión capaces de anticipar estos problemas y de evaluar los efectos de estas prácticas sobre todos los actores del territorio y según diferentes puntos de vista.

Esta comunicación propone de inventariar las potencialidades de uso de los sistemas multiagentes para acompañar toda persona interesada en el silvopastoralismo a evaluar su capacidad a diversificar la producción de los montes y a fomentar la multifuncionalidad de los ecosistemas forestales. Para eso, se comparan tres tipos de aplicación al manejo silvopastoral desarrollados en Francia, a tres niveles de complejidad : la finca, el monte, y el paisaje. Estos ejemplos ilustran como un sistema multiagente es capaz de integrar metas de producción forestal y ganadera así como también objetivos de conservación de la naturaleza o de diversificación de los paisajes. Finalmente, se discute como estos modelos participan a procesos de decisión colectiva o sirven de soporte para compartir conocimientos sobre sistemas silvopastorales.

Sistemas multiagentes y modelación de acompañamiento

Los sistemas multiagentes constituyen una familia de modelos particularmente adaptados para simular sistemas complejos donde interfieren dinámicas ecológicas y dinámicas sociales. Cuando están utilizados en el marco del manejo de recursos naturales renovables, están diseñados para dar cuenta de los diferentes componentes del entorno, de las relaciones entre grupos sociales y de las interacciones entre las prácticas de los principales actores del sistema y los procesos naturales en juego (Le Page et al., 2004). Consideran el entorno como un conjunto de objetos sobre los cuales un panel de agentes toman decisiones en función de cómo perciben estos objetos, de los intercambios que tienen a propósito de ellos con otros agentes y de la representación global del sistema que se construyen. Tienen además la capacidad de actualizar esta representación midiendo, de manera periódica, ciertos indicadores que consideran como pertinentes para decidir o no de una acción particular.



En situaciones complejas, los procesos de decisión son evolutivos, iterativos y continuos, y el desafío está en imaginar cómo integrarlos correctamente durante un proceso de decisión colectiva. Es la meta principal de la modelación de acompañamiento que propone herramientas para facilitar la explicitación de puntos de vista y de criterios subjetivos entre diferentes gestores de un mismo espacio, territorio o recurso (Commod, 2006).

Manejo de finca y diversificación

Encuestas realizadas en un amplio rango de fincas dispuestas a experimentar técnicas silvopastorales para diversificar sus producciones o ajustarse a las nuevas prioridades de la política agrícola de la Unión Europea han mostrado la importancia de criterios otros que económicos para tomar esta decisión. Algunos consideran el árbol como un medio estético para proveer abrigo a los animales o mejorar el entorno de su casa de campo, otros ven en el árbol la herramienta más eficaz para obtener forraje de buena calidad en verano, evitar cosechar heno y por lo tanto ahorrar trabajo (Etienne y Rapey, 1999a). Todos están interesados en imaginar cómo se transformaría su finca si se generalizaba un manejo silvopastoral.

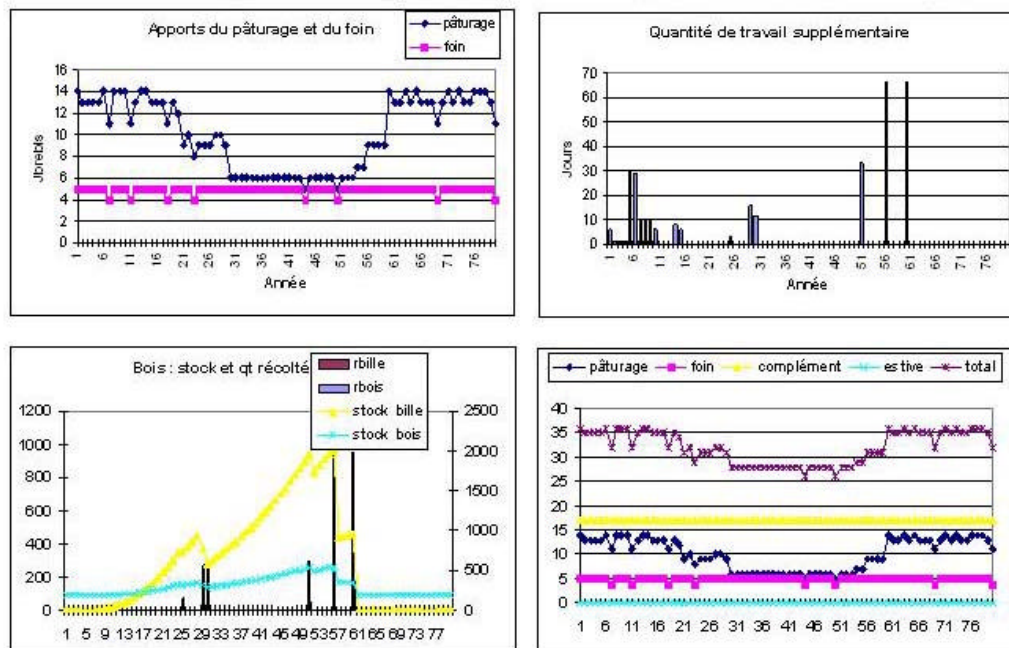
Con este objeto, se desarrolló un modelo multiagente para co-construir con los agricultores interesados un plan de manejo silvopastoral y evaluar sus consecuencias tanto sobre aspectos productivos que socio-económicos o ecológicos. El espacio representa el territorio verdadero de la finca bajo la forma de un automata celular. Cada pixel de la red corresponde a 324 m² y contiene numerosos atributos permitiendo de visualizar el parcelario, el uso del suelo, las infraestructuras, las entidades de manejo, etc...

El sistema posee una biblioteca de modelos biofísicos capaces de calcular el crecimiento del pasto cada mes, el crecimiento de los arboles cada año y de simular la variabilidad de las condiciones climáticas, según la región de Francia en que uno se encuentra. Una vez entradas las características del rebaño, el modelo propone un manejo del pastoreo garantizando un aprovechamiento maximal del forraje disponible en función de los requerimientos de los animales. Se pueden ajustar estas reglas de decisión hasta que el ganadero este complacido con el modo de manejo propuesto por el modelo.

Una vez validado el modelo inicial, el agricultor esta invitado a interactuar con el sistema multiagente proponiendo un plan de manejo silvopastoral de su finca. Este se presenta bajo la forma de un calendario de trabajos donde se mencionan la técnica silvopastoral elegida, la parcela concernada, la superficie por tratar y la fecha de aplicación (año y mes). El modelo propone 6 técnicas posibles que pueden ser asociadas o no a la siembra de especies forrajeras : plantar arboles en cultivos forrajeros, plantar arboles en un pastizal, plantar arbustos forrajeros, plantar un seto, aclarar un bosque o desbrozar.

Una vez implementado el proyecto, el agricultor puede visualizar sus consecuencias sobre el territorio de su finca o gracias a una serie de indicadores (gráficos). Se puede lanzar la simulación del proyecto el número de veces deseado y segun cualquier punto de vista, para comparar el impacto espacial sobre diferentes aspectos tales como la estacionalidad de la producción forrajera, la carga animal, la cubierta forestal, el color de las parcelas,... (Etienne y Rapey, 1999b). Se puede analizar la evolución con el tiempo de varios indicadores a la vez, superponiendo por ejemplo los gráficos de la cantidad de leña en pie con la cantidad de leña explotada y el tiempo dedicado a esta actividad.

• Indicadores gráficos (pastoreo, trabajo, madera, forraje)



Manejo de monte y prevención de incendios

En la región mediterránea francesa, la asociación entre silvopastoralismo y prevención de incendios ha tomado mucho auge durante los últimos 20 años. La acumulación de conocimientos técnicos, la generalización de la ordenación silvopastoral a todos los tipos de montes mediterráneos y la aplicación del manejo silvopastoral a todo un abanico de sistemas ganaderos han llevado los servicios de extensión a promover fuertemente los sistemas silvopastorales en Corsica, Languedoc y Provençe. La amplitud del fenómeno y el tamaño creciente de las superficies involucradas ha generado un real potencial de conflictos de uso entre forestales, ganaderos, cazadores, conservacionistas y otros usuarios del monte. Para anticipar esta situación y facilitar la concertación entre los diferentes actores, se implementó un proceso de modelación de acompañamiento aplicable a los tres principales tipos de montes mediterráneos de Francia : el alcornocal, el encinar, el robledal.

El proceso siguió 3 etapas (Etienne, 2004) :

- 1) integración en un sistema multiagente de los conocimientos científicos sobre dinámicas forestales, producción forrajera, sensibilidad a los incendios, técnicas de desbroce, prácticas silvícolas y manejo del ganado
- 2) simplificación del modelo bajo la forma de un juego de roles basado en entidades de manejo simples e involucrando solamente 5 tipos de actores (forestales, ganaderos, cazador de perdiz, cazador de jabali, conservacionista)
- 3) puesta en situación de los actores involucrados en o afectados por los planes de manejo silvopastorales, en el marco de sesiones de "juego" con el modelo para observar y discutir sobre sus reacciones frente a la dinámica del monte, el pastoreo, el riesgo de incendios, y las diferentes percepciones de cada uno sobre los recursos o el impacto de sus acciones.

El bosque está representado por una red cuadrada de 100 parcelas de 10 ha identificadas por la estructura de la vegetación (cobertura de pastos, arbustos y árboles). Tres cartas virtuales correspondiendo a los tres tipos de montes antes mencionados son disponibles y pueden ser elegidas a la demanda. La sesión de juego dura 10 vueltas de 1 año cada una, cada vuelta siendo dividida en 10 períodos. Cada vuelta alterna fases de decisiones individuales donde cada jugador aplica su propia estrategia en función de sus propios recursos (dinero, forraje, madera) y fases de decisiones colectivas donde cada uno debe esforzarse a aportar sus ideas a la elaboración de un plan de manejo silvopastoral.

Durante las fases individuales, el ganadero define su calendario de pastoreo y afecta su rebaño a las parcelas más convenientes en función del clima indicado por el ordenador. El forestal define sus objetivos prioritarios e imagina la manera más eficiente para prevenir los incendios. Los cazadores deciden de la intensidad y de la localización de sus extracciones.



Durante las fases colectivas, la negociación esta limitada en tiempo (10 minutos) y dedicada a saber que hacer para mejorar el estado del monte. Asi se lleva a cabo una confrontación de puntos de vista y una concertación contradictoria para decidir donde intervenir, con que técnica y quien paga. Cuatro técnicas pueden aplicarse : sembrar pasto, aclarar bosque, reforestar, explotar bosque. Al final de cada vuelta, el modelo simula el efecto de las acciones acordadas y actualiza todos los puntos de vista.

Inmediatamente despues del juego, un largo tiempo esta dedicado a analizar los resultados cuantitativos (ganancias, indicadores), los comportamientos individuales (actitudes, discursos) y colectivos (alianzas, tomas de poder) y las dinámicas provocadas (puntos de vista). Existe tambien la posibilidad de comparar la partida jugada con partidas registradas que se visualizan de manera acelerada.

El análisis de los 32 partidos jugados con verdaderos actores han permitido identificar diferentes modos de acuerdo y diferentes estrategias de ordenación espacial en función de criterios tecnicos o sociales (Etienne, 2003). Han permitido sobretodo una mejor comprensión mutua de los participantes y la puesta en marcha de planes de manejo concertado mucho mas conviviales. El éxito de este proceso ha llevado varios organismos o colectividades territoriales a solicitar la adaptación de este modelo a situaciones similares ligadas a la prevención de incendios tales como las interacciones entre expansión forestal, urbanización y abandono de la agricultura.

Manejo de paisaje y conservación de la biodiversidad

Para luchar contra la expansión natural de los bosques sobre ecosistemas originales de pastizales o para valorizar economicamente areas marginales de montaña donde una sola actividad no es capaz de generar un ingreso decente para una familia, varios institutos técnicos han promocionado el silvopastoralismo como una alternativa interesante de manejo de los paisajes. En ambos casos, los gestores de los territorios correspondientes están confrontados a tres cuestiones : , como hacer comprender a un panel de varios tipos de actores que están todos sometidos a la misma dinámica ecológica, como anticipar la dinámica de un territorio sujeto a estrategias de manejo contrastadas y a veces contradictorias, como evaluar simultáneamente valores productivos y valores patrimoniales.

El proceso de modelación de acompañamiento intentó conjugar saberes científicos y saberes prácticos o locales para co-construir un sistema multiagente y utilizarlo para imaginar alternativas de manejo y medir sus consecuencias sobre la dinámica del paisaje (Etienne et al., 2003). El proceso se demoró 2 años y siguió las siguientes etapas (Etienne y Le Page, 2002) :

- 1) integración en un sistema multiagente (SMA) de los conocimientos científicos sobre dinámicas forestales, sistemas ganaderos y biología de las especies por conservar en prioridad
- 2) validación del SMA con los actores locales e integración de saberes locales sobre prácticas de manejo y reglas de decisión
- 3) simplificación del SMA bajo la forma de un juego de roles basado en entidades de manejo simples e involucrando solamente 4 tipos de actores (forestales, ganaderos, conservacionistas y decisores públicos)
- 4) puesta en situación de los actores involucrados en o afectados por el proceso ecológico de expansión de los pinos, en el marco de sesiones de "juego" con el modelo para sensibilizarlos a esta dinámica del monte, crear una conciencia colectiva de la necesidad de reflexionar junto a una manera concertada de encauzar este proceso
- 5) movilización de los actores y políticos locales frente a esta situación
- 6) elaboración de un plan de manejo concertado agrupando 28 agricultores, 5 forestales y 2 conservacionistas
- 7) utilización del SMA para verificar el efecto de las operaciones programadas sobre la dinámica de los pinos

El modelo simula las interacciones entre actividades agrícolas, actividades forestales y dinámicas ecológicas a través del flujo de pinos, de los desplazamientos de los rebaños, de la explotación de los bosques y de la transmisión de las fincas. Los agentes están todos implicados en la dinámica del espacio natural pero según escalas de tiempo o de espacio muy diferentes. Algunos ven el proceso de expansión de los pinos como un problema (pérdida de biodiversidad, reducción de la capacidad sustentadora de los pastizales), como un beneficio (aumento de la producción de leña y madera, humidificación de los suelos) o lo ignoran (ganaderos con ovejas de leche). La concertación alrededor del modelo dejó libre la imaginación y construcción de estrategias alternativas de manejo y permitió la creación de alianzas originales, en particular cuando se evocaron alternativas de manejo silvopastoral. Estas fueron las únicas propuestas originando un debate sobre el porvenir del territorio a largo plazo, y la aparición de consensos tripartitos (asociación de ganaderos con forestales y conservacionistas) a pesar de la emergencia de dos opciones: una con prioridad a los pastos, otra con prioridad a la madera (Etienne et al., 2003).

Enfoques similares se están desarrollando en Reservas de la Biosfera (RB) donde el silvopastoralismo aparece como una alternativa viable al mantenimiento de la biodiversidad de ecosistemas de pastizales junto con la de ecosistemas forestales. Es el caso en la RB del Mont Ventoux con la conservación simultánea de la vibora de Orsini y del abeto a través del manejo de rebaños de ovinos, o en la RB de los Vosges du Nord con la conservación de los humedales de fondo de valle y la regeneración de los alnos cenagosos por el pastoreo de "highland cattle".

Conclusiones

Los sistemas multiagentes constituyen un excelente objeto intermedio para facilitar el intercambio entre conocimientos científicos y saberes prácticos. Su utilización en el dominio del silvopastoralismo son extremadamente prometedores ya que son capaces de representar eficazmente interacciones entre varios actores y varios recursos. Su uso para simular planes de ordenamiento o para facilitar la concertación han mostrado su capacidad en acompañar decisiones colectivas relativas al manejo silvopastoral.

Bibliografía

BOUSQUET F., BARRETEAU O., D'AQUINO P., ETIENNE M., BOISSAU S., AUBERT S., LE PAGE C., BABIN D. AND CASTELLA JC. 2002. Multi-agent systems and role games : an approach for ecosystem co-management. In Janssen M (Ed), Complexity and ecosystem management: the theory and practice of multi-agent approaches, Elgar Publishers, Northampton, :248-285.

COMMOD 2006. Modélisation d'accompagnement. In: Modélisation et simulation multi-agents pour les sciences de l'homme et la société: une introduction. F. Amblard y D. Phan (eds), Hermes-Sciences & Lavoisier, Paris, :217-228

ETIENNE M., LE PAGE C., 2002. Modéliser les dynamiques paysagères pour accompagner un projet d'aménagement du territoire : le cas du Causse Méjan. Actes colloque Gérer les paysages de montagne pour un développement concerté et durable (Florac, France, Février 2002) 15 p.

ETIENNE M., LE PAGE C., COHEN M. 2003. A step-by-step approach to building land management scenarios based on multiple viewpoints on multi-agent system simulations. Journal of Artificial Societies & Social Simulations 6(2) <http://jasss.soc.surrey.ac.uk/6/2/2.html>

ETIENNE M. 2003. SYLVOPAST a multiple target role-playing game to assess negotiation processes in sylvopastoral management planning. Journal of Artificial Societies & Social Simulations 6(2) <http://jasss.soc.surrey.ac.uk/6/2/5.html>

ETIENNE M. 2006. Silvopastoral management in temperate and Mediterranean areas: stakes, practices and socio-economic constraints. In: Silvopastoralism and sustainable land management, Mosquera-Losada M-R., Mc Adam J., Rigueiro-Rodriguez A. (eds), CABI Publishing, Wallingford, :299-311

ETIENNE M., RAPEY H. 1999A. Analyse par simulation de l'effet de techniques agroforestières sur le fonctionnement d'exploitations agricoles. In Bois et forêts des agriculteurs, Cemagref ed, :115-136

ETIENNE M., RAPEY H. 1999B. Simulating integration of agroforestry into livestock farmers' projects in France. Agroforestry Systems 43 : 257-272

LE PAGE C., D'AQUINO P., ETIENNE M., BOUSQUET F. 2004. Processus participatifs de conception et d'usage de simulations multi-agents. Application à la gestion des ressources renouvelables . In: Systèmes multi-agents: défis scientifiques et nouveaux usages. Boissier O., Guessoum Z. (eds), Hermès, Paris, :33-46.

RAPEY H., LIFRAN R., VALADIER A., 2001. Identifying social, economic and technical determinants of sylvopastoral practices in temperate uplands: results of a survey in the Massif Central region of France. Agricultural Systems, 69, 119-135.

INFLUENCIA DE LA ENCINA SOBRE LA CALIDAD BROMATOLÓGICA DE COMUNIDADES HERBÁCEAS ANUALES EN DEHESAS: CONSECUENCIAS SOBRE EL MANEJO SILVOPASTORAL

* GUILLERMO GEA IZQUIERDO^{1*}; ISABEL CAÑELLAS¹;
MARÍA B. PEÑA²; GREGORIO MONTERO¹

¹CIFOR-INIA. Crta. La Coruña km 7,5. 28040 Madrid, España.

²Laboratorio Arbitral Agroalimentario. Crta. La Coruña km 10,700. 28023 Madrid

*Email: guigeiz@inia.es

Resumen

El efecto del árbol sobre las comunidades herbáceas y arbustivas en los sistemas adehesados españoles comenzó a ser objeto de estudio a partir de los años 60 al observarse que las condiciones climáticas y edáficas varían bajo las copas de los árboles. La influencia del árbol puede variar dependiendo del ecosistema y así como la influencia sobre la biodiversidad y la producción en comunidades de anuales-vivaces ha sido muy estudiada, el efecto sobre la bromatología del pasto, particularmente en comunidades de anuales, está aún por analizar. Por este motivo, se planteó el presente trabajo, sobre el efecto de la producción en comunidades de anuales. Se seleccionaron 10 unidades experimentales (árboles) y en cada una de ellas dos orientaciones opuestas Noreste (NE) Suroeste (SO) y 8 puntos de muestreo en cada una de las direcciones distribuidas a distancias proporcionales al tamaño de la copa. Se estimó la producción en mayo de 2004 en cada uno de esos puntos y se realizaron análisis de la composición química de dicho material vegetal (proteína, fibra bruta, calcio, fósforo, potasio, magnesio y cobre). La orientación y la distancia al árbol afectaron al valor bromatológico del estrato herbáceo, creándose ambientes diferenciados según, posiblemente, gradientes de fertilidad y microclima. La presencia del árbol provocó un incremento de algunos nutrientes en los tejidos vegetales, como fue el caso del potasio y el calcio, mientras otros, como la proteína bruta y el magnesio, no parecieron verse afectados. Mientras, el contenido en fósforo se vio negativamente influido por la copa, siendo mayor en el exterior de la copa y en la orientación NE. Finalmente, la fibra bruta aumentó en las localizaciones más soleadas, posiblemente como consecuencia de la fenología. La caracterización del efecto del árbol sobre la calidad bromatológica y la producción son un requisito fundamental para implementar modelos de gestión silvopascícola sostenible para sistemas silvopastorales y comprender los ciclos de nutrientes de dichos ecosistemas.

Palabras clave: modelos silvopascicultura, interacción árbol-pasto, proteína, minerales.

Introducción

La dehesa es un sistema agrosilvopastoral tradicional antrópico extendido por Oeste y Suroeste peninsular (Vicente y Fernández Alés, 2006). Se desarrolla sobre suelos pobres, generalmente arenosos, con pH ácido y bajo contenido en materia orgánica. Existe una redistribución de agua y nutrientes según la topografía ondulada que presentan, y las especies vegetales responden a esta redistribución de los recursos, diversificándose en un mosaico de comunidades de diferente composición, fenología y producción. El binomio árbol-pasto es la base del sistema. La reducción de la insolación y pérdidas por irradiación, así como la protección frente al viento, suavizan las temperaturas extremas y mejoran el balance hídrico (Joffre y Rambal, 1993). Además, la deposición de hojarasca combinada con el efecto atractivo que supone para los animales la protección de su copa, provocan un incremento de la fertilidad edáfica en la zona de influencia del árbol (Escudero *et al.*, 1985; Rhoades, 1997). Por esta razón, el árbol añade un elemento de heterogeneidad ecológica espacial extra, produciéndose un cambio de especies

entre las comunidades situadas bajo la copa y las de fuera. Pese a que por las condiciones más eutróficas bajo la copa se produce un empobrecimiento en la diversidad de las comunidades que crecen bajo ella, la biodiversidad global (β) del sistema se ve incrementada (Marañón, 1986).

Actualmente el ecosistema de dehesa se encuentra muy amenazado, por la falta de regeneración y envejecimiento del arbolado y el cambio en los usos tradicionales. Por ello es necesario desarrollar modelos de silvopascicultura sostenible que permitan restaurar y garantizar la persistencia del sistema, y optimizar sus producciones y beneficios, respetando la biodiversidad. En cualquier modelo a desarrollar será necesario considerar la densidad de arbolado y su relación con el pasto herbáceo. Existen múltiples estudios, tanto en dehesas como otros sistemas agroforestales, acerca de la influencia del árbol sobre diferentes factores ecológicos. En dehesas han sido estudiadas la biodiversidad (Marañón, 1986), la fertilidad edáfica (Gallardo, 2003), el ciclo de nutrientes (Escudero *et al.*, 1985) y la calidad del pasto (Puerto y Rico, 1996). La variación en el sentido de esta interacción en función de factores ecológicos como precipitación, fertilidad y manejo del ganado, o el efecto sobre distintas comunidades (anuales, anuales-vivaces) no ha sido del todo caracterizada, estando centrados los estudios sobre calidad y su relación con el árbol en vallicares. En este estudio se analiza la relación con el árbol del contenido en proteína, fibra, P, K, Ca, Mg y Cu, de una comunidad de herbáceas anuales en un año de precipitación superior a la media. El objetivo final de este estudio preliminar es valorar y cuantificar la extensión de la influencia de la copa en árboles aislados para futuros modelos de selvicultura sostenible y avanzar en el estudio del ciclo de nutrientes en dehesas.

Material y métodos

El estudio se ha desarrollado en el Dehesón del Encinar (Torralba de Oropesa, Toledo). La finca posee una extensión de 725 ha, y está situada a 330 m sobre el nivel del mar. El clima es continental mediterráneo. El sustrato es arenoso con pH ácido y bajo contenido en materia orgánica. El período de estudio correspondió a la temporada 2003-2004, muestreándose al final de mayo. La precipitación media de los últimos 30 años es de 572 mm, recogándose entre septiembre de 2003 y agosto de 2004 782,3 mm, de los cuales 357,1 cayeron entre septiembre y noviembre, y 214,1 mm entre marzo y mayo.

Se seleccionaron diez encinas situadas en una zona de topografía llana en una masa mixta encina-alcornoque. Se eligió una muestra de árboles aislados sobre una comunidad herbácea de especies anuales, por ser el grupo más extendido en las dehesas situadas al Sur del Sistema Central y haber sido menos objeto de estudio la relación de su calidad con la presencia árbol. Todos los árboles fueron seleccionados de tal modo que en primavera la sombra de los árboles circundantes no influyera sobre los puntos de muestreo. Para aislar el efecto del árbol sobre el pasto herbáceo, además de elegir la zona con pendiente nula se evitaron árboles bajo los cuales crecían comunidades muy nitrófilas, no localizándose bajo ningún árbol arbustos o matas. En cada árbol se acotaron al pastoreo 16 puntos de muestreo divididos según dos factores: (1) Orientación: 8 puntos en dirección NE y 8 en dirección SO, según las orientaciones de mínima y máxima insolación respectivamente; (2) Distancia al tronco: en cada orientación, los 8 puntos de muestreo se situaron según distancias proporcionales al radio de copa medido en ese rumbo, por tanto, a $1/4R$ (siendo R el radio de copa correspondiente al rumbo), $2/4R$, $3/4R$, R , $5/4R$, $6/4R$, $7/4R$ y $2R$.

El pasto fue cortado a ras de suelo en abril-mayo de 2004 en cuadrículas de 20x50 cm. Posteriormente se secó en estufa a 60°C durante 48 horas para estimar la producción en biomasa seca del pasto. Los análisis bromatológicos se efectuaron en el Instituto Arbitral Agroalimentario (http://www.mapa.es/alimentacion/pags/laboratorio/LE390_REV6.pdf). La proteína fue estimada por el Método Kjeldahl, la fibra bruta por gravimetría, el P por espectrofotometría y el K, Ca, Mg y Cu por espectroscopia atómica en plasma de acoplamiento inductivo (ICEP-AES). Debido a la correlación espacial detectada entre las observaciones de una variable procedentes de un mismo árbol las variables dependientes (proteína bruta, fibra bruta, P, K, Ca, Mg, Cu) se analizaron mediante el ajuste de un modelo mixto lineal. La

expresión del modelo correspondiente a la v -ésima observación de la variable Y medida en el árbol u sería $Y_{uv} = X_{uv}\beta + Z_{uv}b + \epsilon_{uv}$; donde, X_{uv} es la matriz de efectos fijos asociada a esa observación; β es el vector que contiene los efectos fijos; Z_{uv} es la matriz de efectos aleatorios; b es el vector que contiene los efectos aleatorios asociados a cada árbol, indicador de la variabilidad entre individuos, y que se distribuye de acuerdo a una normal de media cero y matriz de varianza G ; ϵ_{uv} es un término aleatorio del error intra-árbol, distribuido según una normal de media 0 y matriz de varianza R . Esto implica que la variable Y se distribuye según una normal de media $X\beta$ y varianza $V = ZGZ' + R$. Para estudiar las diferencias entre grupos se usaron contrastes (Verbeke y Molenberghs, 2000). Salvo donde se indica, en todos los test se utiliza un nivel de significación $\alpha = 0,05$. En el proceso de análisis se utilizó el procedimiento MIXED del paquete estadístico SAS 9.1. (SAS Inst., 2004).

Tabla 1. Medias y desviaciones típicas (entre paréntesis) de las 7 variables estudiadas según distancia al tronco (2R, ..., 1/4R, donde R=radio copa) y orientación (NE=Noreste; SO=suroeste).

	1/4R	2/4R	3/4R	R	5/4R	6/4R	7/4R	8/4R	Media
	8,0	7,6	8,1	9,4	8,7	8,1	9,0	8,8	8,5
Proteína bruta	(1,3)	(0,7)	(1,0)	(1,4)	(1,6)	(1,5)	(2,3)	(1,7)	(1,5)
(%)	8,1	8,1	8,8	8,0	8,6	7,7	8,6	8,5	8,3
Media	(1,9)	(1,1)	(2,0)	(1,4)	(2,1)	(1,5)	(2,4)	(1,9)	(1,8)
	8,1	7,8	8,5	8,7	8,7	7,9	8,8	8,6	8,4
	(1,6)	(0,9)	(1,6)	(1,5)	(1,8)	(1,4)	(2,3)	(1,8)	(1,6)
	33,0	32,4	31,5	31,2	30,6	31,4	27,8	30,0	31,1
Fibra bruta	(3,1)	(1,8)	(2,0)	(1,8)	(2,3)	(3,2)	(3,2)	(3,7)	(2,9)
(%)	32,1	32,2	32,4	33,0	33,4	34,5	31,5	31,5	32,6
Media	(2,4)	(1,6)	(2,2)	(1,4)	(1,8)	(2,0)	(3,3)	(2,8)	(2,3)
	32,5	32,2	23,0	32,2	32,1	33,1	29,9	30,8	31,5
	(2,7)	(1,7)	(2,1)	(1,8)	(2,4)	(3,0)	(3,7)	(3,2)	(4,3)
	0,287	0,300	0,296	0,324	0,330	0,324	0,323	0,308	0,312
Fósforo	(0,077)	(0,043)	(0,048)	(0,046)	(0,049)	(0,050)	(0,052)	(0,053)	(0,053)
(%)	0,295	0,294	0,265	0,279	0,299	0,284	0,294	0,313	0,290
Media	(0,046)	(0,055)	(0,048)	(0,046)	(0,067)	(0,073)	(0,081)	(0,078)	(0,062)
	0,291	0,297	0,281	0,302	0,315	0,304	0,309	0,311	0,301
	(0,062)	(0,048)	(0,049)	(0,051)	(0,060)	(0,064)	(0,068)	(0,065)	(0,058)
	1,599	1,547	1,441	1,399	1,269	1,263	1,202	1,099	1,352
Potasio	(0,378)	(0,271)	(0,199)	(0,214)	(0,152)	(0,192)	(0,276)	(0,280)	(0,292)
(%)	1,675	1,543	1,373	1,295	1,260	1,113	1,125	1,065	1,306
Media	(0,402)	(0,257)	(0,235)	(0,329)	(0,330)	(0,275)	(0,283)	(0,180)	(0,346)
	1,637	1,545	1,407	1,347	1,265	1,188	1,164	1,082	1,329
	(0,382)	(0,257)	(0,215)	(0,275)	(0,250)	(0,243)	(0,275)	(0,230)	(0,320)
Calcio	0,747	0,727	0,623	0,669	0,682	0,595	0,719	0,607	0,671
(%)	(0,350)	(0,227)	(0,149)	(0,144)	(0,170)	(0,132)	(0,405)	(0,242)	(0,241)

		0,768	0,717	0,678	0,599	0,679	0,534	0,594	0,619	0,649
	SO	(0,304)	(0,149)	(0,188)	(0,133)	(0,380)	(0,173)	(0,134)	(0,096)	(0,217)
	Media	0,758	0,722	0,651	0,634	0,681	0,565	0,657	0,613	0,660
		(0,320)	(0,187)	(0,168)	(0,139)	(0,286)	(0,153)	(0,300)	(0,179)	(0,229)
		1506,6	1554,0	1508,6	1564,2	1561,2	1517,9	1511,7	1414,2	1517,3
	NE	(240,0)	(133,0)	(187,6)	(216,9)	(188,3)	(261,9)	(334,9)	(255,0)	(228,1)
Magnesio		1616,9	1596,5	1455,8	1342,3	1417,4	1351,6	1542,6	1662,4	1498,2
	SO	(257,1)	(248,6)	(266,1)	(267,8)	(293,0)	(315,4)	(343,6)	(375,1)	(308,1)
(ppm)		1561,8	1575,3	1482,2	1453,3	1489,3	1434,8	1527,2	1538,3	1507,7
	Media	(248,6)	(195,3)	(225,7)	(263,1)	(250,8)	(294,8)	(330,6)	(337,1)	(270,4)
		4,4	4,9	4,9	5,3	5,4	5,4	6,0	5,3	5,2
	NE	(0,818)	(0,738)	(0,994)	(1,160)	(0,849)	(0,715)	(1,563)	(1,494)	(1,133)
Cobre		5,4	4,8	4,9	4,8	4,9	5,2	5,2	5,2	5,0
	SO	(1,733)	(0,979)	(0,876)	(0,789)	(0,876)	(1,317)	(0,919)	(1,033)	(1,076)
(ppm)		4,9	4,8	4,9	5,1	5,1	5,3	5,6	5,3	5,1
	Media	(1,415)	(0,847)	(0,912)	(0,999)	(0,876)	(1,035)	(1,314)	(1,251)	(1,104)

Resultados

Las medias y desviaciones típicas de las variables estudiadas se muestran en la tabla 1 y en la Figura 1. La producción de pasto fue mayor en los puntos situados bajo la copa y en la orientación más soleada (suroeste). Los resultados de producción (Figura 1A) y composición del pasto se discutieron en Gea Izquierdo *et al.* (2005). La expresión del modelo ajustado fue:

$$y_{ij} = \mathbf{b}_0 + OR_i + DT_j + OR_i * DT_j + \mathbf{e}_{ij}$$

Siendo OR (orientación) y DT (distancia al tronco), los factores fijos; y_{ij} la observación de la variable dependiente (proteína, fibra, P, K, Ca, Mg, Cu) correspondiente a la orientación i ($i=(1,2)$); distancia al tronco j ($j=(1,...,8)$); β_0 es el efecto fijo correspondiente al término independiente. La correlación entre muestras dentro del mismo árbol se tuvo en cuenta ajustando la matriz R con una estructura autoregresiva de primer orden. En el modelo seleccionado $G = 0$, esto es, no se incluye ningún efecto aleatorio correspondiente al árbol (Verbeke & Molenberghs, 2000).

Ningún modelo presentó interacción significativa entre los dos efectos fijos. La proteína no varió significativamente ni según orientación ($F_{1,134}=0,23$; $p=0,6319$) ni según distancia al tronco ($F_{7,113}=0,77$; $p=0,1003$) (Figura 1B). Según la figura 1D, los niveles de fósforo son mayores en la orientación NE salvo en los dos puntos más cercanos al tronco y el más alejado, como si la sombra redujera los niveles de fósforo. El contraste excluyendo los puntos a 1/4R, 2/4R y 2R entre NE y SO dan una diferencia significativa al 10% ($F_{1,41}=3,63$; $p=0,0638$). La fibra bruta es mayor en la orientación más soleada a partir de 3/4R (Figura 1C), lo cual confirman los test: la orientación ($F_{1,29}=4,45$; $p=0,0452$) y la distancia al tronco muestran diferencias significativas ($F_{7,89}=4,82$; $p<0,001$). El potasio (Figura 1E) decrece según nos alejamos del tronco ($F_{7,122}=8,44$; $p<0,001$), no mostrándose diferencias según orientaciones ($F_{7,31}=0,43$; $p=0,5150$). El calcio (Figura 1F) no muestra diferencias entre observaciones ($F_{1,34}=0,18$; $p=0,6773$), siendo mayor los niveles de calcio en las dos localizaciones situadas más cerca del tronco ($F_{1,106}=5,21$; $p=0,0244$). El magnesio (Figura 1H) no mostró diferencias ni entre distancias ($F_{7,125}=1,03$; $p=0,7815$) ni entre orientaciones ($F_{1,35}=0,08$; $p=0,7815$).

Finalmente, el cobre no presenta diferencias significativas entre orientaciones ($F_{1,30}=0,33$; $p=0,5689$) pero sí entre las dos distancias más alejadas del tronco y las dos situadas más cerca del tronco ($F_{1,93}=4,55$; $p=0,0356$): el contenido en cobre aumenta con la distancia al tronco, al menos en el NE.

Discusión

En este trabajo sólo se incluyen los valores de un año, por lo que los resultados mostrados deberían confirmarse con datos de otros años con diferente régimen pluviométrico, ya que este influye en la dinámica de las comunidades anuales y por tanto en su calidad bromatológica. Las plantas varían su contenido en ciertos nutrientes dependiendo del estado fenológico, por lo que algunas relaciones pueden variar según la época de muestreo. Este es el caso del contenido en fibra y el fósforo (Montalvo *et al.*, 1982), siendo probable que la diferencia entre SO y NE sea debida a una fenología más avanzada en la orientación más soleada. De este modo se extendería ligeramente el período de aprovechamiento del pasto con la presencia del árbol, e incluso dentro de la copa en el NE respecto al SO. Además se aprecia que el efecto del árbol (y por tanto de la modificación de las condiciones microclimáticas y edáficas) es diferente según la variable que estudiemos, pudiendo ser positivo, indiferente o negativo. Cada variable debería ser estudiada por separado a la hora de planificar su aprovechamiento. Se han apreciado diferencias según la distancia, lo cual concuerda con la bibliografía (Montalvo *et al.*, 1980; Escudero *et al.*, 1983; Puerto y Rico, 1984), aunque no todas las variables estudiadas varían de igual manera que en los estudios consultados (Montalvo *et al.*, 1980; Puerto y Rico, 1984). Parte de las diferencias observadas se podrían explicar por las comunidades distintas analizadas (Puerto y Rico, 1996): nosotros estudiamos una comunidad de anuales subnitrófila, mientras los autores anteriores se centraban en vallicares (Montalvo *et al.*, 1980; Puerto *et al.*, 1984). Además, se ha mostrado una diferencia por orientaciones en algunos elementos (fibra, fósforo), así como la posible existencia de tres ambientes: (1) los dos puntos más próximos al tronco, donde no hay diferencias entre observaciones, probablemente por una disminución parecida de la luminosidad y un incremento similar de la fertilidad; (2) los dos puntos más exteriores de la copa, donde la fertilidad sigue siendo superior respecto al exterior pero se aprecia un aumento progresivo de la luminosidad; (3) las localizaciones fuera de la copa, donde la fertilidad es inferior respecto de las muestras bajo la copa, y donde posiblemente el efecto de sombra de la copa se va reduciendo progresivamente (por tanto incremento progresivo en luminosidad). Este efecto se aprecia en elementos como K, P, Ca o Cu y deberá ser contrastado con medidas de insolación recibida.

Hay varios factores que no se tienen en cuenta en este trabajo y que podrían explicar estas diferencias. Las relaciones discutidas podrían variar en otras épocas del año, como se ha comentado, o cuando otro factor (luz, fertilidad, agua) sea el limitante (García-Ciudad *et al.*, 1997; Pérez-Corona *et al.*, 1998; Vázquez de Aldana *et al.*, 2000) dentro de un mismo sistema.

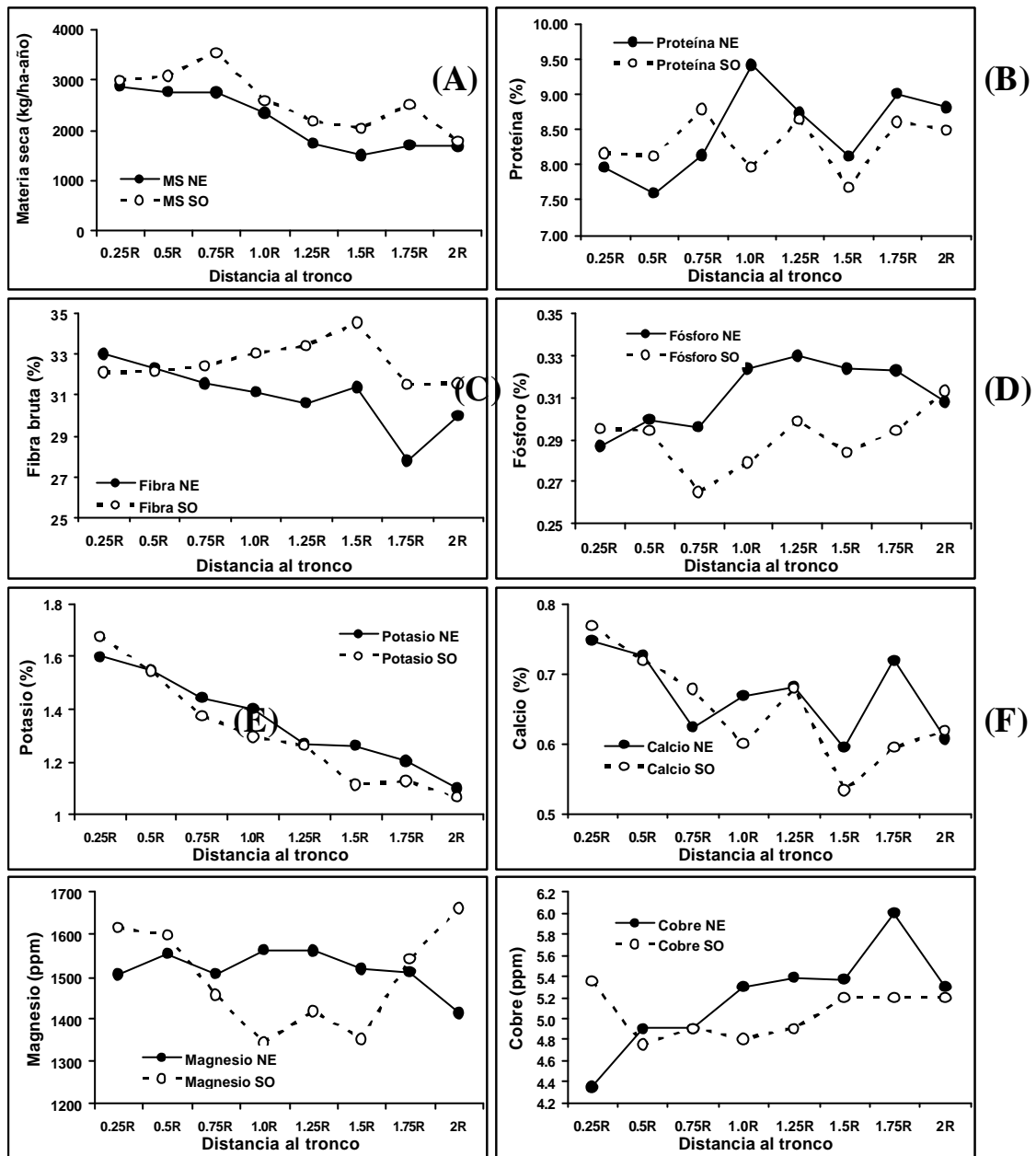


Figura 1. Medias según distancias al tronco y orientación para las variables estudiadas.

Conclusiones

La presencia del árbol hace variar la calidad del pasto herbáceo. Existen diferencias en la calidad del pasto no sólo bajo la copa respecto del exterior, si no también según la situación dentro de la copa (distancia al tronco y orientación). La presencia del árbol afecta de modo diferente a distintos parámetros bromatológicos. En el futuro se deberán integrar estos efectos en modelos silvopastorales a escala de paisaje y en ciclos de nutrientes según diferentes escenarios climáticos y selvícolas.

Bibliografía

- ESCUADERO, A.; MONTALVO, M.I.; GARCÍA CRIADO, B.; GÓMEZ GUTIÉRREZ, J.M. 1983. Estudio comparativo de la movilización de bioelementos por los subsistemas arbóreo y herbáceo del ecosistema de Dehesa. *Pastos* 13:9-20.
- ESCUADERO, A.; GARCÍA, B.; GÓMEZ, J.M.; LUIS, E. 1985. The nutrient cycling in *Quercus rotundifolia* and *Quercus pyrenaica* ecosystems ('dehesas') of Spain. *Acta Oecologica/Oecologia Plantarum* 6:73-86.
- GALLARDO, A. 2003. Effect of tree canopy on the spatial distribution of soil nutrients in a Mediterranean Dehesa. *Pedobiologia* 47:117-125.
- JOFFRE, R.; RAMBAL, S. 1993. How tree cover influences the water balance of mediterranean rangelands. *Ecology* 74 (2): 570-582.
- GARCÍA CIUDAD, A., RUANO RAMOS, A.; VÁZQUEZ DE ALDANA, B.R.; GARCÍA CRIADO, B. 1997. Interannual variations of nutrients concentrations in botanical fractions from extensively managed grasslands. *Animal Feed Science and Technology* 66:257-269.
- GEA IZQUIERDO, G.; CAÑELLAS, I.; CALAMA, R.; SÁNCHEZ, M.M.; MONTERO, G. 2005. Influencia de la encina sobre el pasto: consecuencias sobre el manejo silvopastoral. *IV Congreso Forestal Español, Zaragoza*.
- MARAÑÓN, T. 1986. Plant species richness and canopy effect in the savanna-like "dehesa" of SW-Spain. *Ecologia Mediterranea* 12:131-141.
- MONTALVO, M. I.; GARCÍA, B.; LUIS, E.; GÓMEZ, J.M. 1980. Influencia del arbolado sobre la composición química de la hierba. *Anales de Edafología y Agrobiología* 39 (7-8):1287-1305.
- MONTALVO, M. I. GARCÍA, B.; GÓMEZ, J.M. 1982. Producción y composición mineral en pastizales de zona semiárida. II. Majadales. *Studia Oecologica* III:181-200.
- PÉREZ CORONA, M. E. VÁZQUEZ DE ALDANA, B.R.; GARCÍA CRIADO, B.; GARCÍA CIUDAD, A. 1998. Variation in nutritional quality and biomass production of semiarid grasslands. *Journal of Range Management* 51:570-576.
- PUERTO MARTÍN, A. RICO, M.; GÓMEZ GUTIÉRREZ, J.M.; GARCÍA RODRÍGUEZ, J.A.; RODRÍGUEZ GONZÁLEZ, R. 1984. Influencia de la encina sobre la composición química del estrato herbáceo. *Studia Oecologica* V:151-168.
- PUERTO, A., M. RICO. 1996. Trees as a homogenizing factor of the herbaceous community structure and nutrient content in Mediterranean grasslands. *Agrochimica* XL:197-208.
- RHOADES, C. C. 1997. Single-tree influences on soil properties in agroforestry: lessons from natural forest and savanna ecosystems. *Agroforestry Systems* 35: 71-94.
- SAS INSTITUTE INC. 2004 SAS/ETS 9.1 user's guide. SAS Institute In., Cary, NC.
- 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 a 10 year period: changes in chemical composition of grasses, legumes and forbs. *Grass and Forage Science* 55: 209-220.
- VERBEKE, G.; MOLENBERGHS, G. 2000. Linear mixed models for longitudinal data.

Editorial Springer-Verlag. Nueva York.

MARTÍN VICENTE, A.; FERNÁNDEZ ALÉS, R. 2006. Long term persistence of dehesas. Evidences from history. *Agroforestry Systems* 67(1): 19-28.

Agradecimientos

Al Laboratorio Arbitral Agroalimentario, por realizar los análisis. Al Dehesón del Encinar, por permitirnos realizar el trabajo de campo y a Celia López Carrasco por su ayuda.

Holm oak influence on annual grassland nutrient content in 'dehesas': implications for silvopastoral management

Summary

The relationship between the tree and the understory can vary depending on the ecosystem. The effect of trees upon the understory in open woodlands in Spain started to be studied since the 60's from the observation that soil and climatic conditions are modified below the canopy. Especially the role played by trees and their influence on the system biodiversity but also the effect upon production in annual-perennial grasslands, have been studied. Whereas the canopy effect on pasture quality in annual grasslands, has not been studied yet. In this preliminary study we analyze the effect of isolated trees on annual grasslands in 'dehesas'. Ten experimental units (trees) were selected and within each tree 16 locations in opposite aspects (8 in the northeast and 8 in the southwest) were sampled at proportional distances to the canopy radius. Grassland production (biomass) was estimated in May 2004 and the grass nutrient content analyzed (protein, fibre, calcium, phosphorus, potassium, magnesium and copper). Aspect and distance from the tree base influenced the grass nutrient content, probably following gradients of fertility and microclimate. The presence of the tree increased the grass content of several nutrients, such as potassium and calcium, and the protein and magnesium tissue contents did not seem to be affected by the tree canopy. Whereas the phosphorus was negatively influenced by the tree canopy (higher content in the sampling points located outside the canopy and in the northeast). The fibre content was highest in the least shaded locations, most probably as a consequence of a more advanced phenology. Characterizing the effect that the presence of the tree has upon understory quality and production is necessary to implement future sustainable silvopastoral models and to achieve a better understanding of nutrient cycling within the ecosystem.

Keywords: silvopastoral models, tree-grass interaction, proteines, minerals.

UTILIZACIÓN DE LA OVEJA EN LA MEJORA DE PASTOS BAJO UN CULTIVO DE ALMENDROS: DISPERSIÓN ENDOZÓOCORA Y CAPACIDAD DE EMERGENCIA DESDE LAS HECES

MARÍA EUGENIA RAMOS, ANA BELÉN ROBLES, JUAN ANDRÉS CARDOSO, JABIER RUIZ-MIRAZO, ELSA VARELA & JOSÉ LUIS GONZÁLEZ-REBOLLAR

Estación Experimental del Zaidín
C/ Profesor Albareda, 1- 18008 Granada
Telf: +34 958 26 70 02

eugenia.ramos@eez.csic.es

Resumen

Este estudio pretende valorar la efectividad de la utilización del ganado ovino para sembrar una cubierta vegetal de interés pastoral bajo un cultivo de almendros. Se encerraron 400 ovejas en un redil durante 5 días tras haber ingerido una mezcla de semillas compuesta por *Paspalum notatum* Flügge, *Medicago sativa* L., *Vicia ervilia* (L.) Willd. y *Moricandia arvensis* (L.) DC. Se evaluó la capacidad de dispersión de las ovejas mediante el estudio de la cantidad de semillas recuperadas en las heces y la capacidad de las semillas para emerger y establecerse como plántulas en condiciones de invernadero. El porcentaje de semillas recuperadas varió entre el 14,71% en *P. notatum* y el 1,44% en *M. sativa*; mientras que la emergencia estuvo comprendida entre 0,98% en *M. sativa* y el 0% en *M. arvensis*. A pesar de los bajos valores de recuperación de semilla y la falta de resultados del establecimiento de las plántulas en campo, estimamos que esta práctica constituye una forma barata y eficaz de introducir nuevas especies de interés pastoral.

Palabras clave: Cubierta herbácea, emergencia, recuperación, dispersión de semillas, ganado ovino.

Introducción

El almendro es, tras el olivar, el cultivo leñoso de mayor importancia en Andalucía. A menudo estos agrosistemas se ubican en tierras marginales con bajos niveles de materia orgánica en el suelo y con escasa pluviometría. Tradicionalmente, la mayoría de los almendros son labrados de forma convencional para reducir la competencia con la vegetación adventicia por los recursos hídricos. Asimismo, para que los agricultores puedan recibir la subvención de este cultivo, algunos inspectores exigen que no exista cubierta herbácea, lo que les obliga a labrar 3 y 4 veces al año. Este exceso de laboreo conlleva un aumento del riesgo de erosión, debido a la ruptura de los agregados y a la pérdida de carbono orgánico (Tisdal y Oades, 1982), una disminución de la actividad biológica superficial (Carpenter et al. 2003) y un aumento de los requerimientos de combustible y horas de labor, y, por tanto, de los costes de producción. Numerosos trabajos de investigación han demostrado que la cubierta herbácea en los cultivos leñosos aportan gran cantidad de beneficios no sólo al suelo (Carpenter et al. 2003, Francia Martínez et al. 2006), sino también, al cultivo en sí, ayudando al control biológico de plagas (Ferrerres, 1997). Por este motivo, la siembra anual con cubierta vegetal entre cultivos leñosos es una práctica bastante extendida dentro del marco de agricultura ecológica.

En ciertos momentos de la fenología del cultivo, especialmente en primavera y verano, la competencia por el agua puede reducir sensiblemente la cosecha, por lo que es necesario eliminar la cubierta herbácea. Los métodos de eliminación más comunes son: control mecánico (siega y/o laboreo), control químico (herbicidas), control térmico (quemadores de propano) y “control biológico” por pastoreo. Este último método, aunque poco utilizado, resulta uno de los más interesantes, puesto que además de no requerir el consumo de combustible fósil, la biomasa

vegetal es invertida en el engorde del ganado, que a su vez incorpora materia orgánica al suelo mediante sus deyecciones.

Dentro de este marco de integración del ganado en los cultivos leñosos, nos proponemos valorar si es factible que el ganado no sólo aproveche la cubierta herbácea mediante pastoreo, sino que también sea el responsable del establecimiento de la misma.

Numerosos estudios han demostrado el papel de los herbívoros en la colonización de especies en el medio natural (Malo et al., 1995; Malo y Suárez, 1996; Nchanji y Plumtre, 2003; Traba et al. 2003), así como de la introducción de “malas hierbas” en los cultivos (Wallander et al. 1995). Sin embargo, el potencial que tiene el ganado para colaborar en la dispersión de especies beneficiosas para los sistemas agroganaderos ha sido poco estudiado.

El objetivo de este trabajo es determinar la capacidad de dispersión endozoócara del ganado ovino de cuatro especies de interés forrajero, pertenecientes a tres familias botánicas (Poaceae, Leguminosae y Cruciferae) mediante: 1) el estudio de porcentaje de recuperación de semillas, 2) el estudio de la capacidad de emergencia de las plántulas directamente desde las heces.

Materiales y Métodos

La zona de experimentación se encuentra en la finca Los Morales perteneciente a la Diputación de Granada, situada en Huéscar (norte de la provincia de Granada) a unos 1 000 m de a.s.n.m. A finales de octubre de 2005, se encerraron 400 ovejas en un redil de 1.3 ha. Se les dio a comer una mezcla compuesta por 27 kg de *Paspalum notatum*, 40 kg de *Medicago sativa* cv. Aragón (mielga Aragón), 100 kg de *Vicia ervilia* (yeros) y 1.5 kg de *Moricandia arvensis*. Las ovejas permanecieron en el redil durante 120 horas, tras el consumo de todas las semillas, teniendo libre acceso a agua y paja. Adicionalmente, cada día se les alimentó con 200 kg de avena y cebada. Veinticuatro horas después de que las ovejas dejaran el redil, se recogió una muestra representativa de 2 kg de heces, se dejó secar a temperatura ambiente y se guardó en bolsas en el laboratorio.

Para conocer el número de semillas recuperadas se tomaron 20 submuestras de heces de 10 g cada una. Las heces fueron cuidadosamente disgregadas y se anotó el número de semillas potencialmente viable (semillas intactas) para cada una de las especies

La capacidad de las semillas para emerger y establecerse como plántulas en el interior de las heces fue evaluada mediante un experimento de invernadero. Un total de 40 macetas de un litro de capacidad se rellenaron con una mezcla 8:1 de sustrato a base de turba (mezcla de turba, perlita y abono) y vermiculita. Éstas fueron repartidas equitativamente en 2 tratamientos:

- a) *Intactas*: 10 g de heces intactas fueron colocados en la superficie de cada una de las macetas.
- b) *Desmenuzadas*: 10 g de heces suavemente disgregadas con un rodillo de madera fueron colocados en la superficie de cada una de las macetas.

El experimento comenzó el 23 de febrero de 2006 y tuvo una duración de 50 días. Las macetas se colocaron en un invernadero con temperatura día/noche de 25 °C/15 °C, luz natural y humedad relativa del 70%, y fueron regadas diariamente por imbibición. El conteo de plántulas emergentes fue realizado cada día durante las 2 primeras semanas y cada 3 días hasta el final del experimento.

El número de semillas ingeridas para cada especie se calculó multiplicando el número de semillas contenidas en un gramo por el peso total de semillas ofrecidas. El número total de semillas recuperadas se calculó multiplicando el número medio de semillas obtenidas por gramo de muestra (heces) por la masa total de heces liberadas por 400 ovejas en 5 días (aproximadamente, 1400 kg, calculadas a partir del dato 700 g/día/oveja; Observación

personal). El número total de plántulas emergidas se calculó por el mismo procedimiento anterior, utilizando para los cálculos el número medio de plántulas emergidas por gramo de heces.

Las comparaciones de los porcentajes de recuperación de semillas entre especies fueron realizadas mediante el test no paramétrico de Kruskal-Wallis, y las diferencias entre rangos fueron determinadas mediante la prueba de Nemenyi, a un nivel de significación de 0.05 (Zar, 1999). Las diferencias entre especies para el porcentaje de emergencia dentro de cada tratamiento (“Intactas” y “Desmenuzadas”) se analizó mediante el test de Kruskal-Wallis y la prueba post-hoc de Nemenyi. A su vez, dentro de cada especie se utilizó el test de la t de Student para ver diferencias entre ambos tratamientos (“Intactas” y “Desmenuzadas”) o el test de Wilcoxon Mann-Whitney cuando las varianzas fueron desiguales.

Resultados

El porcentaje de recuperación ha sido moderado para algunas especies (*P. notatum* y *M. arvensis*) y bajo para las otras (*M. sativa* y *V. ervilia*, Tabla 1), con diferencias significativas entre ambos grupos ($H=46.0$, $P<0.05$).

Durante la disección de las muestras aparecieron semillas de avena y cebada (correspondientes a la ración de grano diaria que recibieron las ovejas) junto con semillas de especies arvenses que son muy comunes en la finca y que estaban mezcladas con el grano. La más abundante fue *Amaranthus blitoides*, mientras que *Camelina microcarpa* fue la más escasa (Tabla 1).

Tabla 1. Número total de semillas recuperadas y porcentaje de recuperación de *Paspalum notatum*, *Moricandia arvensis*, *Vicia ervilia* y *Medicago sativa*. Diferentes letras muestran diferencias significativas según Test de Kruskal Wallis y prueba de Nemenyi.

Especies	Nº total de semillas recuperadas	% recuperación
<i>Paspalum notatum</i> Flüggé	3 178 000	14.71 ^a
<i>Moricandia arvensis</i> (L.) DC	287 000	9.57 ^a
<i>Vicia ervilia</i> (L.) Willd.	49 000	2.45 ^b
<i>Medicago sativa</i> L	287 000	1.44 ^b
<i>Amarantus blitoides</i> S. Watson	1 372 000	
<i>Hordeum vulgare</i> L.	917 000	
<i>Avena sativa</i> L.	672 000	
<i>Vaccaria hispanica</i> (Mill.) Rauschert	91 000	
<i>Trigonella polyceratia</i> L.	14 000	
<i>Camelina microcarpa</i> Andrz.	7 000	

En cuanto a la capacidad de emergencia, cuando las heces están intactas, *M. sativa* presenta valores significativamente mayores que las otras tres especies ($H = 23.56$, $P < 0.0001$; Tabla 2). Sin embargo, cuando las heces están desmenuzadas, *M. sativa* y *P. notatum* muestran un mayor porcentaje de emergencia que *V. ervilia* y *M. arvensis* ($H = 34.81$, $P < 0.0001$; Tabla 2). En general, el estado en que se encuentren las heces (intactas o desmenuzadas) no afecta a la emergencia de las plántulas, excepto para *P. notatum*, donde el porcentaje es sensiblemente mayor para las desmenuzadas ($U = 311.5$, $P < 0.005$).

Tabla 2. Número total de plántulas emergidas y porcentaje de emergencia de *Paspalum notatum*, *Moricandia arvensis*, *Vicia ervilia* y *Medicago sativa*. Las letras muestran diferencias significativas dentro de la columna (*Intactas* o *Desmenuzadas*). El símbolo asterisco (*) indica diferencias significativas dentro de la fila (*P. notatum*).

Especies	N° total de plántulas		% emergencia	
	Intactas	Desmenuzadas	Intactas	Desmenuzadas
<i>Medicago sativa</i>	126 000	196 000	0,63 ^a	0,98 ^a
<i>Paspalum notatum</i>	49 000	210 000	0,23 ^b	0,97 ^{a*}
<i>Vicia ervilia</i>	0	7 000	0 ^b	0,35 ^b
<i>Moricandia arvensis</i>	0	0	0 ^b	0 ^b
<i>Avena sativa</i>	49 000	105 000		
<i>Hordeum vulgare</i>	21 000	70 000		
Otros	14 000	21 000		
<i>Amarantus blitoides</i>	0	21 000		
<i>Chenopodium album</i> L.	0	21 000		

Según se puede observar en la Tabla 3, la mayor parte de las semillas que se recuperan no emergen. Incluso, en *M. arvensis*, que obtuvo uno de los porcentajes más altos de recuperación, ninguna semilla logró emerger. Sólo las semillas de *M. sativa* muestran un porcentaje alto (43.75 y 68.06%) de emergencia respecto a recuperación.

Tabla 3. Porcentaje de semillas que han emergido respecto a las recuperadas.

Especies	Porcentaje de emergencia/recuperación	
	Intactas	Desmenuzadas
<i>Medicago sativa</i>	43.75	68.06
<i>Paspalum notatum</i>	1.56	6.59
<i>Vicia ervilia</i>	0	14.28
<i>Moricandia arvensis</i>	0	0
<i>Avena sativa</i>	7.29	15.63
<i>Hordeum vulgare</i>	2.29	7.63
<i>Amaranthus blitoides</i>	0	1.53

Discusión

El porcentaje de recuperación de semillas varió según las especies. *P. notatum* y *M. arvensis* presentaron los valores más altos (14.71% y 9.57%, respectivamente Tabla 1), que fueron significativamente diferentes a los obtenidos para *V. ervilia* y *M. sativa* (2.45% y 1.44%, Tabla 1). Estos resultados pueden estar relacionados con el hecho de que el porcentaje de semillas recuperadas depende fundamentalmente del tamaño, de la forma y de la dureza de las cubiertas de éstas (Russi et al. 1992; Pakeman et al. 2001). Cuanto más pequeña, más redondeada y más dura sea una semilla, mayor será la probabilidad de “escapar” de la masticación y el rumiado. Sin embargo, nuestros datos indican que semillas con tamaños y formas diferentes como son *V. ervilia* (redondeada, 4 mm de diámetro) y *M. sativa* (alargada, 1.5 x 2.5 mm) presentan valores de destrucción altos y similares. Esto puede deberse a que dichas variedades son cultivares seleccionados por su reducida dureza seminal, carácter que favorece la germinación en campo y que a su vez aumentaría la destrucción de las semillas en los procesos digestivos. Ramos et al. (2005) obtuvieron resultados similares para la recuperación de semillas en variedades cultivadas de *M. sativa* y *V. sativa* (2.1% y 1.6%, respectivamente).

Por el contrario, las semillas de *P. notatum*, con unas dimensiones (3 x 2 mm) algo mayores que *M. sativa*, mostraron un porcentaje de recuperación diez veces mayor a ésta. Ello podría ser debido a que los animales consumieron frutos enteros y no semillas limpias. Probablemente, las glumélulas de *P. notatum* protegieron al embrión del ataque de los jugos gástricos y ruminales. En el caso de *Moricandia arvensis* sus semillas son extremadamente pequeñas y ligeras (0.5 cm de diámetro y 0.5 mg), y su paso por el tracto digestivo es muy rápido, disminuyendo así la agresión de los procesos digestivos (Fredrickson et al. 1997).

En relación a las especies arvenses que aparecieron en las heces (*A. blitoides*, *C. microcarpa*, *C. albus*, *T. polyceratia*, etc.), la falta de información sobre el número de semillas ingeridas de las especies arvenses impide hacer valoraciones sobre la resistencia de éstas al paso por el tracto digestivo. Sin embargo, a la luz de los resultados, cabe destacar que el ganado es capaz de dispersar un gran número de semillas de “malas hierbas” y cereales en grano (avena y cebada suplementadas en la dieta).

El estudio de la capacidad de establecimiento de las semillas a partir de las heces indica que *M. sativa* emerge más fácilmente que el resto de las especies, para el tratamiento “Intactas”. Sin embargo, cuando las heces están disgregadas (que puede ocurrir en condiciones naturales por pisoteo, lluvia, etc.) *M. sativa* y *P. notatum* tienen valores de emergencia sensiblemente mayores que las otras dos especies. Para *M. sativa* no existen diferencias estadísticamente significativas de emergencia en función de que las heces se encuentren intactas o desmenuzadas. Sin embargo, las semillas de *P. notatum* muestran un porcentaje notablemente mayor de emergencia cuando las heces están desmenuzadas (4 veces más que para heces intactas), probablemente debido a la mayor capacidad de retención de agua de las heces disgregadas (Traveset et al. 2001; ver también resultados similares en Malo y Suárez, 1998 y Ramos et al. 2006a). La diferente ecofisiología de cada una de las especies puede ser la responsable de estas diferencias. *M. sativa* cv. Aragón es un cultivar de miega adaptada a condiciones de bajas precipitaciones, mientras que *P. notatum* requiere condiciones de humedad mayores. Esta diferencia en sus requerimientos ecológicos podría influir en las necesidades hídricas para la emergencia.

Un gran porcentaje de las semillas que se recuperan no emergen. Las causas de este hecho pueden ser: a) inviabilidad del embrión, b) inhibición de la emergencia por sustancias presentes en el estiércol c) latencia en las semillas y d) condiciones subóptimas o inadecuadas de humedad, luz y/o temperatura para la emergencia. Algunas semillas pueden ser inviables debido a los daños producidos en el embrión por la fermentación del estiércol. Por otro lado, los compuestos fenólicos y ácidos grasos presentes en el estiércol pueden actuar como inhibidores de la germinación para algunas de las especies (Traveset et al. 2001). También puede ocurrir que el paso por el tracto digestivo no haya sido suficiente para ablandar las cubiertas de las semillas y estimular la germinación, o incluso, puede que algunas especies presenten dormición fisiológica que les impide germinar a pesar de que las cubiertas son permeables al agua (Baskin y Baskin, 1998). Finalmente, unas condiciones de humedad y/o temperatura inadecuadas podrían explicar el escaso establecimiento de plántulas.

Aunque los porcentajes de emergencia son bajos, en términos absolutos, un gran número de semillas puede llegar a establecerse a partir de las heces. Dicho número puede ser incrementado, lógicamente, si se aumenta la cantidad de semillas ingeridas por el ganado. Además, el material fecal puede conferir un mayor vigor a las plántulas gracias a la liberación de nutrientes (Traveset et al. 2001; Traveset y Verdú, 2002). Adicionalmente, las semillas son distribuidas de un modo relativamente homogéneo (por lo que se minimizan las posibilidades de competencia entre las plántulas) debido a que los excrementos de oveja están formados por cagarrutas aisladas y a que las ovejas pueden caminar mientras liberan las heces. Teniendo en cuenta que cada plántula que consigue establecerse puede producir cientos o miles de semillas, podemos concluir que la utilización del ganado ovino para la implantación de cubiertas vegetales en

cultivos leñosos es una práctica viable y sostenible que beneficia al suelo, al propio cultivo, a la calidad del pasto, al ganado, y a la economía de los agricultores y/o ganaderos.

A pesar de que los datos y argumentos anteriores puedan ser optimistas en la aplicación de esta “técnica de siembra”, es lógico pensar que en condiciones naturales la emergencia y establecimiento de plántulas será menor que en condiciones de invernadero. Continuando esta línea de investigación, está previsto estudiar el establecimiento en campo de las especies utilizadas en este trabajo.

Conclusiones

- *P. notatum* y *M. arvensis* presentan el mayor porcentaje de recuperación, probablemente, debido a su menor tamaño y/o protección de las semillas.

En todas las especies, la mayor parte de las semillas que se recuperan no emergen.

- *M. sativa* y *P. notatum* muestran valores de emergencia mayores que las otras especies, por lo que quizá sean las más recomendables para su utilización en la mejora de pastos mediante dispersión endozoócora

Agradecimientos

Mi más sincero agradecimiento para el Patronato Rodríguez Penalva que nos ha facilitado las instalaciones, el ganado y el personal para la realización de este trabajo; especialmente a Ángel Revelles, Juan Ignacio Fernández, Paco, José María, Antonio, Manolo de Castelléjar, y, como no, a “la Sole”, una magnífica perra pastora.

Este trabajo forma del proyecto “Manejo ecológico de pastos y recursos ganaderos en cultivos arbolados de del sudeste español: una experiencia de gestión integrada en los altiplanos de Granada”, financiado por la Empresa Pública de Desarrollo Agrario y Pesquero de la Junta de Andalucía .

Bibliografía

BASKIN C.C. Y BASKIN J.M. 1998. Seeds. Ecology, biogeography and evolution of dormancy and germination. Academic Press, San Diego.

CARPENTER-BOGGS L., STAHL P.D., LINDSTROM M.J. Y SCHUMACHER T.E. 2003. Soil microbial properties under permanent grass, conventional tillage, and no-tillage management in South Dakota. Soil and Tillage Research 71, 15-23.

FERERES, A., 1997. Control de Insectos-Plaga en el Laboreo de Conservación. Ed.: L. García-Torres y P. González-Fernández, Córdoba, pp. 144-155.

Fredrickson E.L., Estell R.E., Havstad K.M., Ksiksi T., van Tol J.y Remmenga M.D. 1997. Effects of ruminant digestion on germination of Lehmann love-grass seed. Journal of Range Management 50, 20-26.

FRANCIA MARTÍNEZ J.R., DURÁN ZUAZO V.H. Y MARTÍNEZ RAYA A. 2006. Environmental impact from mountainous olive orchards under different soil-management systems (SE Spain). Science of the Total Environment 358, 46-60.

MALO J.E., JIMÉNEZ B. Y SUÁREZ F. 1995. Seed bank build-up in small disturbances in a Mediterranean pasture: the contribution of endozoochorous dispersal by rabbits. Ecography 18, 73-82.

- MALO J.E. Y SUÁREZ F. 1996. *Cistus ladanifer* recruitment-not only fire, but also deer. *Acta oecologica* 17, 55-60.
- MALO J.E. Y SUÁREZ F. 1998. The dispersal of a dry-fruited shrub by red deer in a Mediterranean ecosystem. *Ecography* 21, 204-211.
- NCHANJI A.C. Y PLUMPTRE A.J. 2003. Seed germination and early seedling establishment of some elephant-dispersed species in Banyang-Mbo Wildlife Sanctuary, south-western Cameroon. *Journal of Tropical Ecology* 19, 229-237.
- PAKEMAN R.J., DIGNEFFE G. Y SMALL J.L. 2002. Ecological correlates of endozoochory by herbivores. *Functional Ecology* 16, 296-304.
- RAMOS M.E., ROBLES A.B., CARDOSO J.A., RUIZ-MIRAZO, J. AND GONZÁLEZ-REBOLLAR J.L. 2005. Dispersión endozoócora por ganado ovino de cuatro leguminosas de interés forrajero. In: de la Roza Delgado B. Argamentería Gutiérrez A., Martínez Fernández A., Osoro Otaduy K (eds) *Producciones agroganaderas: Gestión eficiente y conservación del medio natural*. XLV Reunión Científica de la Sociedad Española de Estudio de los Pastos, SERIDA, Spain, pp. 923-929.
- RAMOS M.E., ROBLES A.B. AND CASTRO J. 2006A. Efficiency of endozoochorous seed dispersal in six dry-fruited species (Cistaceae): from seed ingestion to early seedling establishment. *Plant Ecology* 185, 97-106.
- RAMOS M.E., ROBLES A.B., RUIZ-MIRAZO J., CARDOSO J.A. Y GONZÁLEZ-REBOLLAR J.L. 2006B. Effect of gut pasaje on viability and seed germination of legumes adapted to semiarid environments. *Grassland Science in Europe* 11, 315-317.
- RUSSI L., COCKS P.S. AND ROBERTS E.H. 1992. The fate of legume seeds eaten by sheep from a Mediterranean grassland. *Journal of Applied Ecology*, 29, 772-778.
- TISDAL J.M. Y OADES J.M. 1982. Organic carbon and water stable aggregates in soil. *Journal of Soil Science* 31, 141-161
- TRABA J., LEVASSOR C. Y PECO B. 2003. Restoration of species richness in abandoned Mediterranean Grasslands: seeds in cattle dung. *Restoration Ecology* 11, 378-384.
- Traveset A., Bermejo T. y Willson M. 2001. Effect of manure composition on seedling emergence and growth of two common shrub species of Southeast Alaska. *Plant Ecology* 155, 29-34.
- TRAVESET A. Y VERDÚ M. 2002. A meta-analysis of the effect of gut treatment on seed germination. In: Levey D. J. and Silva W. R. (eds), *Seed dispersal and frugivory: ecology, evolution and conservation*. University of Florida, Gainesville, USA, and Universidad Estadual Paulista, Sao Paulo, Brasil, pp. 339-350.
- WALLANDER R.S., OLSON B.E. Y LACEY J.R. 1995. Spotted knapweed seed viability after passing through sheep and mule deer. *Journal of Range Management* 48, 145-149

MODELO DEHESA: SIMULACIÓN DE LA PRODUCCIÓN HERBÁCEA Y DE BELLOTA

Carlos HERNÁNDEZ DÍAZ-AMBRONA*, Juan ALMOGUERA MILLÁN & Jaime MARTÍNEZ VALDERRAMA

Grupo de Sistemas Agrarios/Departamento de Producción Vegetal: Fitotecnia
Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos

Universidad Politécnica de Madrid, Ciudad Universitaria s/n, E-28040 Madrid

Telf: +34 91 549 11 22 Fax: +34 91 544 99 83

* carlosgregorio.hernandez@upm.es

Resumen

Las dehesas constituyen un ecosistema que ocupa cerca de dos millones de hectáreas en la península Ibérica, siendo el principal medio de producción para el engorde de cerdo ibérico con bellota. En los últimos años se están aplicando distintos métodos de aforo en campo para determinar la producción de bellota. También, interesa conocer la producción herbácea. El objetivo del modelo planteado es conocer la carga ganadera más adecuada en una dehesa de encinas. Se calculan los recursos forrajeros disponibles y se cotejan con la demanda generada por una carga ganadera dada. La estructura del modelo se ha planteado para llegar a conocer diariamente la biomasa de herbazal y del encinar. En el proceso productivo resultan determinantes las restricciones de temperatura y las hídricas. El modelo DEHESA tiene tres submodelos: (i) agua del suelo; (ii) encinar y (iii) herbazal. La carga ganadera es considerada como una variable exógena, aunque en función de la producción de pasto herbáceo y la producción de bellota, el modelo devuelve la carga ganadera real mantenida con los recursos propios y la cantidad de cerdos en montanera.

Palabras Clave: Agroforestal, cerdo ibérico, pastoreo, *Quercus ilex*, VENSIM.

Introducción

El presente trabajo estudia el sistema agrario más representativo de la península Ibérica, la dehesa. Ésta no es sólo un recurso paisajístico, es también tipo de gestión humana sobre un ambiente aprovechando al máximo los recursos naturales que ofrece. Su estudio tiene como objetivo la importancia de su conservación y mantenimiento del equilibrio natural. Los sistemas adehesados son muy susceptibles a los cambios debido a que su productividad económica es bastante baja, pero son un paisaje único en el mundo cuyo origen se debe en gran parte a actividad humana a lo largo de toda la historia y además tienen un gran valor ambiental. En este trabajo se tratarán las relaciones que existen entre los elementos bióticos que forman un sistema adehesado (arbolado, pastizal y ganadería), ya que es difícil conocer el equilibrio que deben guardar entre sí, para practicar un aprovechamiento sostenible de los recursos naturales, y por tanto, poder mantener en el tiempo la capacidad productiva de este tipo de sistemas agroforestales.

El estudio se basa en una revisión bibliográfica detallada y una recopilación de datos anteriores relativos a cada uno de los elementos que forman la dehesa para poder establecer las relaciones pastizal-arbolado-ganado de forma cuantitativa mediante la confección de un modelo dinámico de simulación con soporte matemático. La ventaja de este estudio sobre otros anteriores, radica fundamentalmente en que en éste se va a tratar el funcionamiento de una dehesa en su conjunto, como un sistema, y no en el estudio de cada elemento por separado que es en lo que se han basado otros trabajos anteriores, para así poder establecer una cobertura vegetal de pastizal y arbolado en función de una carga ganadera dada.

El objetivo del modelo planteado es conocer la carga ganadera más adecuada en una dehesa compuesta por encinas y herbazal. Para ello se calculan los recursos pastables disponibles y se cotejan con la demanda generada por una carga ganadera dada.

Materiales y Métodos

El modelo se ha realizado sobre la plataforma de diseño VENSIM ® DSS versión 5.6 (The Ventana Simulation Environment), Ventana Systems Inc., que aplica la dinámica de sistemas para resolver un sistema de ecuaciones diferenciales de primer orden en el tiempo. La dinámica de sistemas sigue una metodología estructuralista para plasmar el funcionamiento interno del sistema a modelar, esto es, su estructura de relaciones causales. Ésta se concibe como un entramado de bucles de realimentación de naturaleza dinámica y no lineal.

Descripción del modelo

Los tres principales submodelos son: (i) el agua del suelo; (ii) el encinar; y (iii) el herbazal (figura 1). La carga ganadera es considerada como una variable exógena, que se podrá modificar en cada simulación.

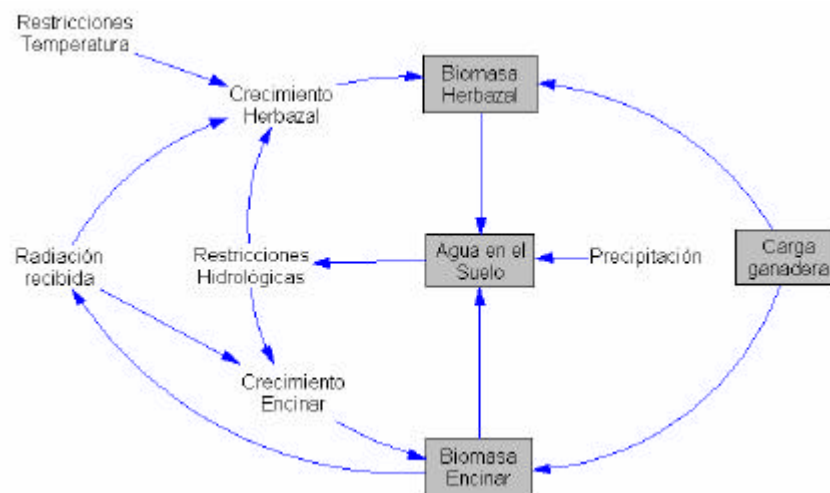


Figura 1. Arquitectura del modelo DEHESA.

El balance hídrico se establece de forma simplificada por un modelo en cascada (Ritchie *et al.*, 1988). El agua procedente de las lluvias se filtra hacia las capas inferiores del suelo a medida que se acumula en las superiores. El suelo se divide en tres horizontes de los cuales se conocen su capacidad de campo y punto de marchitez permanente. Las salidas de agua del suelo se determinan a partir de la evapotranspiración de referencia, que es calculada diariamente a partir de los valores de temperatura y radiación solar, y de la demanda de agua de transpiración que tienen el herbazal y el encinar. La extracción de agua sigue un orden de prioridad. Para el herbazal, constituido por plantas anuales, la extracción de agua sucede en función del crecimiento radical desde la superficie del suelo. Mientras el encinar formado por árboles maduros y considerando los trabajos de Moreno *et al.* (2005), podrá extraer agua de todo el perfil pero con preferencia por las capas más profundas. El submodelo biomasa del herbazal calcula la acumulación de materia seca diariamente a partir de la radiación solar disponible, agua y temperatura. La radiación solar, que dependerá de si el herbazal está sombreado o no, se multiplica por la eficiencia en el uso de la radiación. Resultado que se multiplica por el mínimo entre un factor de temperatura y otro de disponibilidad de agua.

El submodelo biomasa del encinar calcula, partiendo de los datos de densidad y considerando que todas las encinas presentes son iguales, la producción diaria de biomasa. Biomasa que se reparte entre: hojas, raíces, bellotas y biomasa aérea sin hojas (troncos y ramas).

La carga ganadera interviene en el consumo de pasto herbáceo que depende de las necesidades del ganado, obtenidas a partir del peso metabólico y las necesidades energéticas netas de cada día, y de las características del herbazal: coeficiente energético y coeficiente de digestibilidad. Se distingue entre herbazal verde (fotosintéticamente activo) y seco, priorizando el consumo del primero frente al segundo. Este consumo tiene lugar cuando la biomasa del herbazal es superior a 10 kg ha^{-1} . La consideración de esta reserva en forma de semillas permite que el herbazal siempre pueda recuperarse.

Calibración y validación del modelo DEHESA

La calibración de los parámetros del modelo se ha realizado a partir de la bibliografía que existe sobre encinas y sobre producción herbácea. La validación del modelo se ha realizado comparando la producción de bellota con datos de los aforos de montanera de Vázquez *et al.* (1999; 2000; 2002) y García *et al.* (2003; 2005), con la simulada para esos mismos años en las zonas con datos meteorológicos (estaciones agrometeorológicas de la Red de Asesoramiento al Regante de Extremadura) y con el suelo representativo (García Navarro, 2005: Catálogo de suelos de Extremadura). Lo mismo se ha hecho para validar el submodelo herbazal con datos de Ferrera *et al.* (2006). Para la validación se ha supuesto una dehesa con una densidad del arbolado de $32 \text{ árboles ha}^{-1}$ y una carga ganadera de $0,5 \text{ UGM ha}^{-1}$.

Experimentos de simulación

Es la fase de aplicación del modelo para simular situaciones que podrían ser reales. Para simplificar la fase de aplicación se van a tener en cuenta, a menos que se especifique lo contrario, los siguientes supuestos: (i) La dehesa a simular se va a ubicar en Badajoz, por lo que los datos climáticos diarios serán los correspondientes al observatorio del Instituto Nacional de Meteorología situado en Badajoz desde 1975 a 1990. (ii) Las características edafológicas de la simulación son las correspondientes al perfil suelo número 375 (García Navarro, 2005).

Resultados y discusión

Calibración del modelo Dehesa

La Tabla 1 recoge los principales parámetros con los valores iniciales adoptados en la calibración del modelo y el rango de variación encontrado en la literatura.

Validación del modelo Dehesa

Una vez hechas las simulaciones de cada una de las comarcas con los datos meteorológicos y edáficos correspondientes, se compararon dichos valores con los aforos de montanera. Se supone una dehesa tipo con una carga ganadera de 0.5 UGM ha^{-1} . Con estas hipótesis se obtuvo que la media simulada de producción de bellota para las siete comarcas durante los cinco años, es de $9,60 \text{ kg}$ de bellota por árbol, mientras la media real para el período fue de $9,73 \text{ kg}$ por árbol (figura 2 a). El error cuadrático medio (RMSE) fue $3,3 \text{ kg}$ por árbol. El error cuadrático relativo de la media (RRMSE) obtenido es cercano al 33%. En la consideración de estos errores hay que tener en cuenta el elevado coeficiente de variación de los datos medidos por Vázquez *et al.* (1999-2002) y García *et al.* (2003, 2005). El coeficiente de la masa residual (CRM) que se obtuvo (0,05) fue cercano al valor óptimo que es 0, lo que indica que el modelo estima adecuadamente el valor medio. Para el herbazal se simularon tres años (2001, 2002 y 2003) para los cuáles se dispone de datos observados. Los valores medios son muy próximos (Figura 2 b), la media de los observados es 1333 kg ha^{-1} mientras que la media de las simulaciones es de 1311 kg ha^{-1} . Por ello los únicos coeficientes estadísticos empleados para la evaluación del modelo con valores aceptables son aquellos que tienden a los valores medios. Este es el caso del error cuadrático medio (RMSE) que nos indica que la producción real del herbazal estará 200 kg ha^{-1} , y el error cuadrático relativo de la media (RRMSE) es del 15%. También el herbazal da un coeficiente de masa residual (CRM) de 0,02, que es muy próximo al óptimo. Éste sólo nos indica que los valores medios obtenidos por el modelo son buenos, pero con una ligera subestimación, ya que la media observada era mayor que la simulada.

Tabla 1. Valores de los principales parámetros calibrados del modelo Dehesa.

Parámetros	Unidades	Valor	Máximo	Mínimo
SUBMODELO ENCINAR				
Biomasa no fotosintética inicial	%	54	-	-
Biomasa de hojas verdes inicial	%	3,3	-	-
Biomasa en raíz inicial	%	42,7	-	-
Biomasa de frutos (bellotas) y flores inicial	%	0	-	-
Eficiencia en el uso de la radiación	kg ha ⁻¹ MJ ⁻¹	7,38	-	-
Coefficiente de extinción de la radiación	-	0,7	1	0
Masa foliar específica	kg ha ⁻¹	1934	2060	1800
Coefficiente de reparto de las hojas	%	17,12	18,48	16,43
Coefficiente de reparto de la biomasa no fotosintética	%	24,62	26,58	23,63
Coefficiente de reparto de los frutos (y las flores)	%	7,4	11,1	0
Coefficiente de reparto de las raíces	%	50,87	54,93	48,83
SUBMODELO HERBAZAL				
Biomasa aérea	%	80	90	70
Biomasa en raíz	%	20	30	10
Eficiencia en el uso de la radiación	Kg ha ⁻¹ MJ ⁻¹	26,4	26,4	11,12
Coefficiente de extinción de la radiación	-	0,4	1	0
Masa foliar específica	kg ha ⁻¹	400	-	-
Eficiencia en el uso del agua	Kg ha ⁻¹ mm ⁻¹	25	25	3,6
SUBMODELO PASTOREO				
Forraje residual	kg MS ha ⁻¹	500 (vacas)	500 (vacas)	200 (ovejas)
Coefficiente energético (energía bruta)	MJ (kg MS) ⁻¹	17	-	-
Coefficiente de digestibilidad de herbazal seco	%	42	-	-
Coefficiente de digestibilidad de herbazal verde	%	Variable	80	42
Peso vivo del animal (masa corporal)	kg	450 (vacas)	450 (vacas)	40 (ovejas)
Necesidades de Energía Neta diarias	kJ kg ⁻¹	335 (vacas)	335 (vacas)	251 (ovejas)
Factor de conversión de bellota en cerdo ibérico	kg bellota kg ⁻¹	13,5	-	-

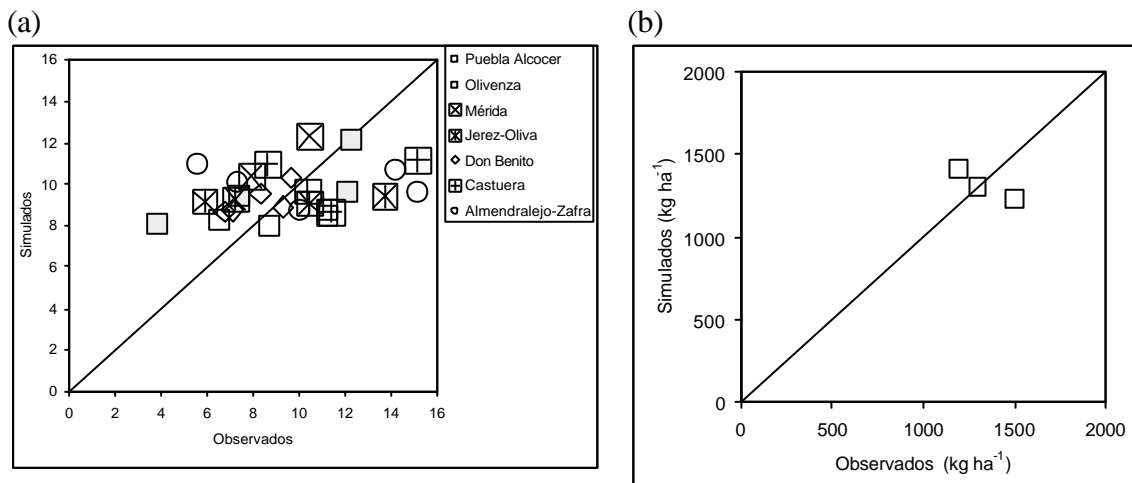


Figura 2. (a) Comparación de los datos de aforo de bellota (kg árbol⁻¹) observados en campo con los resultados de la simulación. (b) Comparación de los datos de producción de un herbazal en Navalvillar de Pela (Badajoz) simulados con el modelo Dehesa con los datos reales obtenidos por Ferrera *et al.* (2006).

Aplicación del modelo Dehesa

Teniendo en cuenta que el modelo es un buen estimador de datos medios, se ha aplicado para analizar distintas situaciones. La Figura 3 muestra un gráfico de sustitución en función del incremento de la superficie cubierta por el encinar, mostrando cómo varía la capacidad productiva medida en forma de ganado vacuno (que se alimenta solo del pasto herbáceo) y del engorde de cerdo ibérico en montanera (que se alimenta solo con la bellota), por lo que el grado de cobertura arbórea óptimo para el ganadero dependerá de la relación del valor de la producción de vacuno frente a porcino ibérico. En una situación de elevado precio del porcino, como en la actualidad, el ganadero mejorará su encinar mediante la densificación, el guiado del arbolado y las podas de rejuvenecimiento.

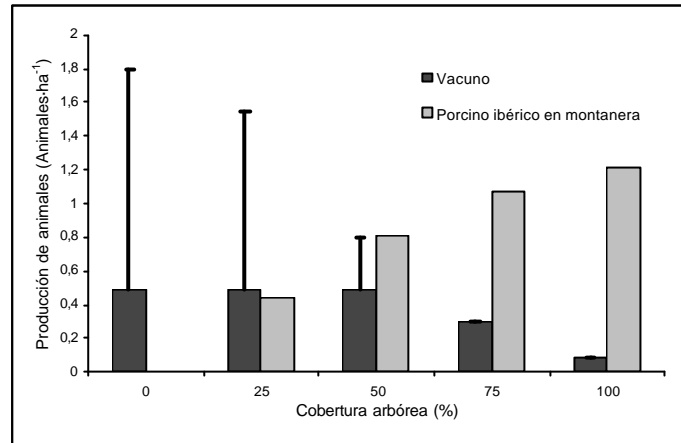


Figura 3. Producción de animales simulada en función de la cobertura arbórea para una carga ganadera de vacuno de 0,5 UGM ha⁻¹, se indica también la carga ganadera de vacuno que podría alcanzarse potencialmente (-).

Efecto del clima y del suelo

Las dehesas simuladas con suelos profundos pueden mantener cargas ganaderas altas (Tabla 2), siendo el efecto suelo mayor que el del clima en la provincia de Badajoz. El efecto suelo fue mayor en la producción herbácea que en la de bellota (Tabla 2). La competencia por el recurso agua es menor debido al supuesto inicial de que la encina empieza a extraer el agua de la parte más profunda. El efecto del clima es menos intenso que el del suelo. Para la carga ganadera de vacas el coeficiente de variación medio entre las distintas estaciones meteorológicas fue del 3,2% mientras que para los distintos suelos fue del 20,8%. Para la producción de cerdos en montanera el efecto clima da un coeficiente de variación medio del 5,4%, mientras que para el efecto del suelo fue de 8,9%.

Tabla 2. Carga ganadera real para vacuno (V, UGM ha⁻¹) y cerdos en montanera (C, cerdos ha⁻¹) simulada en diferentes dehesas cuando la carga ganadera de vacuno introducida en el sistema es de 1,4 UGM ha⁻¹, la cobertura arbórea es del 36% y el engorde en montanera de 40 kg cerdo⁻¹.

Suelo	Número de perfil	353		469		217		375		471		501		237	
	Profundidad	47		62		60		80		75		120		180	
Clase	Inceptisol		Entisol		Ultisol		Entisol		Vertisol		Vertisol		Alfisol		
	V	C	V	C	V	C	V	C	V	C	V	C	V	C	
Clima	Don Benito	0,66	0,50	0,85	0,53	1,05	0,54	1,07	0,55	1,19	0,58	1,20	0,59	1,37	0,62
	Mérida	0,72	0,48	0,92	0,53	1,11	0,54	1,14	0,55	1,27	0,58	1,30	0,58	1,37	0,65
	Madrigalejo	0,70	0,47	0,89	0,52	1,08	0,55	1,11	0,57	1,23	0,60	1,25	0,61	1,37	0,68
	Villafranca de los Barros	0,71	0,46	0,90	0,49	1,08	0,50	1,11	0,51	1,25	0,53	1,27	0,54	1,37	0,57
	Jerez de los caballeros	0,75	0,48	0,94	0,51	1,12	0,53	1,17	0,53	1,28	0,57	1,30	0,57	1,37	0,62
	Monterrubio	0,67	0,48	0,84	0,52	1,00	0,55	1,03	0,56	1,15	0,59	1,18	0,59	1,37	0,63
	Olivenza	0,72	0,46	0,91	0,51	1,08	0,53	1,12	0,54	1,25	0,57	1,27	0,58	1,37	0,63
	Badajoz	0,76	0,54	0,95	0,58	1,10	0,62	1,14	0,62	1,27	0,65	1,30	0,66	1,37	0,69
	Media	0,71	0,48	0,90	0,52	1,08	0,55	1,11	0,55	1,24	0,58	1,26	0,59	1,37	0,64

Conclusiones

Los resultados obtenidos en la aplicación del modelo son satisfactorios, en el sentido de que el modelo es sensible a diferentes escenarios (cambios en la cobertura arbórea, en el clima o en el tipo de suelo) y situaciones (variación en la carga ganadera introducida en el sistema, en el forraje residual que no se pueden comer los animales o en la especie animal introducida en el sistema –vacas u ovejas), ya que el principal objetivo de este trabajo era la construcción de un modelo que representara el funcionamiento del sistema dehesa en su conjunto. El modelo ha permitido realizar a bajo coste económico y de tiempo muchas situaciones experimentales. El modelo puede ser aplicado para estimar la producción de bellotas en diferentes situaciones de clima, suelo y dehesa.

Agradecimientos

Trabajo realizado dentro del proyecto de investigación AGL2005-03665, titulado “Modelo Teórico Agro-Forestal para la Simulación de Sistemas Adehesados” financiado por el MEC.

Bibliografía

- FERRARA, E.M.; OLEA, L.; VIGUERA, F. J.; POBLACIONES, M. J., 2006. Influence of the phosphoric fertilization in grasses of “dehesas” of degraded areas. En: *Proceedings of the 21st General Meeting of the European Grassland Federation*. Badajoz, 95-97.
- GARCÍA, D.; RAMOS, S.; BARRANTES, J.J.; BLANCO, J.; DONCEL, E.; LUCAS, A.B.; VÁZQUEZ, F.M., 2003. Estimación de la producción de bellotas de los encinares extremeños en la campaña 2003-2004. *Solo Cerdo Ibérico*, **9**, 55-62.
- GARCÍA, D.; RAMOS, S.; VÁZQUEZ, F.M.; BLANCO, J.; LUCAS, A.B.; BARRANTES, J.J., MARTINEZ, M., 2005. Estimación de la producción de bellotas de los encinares extremeños en la campaña 2004-2005. *Solo Cerdo Ibérico*, **12**, 85-93.
- GARCÍA NAVARRO, A., 2005. Catálogo de suelos de Extremadura. Disponible en <http://www.unex.es/edafo/> verificado el 30/03/2007.

VÁZQUEZ, F.M.; DONCEL, E.; MARTÍN, D.; RAMOS, S., 1999. Estimación de la producción de bellotas de los encinares de la provincia de Badajoz en 1999. *Solo Cerdo Ibérico*, **3**, 67-75.

VÁZQUEZ, F.M.; CASASOLA, J.A.; RAMOS, S.; POZO, J.; BALBUENA, E.; BLANCO, J.; DONCEL, E., 2000. Estimación de la producción de bellotas de los encinares de la provincia de Badajoz en la campaña 2000-2001. *Solo Cerdo Ibérico*, **5**, 63-68.

VÁZQUEZ, F.M.; DONCEL, E.; POZO, J.; RAMOS, S.; LUCAS, A.B.; MEDO, T., 2002. Estimación de la producción de bellotas de los encinares de la provincia de Badajoz en la campaña 2002-2003. *Solo Cerdo Ibérico*, **7**, 95-101.

RITCHIE, J.T.; GODWIN, D.C.; OTTER-NACKE, S., 1988. CERES-Wheat. Texas University Press.

MORENO, G.; OBRADOR, J.J.; CUBERA, E.; DUPRAZ, C., 2005. Root distribution in dehesas of Central-Western Spain. *Plant and Soil*, **277**, 153–162.

DEHESA MODEL: SIMULATION OF PASTURE AND ACORN PRODUCTION

Summary

The dehesa (open oak parkland) is an ecosystem close to two million hectares in the Iberian Peninsula. This agroforestry system is using to production Iberian pig feed with acorn. In the last years different methods are being applied to determine the acorn production in field. But also, it interests to know the pasture production. The objective of modelling dehesa system is to know the more suitable stocking rate for cattle, sheep and Iberian pig. The model computing daily pasture production and the forage demand by a given stocking rate. The structure of the model has considered getting to daily know the pasture and oak biomass. In the simulation process restrictions from air temperature and soil water availability are determining for productivity. The model Dehesa has three submodels: (i) soil water; (ii) oak and (iii) pasture. The initial stocking rate is considered like an exogenous variable, although in function of the production of pasture and the production of acorn, the model gives back the real stocking rate maintained with the own resources and the amount of hogs.

Key words: Agroforestry, Iberian pig, grazing, *Quercus ilex*, VENSIM

GESTIÓN AGROGANADERA DE UN ESPACIO NATURAL PROTEGIDO I. EJEMPLO DEL PARQUE NATURAL DE LA PENÍNSULA DE LLEVANT, MALLORCA (ILLES BALEARS).

AINA RIGO¹, JOSEP CIFRE¹, MAURICI RUIZ², JOSÉ FELIU DE LA PEÑA², JERÒNIA RAMON², & JAVIER GULÍAS¹

¹Departamento de Biología. Ingeniería Técnica Agrícola.

²Servei de Sistemes d'Informació Geogràfica

Universitat de les Illes Balears

Carretera Palma-Valldemossa, km. 7,5 07122 Palma

Telf.: 971 173446 Fax: 971 173184

* ainarial@yahoo.com

Resumen

El presente trabajo ofrece una propuesta de gestión del territorio del Parque Natural de la Península de Llevant y los componentes que con él interaccionan. Se trata de un paraje emblemático de poco más de 1.500 ha localizado en la costa NE de la isla de Mallorca, muy castigado por los incendios forestales y que combina espacios de vegetación natural (principalmente zacatales y acebuchales) con escenarios tradicionales de explotación agroganadera, como así lo evidencian los campos de cultivo repartidos en sus zonas más fértiles y los numerosos elementos etnológicos que allí se localizan (casas de agricultores, establos, cisternas, norias). El aprovechamiento ganadero actual es extensivo, con predominio del ovino, presencia irregular del bovino y una población importante de cabra asilvestrada. El objetivo del plan propuesto es la conservación del paisaje en mosaico característico, con la recuperación de los elementos etnológicos asociados, sin perder de vista la necesidad de controlar la vegetación natural potencialmente combustible. Se proponen una serie de mejoras de las áreas de cultivo, la preservación de los elementos etnológicos y varias estrategias de gestión de la vegetación natural con ganado para la prevención de incendios forestales.

Palabras clave: agrosistemas mediterráneos, *Ampelodesmos mauritanica*, reserva natural, silvopascicultura.

Introducción

Desde 2001 el Parque Natural de la Península de Llevant es un espacio protegido de la costa NE de la isla de Mallorca, ubicado en un paraje distinguido por un relieve agreste y sinuoso (con una cota máxima de 562 m en la Talaia Freda), una pluviometría irregular típicamente mediterránea y no excesivamente baja (500-600 mm anuales) y una vegetación caracterizada por el predominio del estrato arbustivo (*Ampelodesmos mauritanica*, *Olea europaea*, *Pistacia lentiscus*), escasos núcleos forestales (*Pinus halepensis* y *Quercus ilex*) y áreas tradicionalmente dedicadas al cultivo, que coinciden con la presencia de elementos arquitectónicos de innegable valor etnológico y patrimonial. A principios del siglo pasado la ganadería predominante fue la caballar, para la obtención de animales de carga, sustituyéndose más adelante por rebaños de ovejas en extensivo que combinan el pasto de forraje cultivado con el aprovechamiento de la vegetación natural presente en el Parque.

Un hábito muy enraizado en el ambiente rural para la obtención de pasto para el ganado y para la obtención de terreno agrícola ha sido la quema controlada de zonas forestales. Esta práctica, a la que se debe añadir la frecuencia de aparición de incendios forestales (Revisión del Plan Comarcal de Defensa Contra Incendios Forestales en la Comarca de Artà 2001-2010), favorecida por el difícil acceso a determinadas localidades y la elevada carga combustible

presente, ha dado lugar, en gran medida, a la actual monotonía ecológica del Parque: praderas de *A. mauritanica* con arbolado muy disperso con predominio de acebuches (*O. europaea*) y arbustos (*P. lentiscus* y *Chamaerops humilis*).

La planificación y ejecución de las tareas agrícolas del Parque corresponden al *Consorci es Verger-Aubarca*. Se trata de una entidad instituida en el momento de creación del Parque, cuando éste contaba con más de 20.000 ha y donde convivían áreas de titularidad pública y privada, con el fin de dar representación a las fincas públicas dentro de los órganos de gestión del Parque. En 2003 el Govern Balear restringió el ámbito de la superficie protegida al de las fincas públicas (s'Alqueria Vella de Baix i de Dalt, Aubarca y es Verger), quedando el parque reducido a las 1.672 ha actuales y perdiendo sentido la figura del *Consorci*.

Ante esta situación la dirección del Parque solicitó asesoramiento para la elaboración de un plan de gestión agroganadera y forestal, con la finalidad de disminuir la elevada carga combustible sustituyendo el uso del fuego por estrategias de pastoreo controlado. El uso de ganado como factor de control de la vegetación natural en la prevención de incendios forestales se ha experimentado en regiones como Galicia (Riguero, 2005) o Languedoc-Roussillon (Dimanche y Coudour, 2005).

El objetivo del plan propuesto es la conservación del paisaje en mosaico característico, con la recuperación de los elementos etnológicos asociados, sin perder de vista la necesidad de controlar la vegetación natural potencialmente combustible.

Materiales y métodos

Para poder elaborar un plan de actuación se hizo necesario efectuar un diagnóstico del estado de cada una de las cuatro categorías de vegetación definidas *a priori*: 1) zacatal-acebuchal, 2) pinar, 3) encinar y 4) cultivo agrícola. Estas categorías fueron definidas según el Mapa de Vegetación del Parque Natural de la Península de Llevant (Alomar y Conesa, 2003). Este diagnóstico se realizó mediante la caracterización de "zonas modelo" de cada una de las categorías (señaladas en la Figura 1). El criterio de selección de estas zonas fueron: 1) para el caso del pinar y el encinar, se seleccionó la única zona de extensión destacable de estas categorías; y 2) para el zacatal y el cultivo se consideraron áreas representativas (densidad y uso reciente) y accesibles. En el informe final se añadieron las diferencias más significativas entre las localidades de muestreo y otras de la misma categoría. Este diagnóstico se hizo a partir de: Visitas de campo: entre el 16 de mayo y el 25 de octubre de 2006 se efectuaron un total de 12 salidas de campo con la finalidad de valorar el terreno. Esta evaluación se hizo mediante inspección visual.

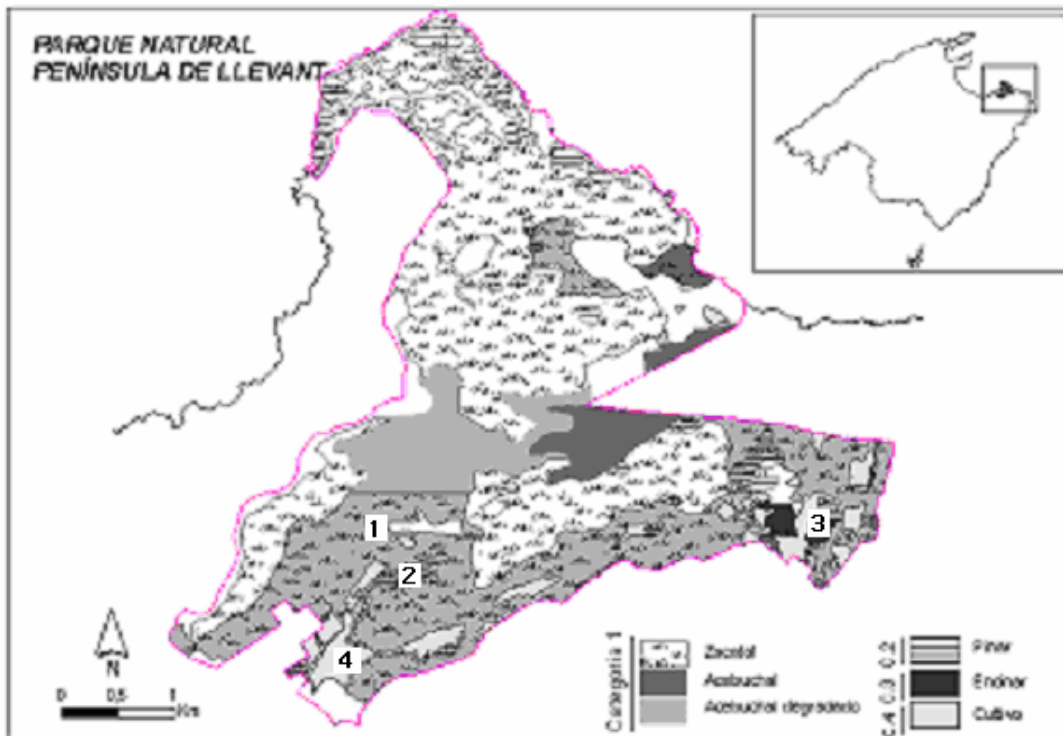


Figura 1. Mapa de localización de las diferentes categorías de vegetación consideradas (adaptado de Alomar y Conesa, 2003)

Fichas: la intención de la elaboración de las fichas fue revisar el estado de mantenimiento de cada una de las parcelas-modelo y sus diferentes posibilidades de actuación. Entre otros datos se recogió información sobre: superficie, pendiente, accesibilidad, distancia del emplazamiento a la oficina del parque, cerramientos, estado de conservación del terreno y de los elementos arquitectónicos, presencia de puntos de agua y/o de dispositivos de lucha contra incendios forestales, etc.

Entrevistas: se concertaron citas con los diferentes responsables implicados en la gestión agrícola y forestal de la zona: los técnicos del Parque, el personal de la brigada del Instituto Balear de la Naturaleza (IBANAT), los responsables agropecuarios (uno recién jubilado y otro de nueva incorporación), el actual gerente del Consorcio y su antecesor, el responsable agropecuario de l'Albufera (encargado de las vacas) y los veterinarios responsables del estado sanitario de los animales. Se obtuvo una valiosa información sobre la gestión agropecuaria actual e inmediatamente anterior (del agricultor recién jubilado).

Cartografía: se elaboró a partir de la integración de todos los datos en un SIG (Sistemas de Información Geográfica). El uso de esta tecnología, por sus capacidades, ha facilitado las tareas de inventario, gestión, análisis y representación cartográfica de información básica (altimetría, hidrología, vegetación, red viaria, parcelas agrícolas, elementos arquitectónicos-etnográficos, etc.), así como de información derivada (pendientes, orientaciones, insolación, etc.). Así mismo, la integración en una base de datos SIG ha facilitado, en gran medida, las tareas de evaluación y planificación. El software utilizado fue ArcGis 9.1 (ESRI) y la cartografía digital de base, el Mapa Topográfico Balear escala 1:5.000 (Govern Balear).

Conclusiones: propuestas de gestión

Diagnóstico de las categorías de vegetación

A partir de las visitas se comprobó el estado de la vegetación, a partir de las categorías definidas:

Zacatal-acebuchal: el càrritx (*A. mauritanica*) es la principal herbácea de las garrigas y las montañas desarboladas mallorquinas. La denominación zacatal es utilizada en Centroamérica para designar herbazales altos y densos y fue sugerida por Mayol (2003). Se trata de una gramínea perenne, de procedencia norteafricana y que se extiende por los márgenes del Mediterráneo occidental. Necesita un desarrollo vegetativo de dos años para florecer en abril y fructificar en junio. Apreciada por el ganado cuando es tierna en su fase inicial de crecimiento, así como su grano, es en cambio de reducido consumo en épocas de sequía y cuando ya ha producido el fruto, al estar la planta altamente lignificada (Puigserver, 2000). Este es el tipo de vegetación que predomina claramente en el Parque (ocupa 1367,23 ha, prácticamente el 82% del territorio) aunque en algunas áreas convive con otras categorías (pinar-zacatal: 24,76 ha). Su facilidad para colonizar las ladera con elevadas pendientes y los suelos con gran presencia de afloramientos rocosos explican en cierta medida su extensión; además, su aptitud para el rebrote tras la siega (sea de origen mecánico, animal o por acción del fuego) le otorga una capacidad de supervivencia excepcional. Estas características y su alta combustibilidad, sobretudo en verano, la convierte en una especie peligrosa en caso de aparición de un incendio forestal, por lo que se hace necesario su control. Otras especies presentes en estas localizaciones son el palmito (*Ch. humilis*) y el acebuche (*O. europaea*), cuyos brotes tiernos y hojas, respectivamente, también resultan apetecibles para el ganado.

Encinar: se obtuvieron testimonios personales de la presencia, antaño, de una mayor abundancia de encinares en esta zona (actualmente se limita a 11,75 ha, el 0,7% de la superficie total del Parque), pero los incendios forestales por una parte y un aprovechamiento forestal desmesurado a principios de siglo pasado (evidenciado en los elementos etnológicos hallados, la *sitja* i el *for de calç*, habilitados para la obtención de carbón vegetal y cal, respectivamente) por otra, limitaron esta comunidad a dos núcleos concentrados alrededor de las casa de Albarca.

Pinar: al igual que el encinar, este tipo de vegetación se encuentra muy relegado dentro de lo que es la vegetación del Parque (ocupa 84,18 ha, el 5% de la superficie total), muchas veces en convivencia con el zacatal-acebuchal; la diferencia con el encinar, además de la cuantitativa, es la presencia de repoblaciones de manera constante a lo largo del Parque, bien de manera dispersa (con mallas protectoras), bien concentradas en cercados metálicos que los protegen de las cabras asilvestradas.

Cultivo: es la segunda categoría contemplada más importante del Parque, por tres motivos: el cuantitativo (108,68 ha, el 6,5% del total), el paisajístico (resulta indispensable cuando se habla de mosaico, la combinación de vegetación natural y cultivos) y el económico (si se quiere mantener ganado en el Parque no puede dependerse exclusivamente del pasto natural –absolutamente insuficiente- y/o de los inputs alimentarios –por su elevado coste-). El Plan de Ordenación de los Recursos Naturales del Parque exige la implantación de técnicas de producción ecológica a la hora de establecer los aprovechamientos agroganaderos, hecho que refuerza la importancia económica de esta categoría de vegetación, tanto por el aumento de los gastos que implica su aplicación como por los beneficios potenciales de la comercialización de sus productos (actualmente inexistente). Se han observado diversos niveles de conservación, desde parcelas valladas adecuadamente, limpias de vegetación y recién labradas y cultivadas (octubre 2006) hasta antiguas parcelas dedicadas tradicionalmente al cultivo actualmente invadidas de vegetación (se observan núcleos de *P. lentiscus* y predominio de *Carduus spp.* de manera dispersa) y abundancia de piedras, con signos evidentes de abandono. En cuanto al estrato arbóreo, dominan los frutales de secano: almendro, algarrobo, higuera y, de manera significativa, el olivo. La importancia de esta última especie reside en el aprovechamiento histórico de la oliva en las fincas de Aubarca y s'Alqueria Vella, como así lo demuestra la

presencia de dos *tafones* (almazaras) para la obtención de aceite. Los elementos arquitectónicos ligados a este uso de la tierra presentan, en general, muy mal estado, tanto por un mantenimiento insuficiente o ausente como por el libre acceso que a ellos tiene el ganado.

Cercados: Se observó una preocupante falta de cercados. Al estar el ganado en libertad la mayor parte del año y al no contar con infraestructuras ganaderas apropiadas (rediles, corrales, etc.) los animales pueden acceder a las parcelas agrícolas aún cuando no sea el mejor momento para su aprovechamiento (forraje demasiado bajo, pastoreo rotacional imposible de planificar, etc.).

Recursos humanos

En el Parque de Llevant actúan diversos niveles de personal. Los técnicos del Parque ejercen a nivel de uso público y de conservación del medio. Por otra parte, la brigada de IBANAT es la encargada de las tareas de carácter forestal y de mantenimiento de las infraestructuras, además de todas aquellas que les encomiende la Dirección del Parque. Por último, los trabajos agrícolas los ejecuta un único responsable agropecuario dependiente del *Consorci*, aunque se han dado casos en que la brigada lo ha auxiliado en determinadas faenas (laboreo de la tierra, recogida de los animales, etc.) Cabe decir que el cambio reciente de la persona que desempeñaba esta labor (la jubilación de un hombre de campo de toda la vida, experimentado, dio paso a la entrada de una persona más joven y con menos conocimientos de la gestión agrícola y ganadera) se ha traducido en el retraso en las tareas de la temporada y la falta de planificación de las mismas.

Estado del suelo

Los problemas de erosión, detectados por observación directa y señalados en un estudio más pormenorizado (Santana, 2006), se presentan localizados en distintas áreas del Parque, poniendo de manifiesto la necesidad de hacer hincapié en favorecer medidas que frenen estos procesos y evitar aquellas que los promuevan (por ejemplo, creando coberturas herbáceas y evitando un laboreo excesivo, respectivamente).

Ganado

El componente ganadero del Parque se centra principalmente en dos rebaños de ovejas de raza mallorquina, los cuales suman unas 400 cabezas. La mayor parte del año pastan en la montaña la vegetación disponible, preferentemente las primeras fases del crecimiento de *A. mauritanica* (cuando pueden acceder a la base foliar) o los rebrotes tiernos, además de *P. lentiscus* y *Ch. humilis*, aunque cuentan con suplementación de mayor calidad cuando entran en las parcelas de forraje cultivado o cuando se les suministra alimento concentrado.

De manera más estacional se observan ejemplares de bovino de la raza mallorquina, procedentes de otro Parque Natural, el de l'Albufera. Mientras las vacas gestantes se conducen a otro lugar, las novillas (el 2006 fueron 46) permanecen en el Parque desde los meses de setiembre-octubre hasta mayo-junio, momento en que vuelven a l'Albufera, zona de humedales donde en verano hay mayor abundancia de comida. En cuanto a las pautas de alimentación, se debe destacar la mayor preferencia de estos bovinos por el grano de *càrritx*, aunque también puede aprovecharse de las hojas (incluso aunque no sean tiernas) y por los brotes jóvenes del palmito. La ubicación de esta especie es más localizada (se observan los efectos de su estancia en forma de vegetación pisoteada y consumida) y precisan de suplementación diaria a base de alfalfa en *pellets*.

En cuanto el ganado equino existe una iniciativa desde hace dos años basada en el pastoreo controlado y limitado de un rebaño de unos 15 ejemplares que incluye caballos, asnos y mulos, de diversas edades y razas, con la finalidad de implantar fajas auxiliares corta-incendios a lado de los caminos principales. Este plan es independiente de la gestión ganadera actual.

Población caprina

Por último, cabe destacar la abundante población de cabras asilvestradas (de raza autóctona mallorquina, aunque también de cruces de la misma con razas domésticas) procedentes de áreas colindantes (por la ausencia de cerramiento perimetral). Los problemas derivados de la presencia descontrolada de ejemplares de esta especie están sobre todo relacionados con la

explotación agrícola pues, al no estar las parcelas debidamente valladas, las cabras tienen acceso al pasto. Además, repercuten negativamente en las repoblaciones forestales protegidas de manera inadecuada. Existe un Programa de descaste de la población caprina que consiste en la localización y batida de ejemplares de raza no autóctona, en el que están involucradas sociedades de cazadores y la Conselleria de Medi Ambient.

El uso del ganado como sustituto del fuego en la contención de la superficie forestal (sobre todo arbustiva) y precisamente también para la prevención de incendios forestales mediante la disminución de la biomasa combustible, es la estrategia que ha de marcar la pauta de gestión forestal. La idea es utilizar el ganado a modo de desbrozadora (Rigueiro, 2005), evitando así los inconvenientes de las quemas controladas, la maquinaria mecánica y los herbicidas. Sin embargo la inversión en infraestructuras es esencial y considerable.

La propuesta inicial es el establecimiento de un pastoreo programado, secuencial y experimental:

1) Controlado, para que los animales no tengan acceso a todo el territorio como hasta ahora (en el caso de ovejas) sino que su ámbito de acción sea acotado mediante cercados temporales o móviles, siguiendo unos criterios de accesibilidad y orografía, los cuales determinarán en gran medida la facilidad para la instalación de infraestructuras, y también según las cargas de material vegetal potencialmente combustible.

2) Programado, para que estos emplazamientos vayan cambiando de ubicación a medida que se vaya consumiendo el estrato herbáceo y arbustivo; la idea es que, por las características de cada una de ellas, vayan pasando por estas parcelas las tres especies presentes en el Parque de manera secuencial: primero los bovinos, seguidamente los ovinos y finalmente los asnos (la propuesta sugiere que éstos sean también de raza mallorquina).

3) Experimental: las superficies, los tiempos de permanencia y las cargas ganaderas propuestas son orientativas, adaptadas de otros estudios localizados en condiciones diferentes en cuanto a clima, vegetación, orografía, etc.

Respecto al segundo punto contemplado en los objetivos, para el mantenimiento del escenario tradicional de este Parque se hace necesaria una primera inversión importante en cercados para las parcelas agrícolas, para evitar el aprovechamiento en momentos no adecuados. A partir de estos cerramientos, o contemporáneamente a su instalación, se sugiere la importancia de adecuar el terreno para hacerlo apto para el cultivo de forraje que sirva de complemento para el ganado, cuya función principal es el control de la vegetación natural mediante el pasto.

En otro orden de cosas, y para evitar los mencionados fenómenos erosivos que amenazan algunas zonas del Parque, se sugiere la posibilidad de establecer coberturas herbáceas perennes, de mantenimiento mínimo y, por contra, de baja producción, como pueden ser las mezclas polifitas perennes comerciales.

Por último, se hace necesario establecer un control más efectivo de la población de cabras salvajes mediante el cumplimiento estricto del Plan de descaste y, ya a más largo plazo, con el vallado perimetral del Parque que impida la entrada de cabras asilvestradas de fincas vecinas.

Bibliografía

ALOMAR, G.; CONESA, M.A., 2003. Memòria del Mapa de Vegetació del Parc Natural de la Península de Llevant. Conselleria de Medi Ambient, 68 pp. Palma de Mallorca (España).

DIMANCHE, M.; COUDOUR, R., 2005. The pastoralism, partner of forest fire management: 20 years of practices in Languedoc Roussillon region (1985-2005). II Conferencia Internacional sobre Estrategias de Prevención de Incendios en el Sur de Europa. Barcelona (España).

MAYOL, J., 2003. La gestión de la carcera. *Quercus* n° 204, 28-31.

PUIGSERVER, G.; ESPINOSA, J.; MORLANS, E.; RODRÍGUEZ, R.; TAPIAS, R.; JOY, M., 2000. Silvopascicultura: justificación para la recuperación de los bovinos mallorquines. *Archivos de Zootecnia*, n° 49, 259-267.

RIGUEIRO, A.; MOSQUERA, M.R.; ROMERO, R; GONZÁLEZ, M.P.; VILLARINO, J.J.; LÓPEZ, M.L., 2005. *25 años de investigación en Galicia sobre sistemas silvopastorales en prevención de incendios forestales*. II Conferencia Internacional sobre Estrategias de Prevención de Incendios en el Sur de Europa. Barcelona (España).

SANTANA, J.A., 2006. *Estudi de sòls i dels processos erosius al Parc Natural de la Península de Llevant (Mallorca)*. Proyecto final de carrera Ingeniería Forestal. Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Agrària, 304 pp. Lleida (España).

Agradecimientos

Los autores agradecen la colaboración del personal del Parc Natural de la Península de Llevant en la elaboración de este trabajo.

Summary

In this work we present a management proposal for *Península de Llevant* natural reserve and the components that interrelate with it. This natural reserve is an emblematic place of 1.500 hectares located at the NE coast of the Majorca Island which is often punished by forest fires. The *Península de Llevant* combines spaces of natural vegetation (mainly *Ampelodesmos mauritanica* and *Olea europaea*) with traditional agricultural and farming systems. Its specific character is evidenced by the culture fields distributed along the more fertile zones and the numerous ethnological elements located therein (farmers' houses, stables, cisterns, treadmills). The present utilization of the livestock is extensive with a predominance of the sheep one, the irregular presence of the bovine one and a considerable population of wild goat. The aim of the proposed plan is the conservation of the typical mosaic landscape with the recovery of the ethnological associated elements but keeping in mind the need to control the potentially combustible natural vegetation. The suggestions include a diversity of improvements in the culture areas, the preservation of the ethnological elements and several strategies to prevent the forest fires managing the natural vegetation as pastures.

Key words: *Ampelodesmos mauritanica*, Mediterranean agrosystems, natural reserve, rangeland grazing.

GESTIÓN AGROGANADERA DE UN ESPACIO NATURAL PROTEGIDO II. EJEMPLO DEL PARQUE NATURAL DE MONDRAGÓ, MALLORCA (ILLES BALEARS).

AINA RIGO¹, JAVIER GULÍAS¹, MAURICI RUIZ², JOSÉ FELIU DE LA PEÑA², JERÒNIA RAMON², ANTONI MARTORELL³ & JOSEP CIFRE¹

¹Departamento de Biología. Ingeniería Técnica Agrícola.

²Servei de Sistemes d'Informació Geogràfica

Universitat de les Illes Balears

Carretera Palma-Valldemossa, km. 7,5 07122 Palma

Telf. 971 173446 Fax: 971 173184

³Servei d'Innovació, Transferència i IRFAP

Conselleria d'Agricultura i Pesca

C/ Eusebi Estada, 145 07009 Palma

Telf. 971 176100 Fax. 971 177107

* ainarial@yahoo.com

Resumen

El presente trabajo ofrece una propuesta de gestión del territorio del Parque Natural de Mondragó y los componentes que con él interaccionan. Se trata de un espacio protegido de Mallorca, localizado en la costa SE de la isla y en el que coinciden espacios públicos y parcelas privadas, siendo su carácter predominantemente agrícola. Se caracteriza por recintos dedicados al cultivo de cereales combinado con especies leñosas (almendro, algarrobo e higuera), cerrados perimetralmente por muros bajos construidos exclusivamente con piedras (la denominada *paret seca*) y con presencia abundante de elementos etnológicos que evidencian un uso agroganadero ancestral. El ganado que aprovecha estos recursos es exclusivamente ovino. El objetivo es conservar, en este lugar, una reserva de lo que es el paisaje rural típico de Mallorca y sus recursos genéticos. Se propone la rehabilitación de las paredes, la instalación de cercados metálicos que no permitan la salida del ganado, el mantenimiento de los elementos etnológicos y la conservación del estrato herbáceo y arbóreo con variedades autóctonas, para el pasto a diente del ganado ovino, para el cual se ofrecen varias estrategias de gestión.

Palabras clave: agrosistemas mediterráneos, ganado ovino, reserva natural.

Introducción

Hasta mediados del siglo pasado las áreas bañadas por el Mediterráneo se habían caracterizado por practicar una economía de subsistencia basada en la producción agraria. En el caso de Mallorca y del conjunto de las Islas Baleares esta preponderancia del sector primario no ha estado, sin embargo, exenta de dificultades. Por una parte debido al clima, en concreto por la escasa pluviometría y los veranos especialmente secos, que comportan épocas de auténtica sequía con los consiguientes problemas que suponen para el cultivo. Por otra parte, por la insularidad, que supone un inconveniente de tipo económico, pues implica un aumento de los costes de producción a la hora de incorporar inputs (alimento, genética, etc.) repercutiendo negativamente en el rendimiento de las explotaciones. Por último, y en relación a la mano de obra, cabe destacar la competencia que comporta el auge del turismo experimentado en la isla a partir de los años 1960-1970: la población activa dedicada al mundo rural ha envejecido notablemente y no se observa un relevo generacional suficiente para el mantenimiento del paisaje que ha caracterizado Mallorca desde siglos atrás.

Ante el peligro de la desaparición de un enclave paradigmático de este tipo de paisaje rural a causa de la presión urbanística ligada a la explotación turística de la costa mallorquina, la movilización popular consiguió, en 1992, la clasificación del paraje de Mondragó como parque natural según la Ley 4/1989 de Espacios Naturales. Actualmente también pertenece a la Red Natura 2000 y se incluye en las Zonas de especial Protección para las Aves (ZEPA) y los Lugares de Interés Comunitario (LIC).

Este espacio protegido tiene la peculiaridad de presentar un elevado grado de antropización debido al aprovechamiento agroganadero tradicional. Otro aspecto singular es la coexistencia, dentro de las 766 Ha del recinto del Parque, de 95 Ha de parcelas de titularidad pública con otras de carácter privado, como consecuencia del peculiar proceso de creación del Parque. Este hecho se traduce, en la mayoría de los casos, en la presencia de parcelas en buen estado de conservación, las privadas, con otras no tan funcionales ni atractivas, las públicas.

Ante esta situación la dirección del Parque solicitó asesoramiento para la elaboración de un plan de gestión agroganadera de la superficie pública. El objetivo de la propuesta presentada es la conservación, en este emplazamiento, del paisaje rural típico de Mallorca además de la creación de una reserva de los recursos genéticos autóctonos.

Existen numerosos referentes de iniciativas relacionadas con el uso agroganadero de espacios protegidos y su gestión. Es el caso del Parque Natural de Cabo de Gata-Níjar (Almería) donde, mediante metodologías estimativas, se midió el impacto de los animales sobre la vegetación (Robles, 2002) o el del Parque Natural de Espuña (Murcia) donde se estudió la incidencia del pastoreo rotacional de ganado ovino en un matorral mediterráneo dominado por coscoja (*Quercus coccifera*) (Sotomayor, 1997).

Materiales y métodos

Área del estudio

El Parque Natural de Mondragó se encuentra ubicado en el SE de Mallorca (ver figura 1), en el municipio de Santanyí. Al tratarse de un emplazamiento costero la altitud media se aproxima al nivel del mar y la orografía es suave. Destaca la presencia de tres cursos intermitentes de agua que dibujan tres ligeras hondonadas y los respectivos humedales en la zona de su desembocadura. En cuanto a la climatología, se trata de un clima templado semiárido, con inviernos suaves (con una T^a media en torno a los 10-11°C), veranos calurosos y secos (23-24°C), pluviometrías inferiores a los 500 mm anuales y una época de déficit hídrico importante (de junio a septiembre).

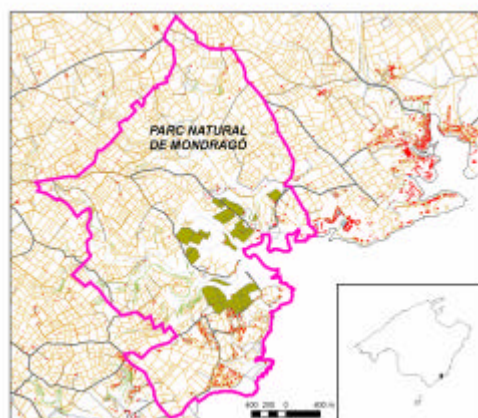


Figura 1. Mapa de localización del Parque Natural de Mondragó y parcelas de actuación.

Se estableció como unidad de gestión agroganadera el terreno cercado por muros de piedra de media altura, típico elemento arquitectónico elaborado, originariamente, sólo con piedra (*paret seca*).

La selección de las parcelas a estudiar se hizo a partir de un mapa elaborado por personal del parque en noviembre de 2000, en el que se representaron las parcelas de titularidad pública. Se distinguieron las parcelas forestales, las agrícolas y las agrícolas con vocación forestal por abandono. Las parcelas que se contemplan en este estudio son las que pertenecen a los dos últimos grupos, siendo un total de 29 recintos, repartidas en tres zonas definidas por el itinerario a seguir para llegar a ellas (zonas 1, 2 y 3) y un cuarto grupo de recintos aislados que no pudieron agruparse (zona 4).

Las parcelas agrícolas incluyen un total de 25 recintos de entre 0,5 y 2,5 Ha con un estrato herbáceo a base de cereales y otro leñoso, aunque no constante, eminentemente de frutales de secano: almendro, algarrobo e higuera. En cambio, las parcelas agrícolas en regresión (4 en total), presentan un elevado nivel de invasión de vegetación natural, un estado pésimo del arbolado y una dejadez evidente de los elementos arquitectónicos.

Método

Para poder elaborar el plan de actuación es imprescindible clarificar cuantitativa y cualitativamente la situación de partida (Crespo de Nogueira, 2002) y en este caso se efectuó un diagnóstico del estado actual de las parcelas agrícolas públicas incluidas en el Parque a partir de:

Visitas de campo: Entre el 3 de agosto y el 2 de noviembre de 2006 se efectuaron un total de 12 salidas de campo con la finalidad de valorar el terreno.

Fichas: Se rellenaron, en las sucesivas visitas de campo, 29 fichas correspondientes a las 29 parcelas citadas. La intención de su elaboración fue revisar el estado de mantenimiento de los elementos en las parcelas y los diferentes ámbitos de actuación en cada una de ellas. Una primera parte de la ficha estaba referida a los datos generales de la parcela: denominación, ubicación, localización catastral, relación con parcelas públicas colindantes. A continuación se completaron los datos referidos a los elementos contenidos en ella: los arquitectónico-etnológicos (barracas, paredes, banales, etc.) y su estado de conservación, los recursos presentes (estado del suelo, agua y electricidad) y los aprovechamientos de los recursos naturales (estrato herbáceo, estrato leñoso y vegetación natural).

Entrevistas: Se concertaron citas con las diferentes personas implicadas en la gestión agrícola y forestal de la zona. Se obtuvo una valiosa información sobre los orígenes y la gestión actual del Parque por parte del agente de medio ambiente y del capataz de la brigada del Instituto Balear de la Naturaleza (IBANAT) y sobre la gestión agrícola y ganadera realizada hasta el momento por parte de los dos payeses (agricultores) que explotan las parcelas públicas, aunque a título privado.

Fotografías: Las fotografías obtenidas en las visitas de campo evidencian gráficamente los resultados de la ficha.

Cartografía: A partir de los resultados de campo se elaboraron mapas descriptivos de la situación de las parcelas, de su superficie, del estado de sus elementos vivos y etnológicos y de la prioridad de intervención. También se incorporó la información relativa al uso del suelo (cultivo de forraje, forraje asociado a cultivo leñoso y/o presencia de núcleos de vegetación natural) y al aprovechamiento ganadero por pastoreo o no de la parcela. El software utilizado fue ArcGis 9.1 (ESRI) y la cartografía digital de base, el Mapa Topográfico Balear escala 1:5.000 (Govern Balear).

Tratamiento de los datos

En cuanto a la expresión del diagnóstico obtenido a partir de los resultados de la encuesta, se ha optado por la elaboración de una matriz de doble entrada para relacionar cada parcela con los criterios incluidos en la encuesta, con un código de valores para cada ítem con el objetivo de sistematizarla y facilitar su comprensión

Dentro del apartado de propuestas de actuación, a partir del diagnóstico obtenido se han elaborado, a su vez, tres nuevas matrices para englobar las acciones a efectuar recomendadas para cada parcela. La primera de ellas hace referencia a las intervenciones de inversión, aquellas que implican un gasto económico para conseguir las condiciones mínimas para el aprovechamiento agroganadero. La segunda se refiere a las acciones de mantenimiento, aquellas que, una vez se ha hecho la inversión, deben realizarse de manera periódica para su conservación y rentabilidad de la inversión. La tercera establece el grado de prioridad en la intervención de cada parcela.

Resultados

Los resultados obtenidos son los siguientes:

Elementos etnológicos: se incluyen barracas, cisternas, *clapers* –trampas para conejos hechas con piedras-, paredes, bancales, etc. El estado de las construcciones es más que aceptable (con alguna excepción), mientras que las paredes presentan elevada variabilidad, desde un estado impecable hasta necesidad de levantar alguna de nuevo; por lo que respecta a cercados metálicos no se ha observado ninguno que no sea para sustituir una pared en muy mal estado.

Elementos vivos: el estrato arbóreo presenta una situación pésima, con elevada proporción de árboles muertos o en muy mal estado, sobretodo los almendros, no tanto los algarrobos y las higueras. El estrato herbáceo posee mayores proporciones de rastrojos y barbecho que suelo labrado y/o sembrado, aunque la época de visita (agosto-septiembre) puede que influyese en ese aspecto. El predominio es de parcelas de rastrojos de avena y cebada por separado (aunque también se observaron conjuntamente) con núcleos aislados de vegetación natural (pino, lentisco, estepa, etc.). Sobre la ganadería cabe decir que se practica la explotación extensiva de dos rebaños de ovejas de pequeño tamaño (40 y 150 cabezas, aproximadamente) por parte de dos payeses a título particular, los mismos que también se encargan de las tareas agrícolas.

Discusión*Propuestas de gestión*

Por su inclusión en la Red Natura 2000, el Parque Natural de Mondragó debería constituirse un modelo de desarrollo sostenible que permita compatibilizar la mejora socioeconómica del mundo rural con la conservación de la biodiversidad (González y San Miguel, 2005). Por otra parte, los espacios naturales protegidos constituyen herramientas idóneas para la ejemplarización y progresiva orientación de la actividad ganadera (Crespo de Nogueira, 2002). En el caso de Mondragó, por su carácter público, el papel ejemplarizante se convierte en primordial y el objetivo económico es sustituido por la conservación del patrimonio etnológico. Las acciones más inmediatas a realizar implican la rehabilitación de paredes además de la instalación de vallas metálicas para alcanzar la altura necesaria para impedir la salida del ganado y la entrada de visitantes a recintos de paso restringido.

A continuación se debe efectuar la rehabilitación del estrato leñoso con la siembra de nuevos ejemplares y la recuperación de los existentes que se encuentran en estado regular. Otra gran apuesta es la de proponer la creación de una reserva de recursos genéticos propios de la isla con la incorporación de variedades autóctonas de frutales, haciendo coincidir, en cada parcela, una especie con ejemplares de diferentes variedades, con el objetivo de comparar sus adaptaciones a las condiciones de la zona, además del carácter divulgativo de la propuesta.

La gestión agrícola, por la cual se mantiene el estrato herbáceo, se justifica por el mantenimiento del paisaje y la posibilidad que ofrece para la alimentación del ganado ovino. Las tres propuestas de cultivo, no excluyentes entre sí, son: cereales anuales, asociaciones de cereal + leguminosa anuales y mezclas polifitas perennes.

Aunque éstas son las actuaciones básicas también se ha contemplado la posibilidad de una acción especial, en cuanto a inversión pero también en cuanto resultados, en la parcela que se encuentra cerca de la playa (de alta visibilidad) y que coincide con la zona con el terreno en mejores condiciones: se trata de establecer un huerto de especies y variedades autóctonas y de temporada, con finalidades lúdicas y divulgativas.

En cuanto a la gestión ganadera, y dado que la cabaña ovina está plenamente integrada dentro de la cultura popular mallorquina y su componente de extensificación resulta tan importante en unas islas donde el paisaje tiene un gran valor económico (Cifre, 2002), no se plantea la eliminación del ganado ovino del Parque. Se proponen cuatro estrategias para su establecimiento. En la tabla 1 se representan las diferentes modalidades y el tamaño del rebaño según la zona.

1. Mantenimiento de la situación actual: los responsables son personas “privadas”, que trabajan independientemente entre sí, que combinan la gestión de estas parcelas públicas con otras privadas y que no han seguido ningún tipo de procedimiento reglamentario de adjudicación. Ventajas: el sistema se mantiene de manera natural como hasta el momento, sin necesidad de inversión, a partir de los conocimientos empíricos de los payeses. Inconvenientes: no hay posibilidad de intervención a nivel ganadero.

2. Establecimiento de un nuevo planteamiento: debido a su carácter eminentemente “ornamental” se proponen cargas muy bajas, entre 0,15 y 0,2 UGM/Ha, sobretodo teniendo en cuenta los bajos rendimientos de los cultivos en estos parajes.

a) Un solo rebaño. Ventajas: permite seleccionar las parcelas con mejor producción en cada momento. Inconvenientes: mayor necesidad de mover el ganado, menor visibilidad de los animales.

b) Un rebaño para cada zona establecida. Ventajas: menos movimientos, mayor presencia de animales. Inconvenientes: menor posibilidad de selección, probable aumento de la necesidad de suplementar la dieta.

c) Rebaño en lotes de producción. Ventajas: se tienen en cuenta las necesidades de los animales según su estado fisiológico (gestación, lactancia o mantenimiento). Inconvenientes: se requiere un responsable agropecuario experimentado, con conocimientos de las necesidades del ganado.

Tabla 1. Diferentes propuestas para el tamaño de los rebaños.

	Superficie (Ha)	1-Mantenimiento	2a-Un rebaño	2b-Un rebaño por zona	2c-Lotes producción
Zona 1	8,06	Un rebaño de 40 y otro de 150, aproximadamente.	20-40	6-11	10
Zona 2	6,60			5-9	10
Zona 3	10,00			8-15	10
Zona 4	3,00	No se incluye en el pastoreo. La mayoría de estas parcelas son de vocación forestal y para las agrícolas se propone la producción de heno.			

Por último, y atendiendo a las prioridades a la hora de programar las actuaciones, se han agrupado las parcelas en cinco categorías, de 1 a 5, de menor a mayor importancia. Este orden

de prelación se ha calculado a partir de criterios de accesibilidad y rapidez en la observación de las mejoras. Los resultados se representan en la tabla 2.

Tabla 2. Prioridad de actuación.

Categoría	Nº de parcelas	% de las parcelas
1	2	6,9
2	5	17,2
3	7	24,1
4	6	20,7
5	9	31,0

Dificultades

El principal obstáculo para la puesta en práctica de las propuestas presentadas es la disponibilidad económica: las partidas destinadas al Parc de Mondragó son limitadas y no permiten un proyecto excesivamente ambicioso y de ejecución relativamente rápida. Por esta razón se ha indicado la opción más modesta para cada propuesta de gestión incluyendo, a su vez, sugerencias ligeramente más audaces, de mayor impacto en el público.

Otro aspecto a considerar es la necesidad de incorporar, en la plantilla del Parque, la figura de un responsable agropecuario experimentado y con conocimientos sobre agricultura y ganadería. Además, sería interesante contar con algún tipo de asesoría técnica, preferiblemente externa, que, con una o dos visitas mensuales, vaya rectificando y/o ampliando la propuesta inicial presentada, en la medida que vaya avanzando su ejecución y surjan nuevos problemas o situaciones, así como ante cambios en las circunstancias del Parque.

Bibliografía

CIFRE, J., 2002. Ramaderia ovina i cabrum. En: *I Congrés Rural: document de treball*, 119-126. Ed. Conselleria d'Agricultura i Pesca de les Illes Balears. Palma (España).

CRESPO DE NOGUEIRA, E., 2002. *Espacios naturales protegidos y desarrollo duradero: teoría y gestión*. Ed. Organismo Autónomo Parques Naturales (Ministerio de Medio Ambiente), 216 pp. Madrid (España).

GONZÁLEZ, L.M.; SAN MIGUEL, A., 2005. La Red Natura 2000. En: *Manual de buenas prácticas de gestión en fincas de monte mediterráneo de la Red Natura 2000*, 21-26. Ed. Organismo Autónomo Parques Naturales (Ministerio de Medio Ambiente). Madrid (España).

ROBLES, A.B. ; GONZÁLEZ, F.; BARROSO, F.G., BOZA, J.; GONZÁLEZ-REBOLLAR, J.L., 2002. Propuesta metodológica para el diagnóstico del estado de los pastos en el Parque Natural de Cabo de Gata-Níjar. En: *Actas de la XLII Reunión Científica de la Sociedad Española de Estudio de los Pastos*, 573-578. CHOCARRO, C.; SANTIVERI, F.; FANLO, R; BOVET, I.; LLOVERAS, J. Lleida (España).

SOTOMAYOR, J.A.; FERNÁNDEZ, S.; OLIVER, P.; LAFUENTE, A.; CARRIZOSA, J.A.; FALAGÁN, A.; MANTECÓN, A.R., 1997. Notas sobre el efecto del pastoreo con ovino en un matorral mediterráneo del Parque Natural de Sierra Espuña (Murcia). En: *Actas de la XXXVII Reunión Científica de la Sociedad Española de Estudio de los Pastos*, 507-513. Ed. Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía. Sevilla (España).

Agradecimientos

Los autores agradecen la colaboración del personal del Parc Natural de Mondragó en la elaboración de este trabajo.

Summary

In this work, we present a management proposal for *Mondrago* natural reserve and the components that interrelate with it. This protected area is located in the SE Coast of Majorca Island. Public spaces and private plots coincide therein being its character mainly agricultural. The reserve is characterized by enclosures dedicated to the cereals culture combined with woody species (almond-tree, carob-tree and fig tree). The enclosures are encompassed by low walls exclusively constructed with stones (the so-called *paret seca*) and characterized by the abundant presence of ethnological elements which demonstrates an ancient agricultural and farming use. The livestock that takes advantage of the natural resources is exclusively sheep. The goal of our proposal is to preserve, in the *Mondragó* reserve, a typical rural landscape of Majorca with its genetic resources. The proposal includes the rehabilitation of the stone walls, the installation of metallic enclosures to avoid the exit of the animals, the maintenance of the ethnological elements, the conservation of woody crops with autochthonous varieties and the recovery of the pastures for sheep. Finally, several strategies for the sheep pasture management are presented.

Key words: Mediterranean agrosystems, natural reserve, sheep livestock.

CALIDAD NUTRITIVA DE LOS PASTOS DE DEHESA EN EL SUR-OESTE DE EXTREMADURA

FRANCISCO JAVIER VIGUERA *, OSCAR SANTAMARÍA, M^a JOSÉ POLACIONES, LEOPOLDO OLEA Y M^a ESTHER FERRERA

Departamento de Ingeniería del Medio Agronómico y Forestal Escuela de Ingenierías Agrarias.
Universidad de Extremadura.
Carretera de Cáceres s/n. 06071 Badajoz
Telf: +34924286200 Fax: +34924286201
* jviguera@unex.es

Resumen

En este trabajo se estudia la calidad nutritiva de los pastos de dehesa del sur-oeste de Extremadura, durante un periodo de 2 años (2002-2004). Las muestras se recogieron en invierno y al principio y final de la primavera. Para ello se controlaron las comunidades vegetales de pasto de 6 dehesas representativas del sur-oeste de Extremadura. La calidad nutritiva del pasto representada por el contenido en proteína y fibra tiene los siguientes rangos de valores (referidos a materia seca): proteína 12,1-17,3 %; fibra neutro detergente (FND) 33,4-71,2 %; fibra ácido detergente (FAD) 29,1-39,4 %. La calidad nutritiva del pasto estudiada, para el contenido de proteína y fibra neutro detergente presentan fluctuaciones interanuales de manera significativa.

Palabras clave: fibra, proteína, pratenses

Introducción

El sur-oeste semiárido de la Península Ibérica está caracterizado por la presencia de vegetación con formaciones herbáceas con dosel arbóreo abierto y disperso, conocidas como dehesas. El origen de estas formaciones se encuentra en las limitaciones del medio físico, tanto por la pobreza del suelo como por la dureza del clima, que dieron lugar a la transformación de los ecosistemas originales en sistemas de explotación extensiva y de usos múltiples. Los sistemas mediterráneos están caracterizados por producciones con una marcada estacionalidad, así como por la variabilidad interanual en producción y calidad, en función de la meteorología (Ferrer y Broca, 1999).

En este trabajo se plantea el estudio de la calidad de los pastos, en distintas fracciones botánicas, por existir una gran variabilidad botánica entre dehesas del sur-oeste de la provincia de Extremadura, estimada como el contenido de proteína bruta, fibra neutro detergente (FND) y fibra ácido detergente (FAD) en leguminosas (*Ornithopus compressus* L. y *Trifolium subterraneum* L.), gramíneas y una fracción biodiversa representativa de la ración disponible para los rumiantes en pastoreo.

El objetivo del trabajo es determinar la calidad de los pastos de dehesa del sur-oeste de Extremadura, para su utilización en pastoreo extensivo por rumiantes, con especial atención a los posibles déficit de calidad a lo largo del año.

Materiales y métodos

El estudio se llevó a cabo en 6 dehesas representativas, en una zona de 150.000 ha aproximadamente y en cada campo experimental se realizaron tres muestreos, en invierno y al principio y final de la primavera durante los dos años de estudio 2002-03 y 2003-04. Estos dos años fueron de características similares al año medio de la zona, aunque con ciertas diferencias

de lluvia en primavera (Olea y Viguera, 1998). El muestreo, en cada zona se hizo al azar, con 4 repeticiones utilizando un cuadrado de 0,25 m² y segando el material herbáceo incluido en él, es decir, se tomaron cuatro muestras representativas de la zona de muestreo, para cada especie o grupo de especie. Se secaron a 60° C en estufa, durante 48 horas y se trituraron en molino de cuchillas para su posterior análisis.

En cada una de las muestras se analizó: proteína bruta (por el método de Kjeldahl), fibra neutro detergente y fibra ácido detergente, siguiendo los métodos descritos por Goering y Van Soest (1970).

A los resultados obtenidos se le aplicó un análisis de la varianza comparándose los datos con el test de Duncan a un nivel de confianza del 95%, utilizando el programa SPSS 11.5 (SPSS, 2002).

Resultados y discusión

La proteína bruta disponible para la ingesta de animales en pastoreo desciende a medida que avanza la madurez de la planta (Fig. 4), de igual forma a lo ya observado en anteriores trabajos (Viguera y Olea 1999), siendo en 2004 el contenido significativamente superior en invierno que en primavera (Fig. 4). El anova y el test de Duncan indican que no se encuentran diferencias significativas ($p < 0,05$), entre principios de primavera y finales de primavera en la especie *Ornithopus compressus* y las gramíneas en los 2 años de estudio, sin embargo si se ha encontrado para la especie *Trifolium subterraneum* y la fracción biodiversa (Fig. 4). La fracción que se estaría aportando a los rumiantes en pastoreo sería la adecuada según los datos proporcionados por otros autores (A.R.C. 1968).

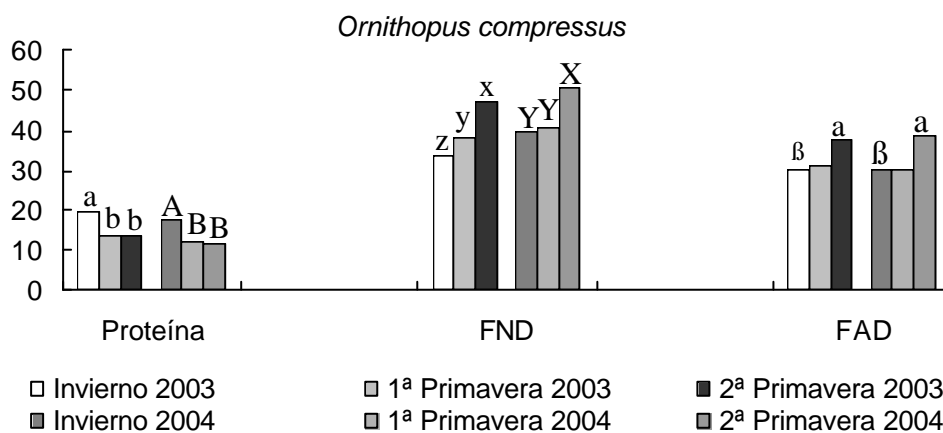


Fig. 1. Fracción de FND y FAD en la especie *Ornithopus compressus*. Letras diferentes dentro de cada grupo indican diferencias significativas ($p < 0,05$) según el test de Duncan.

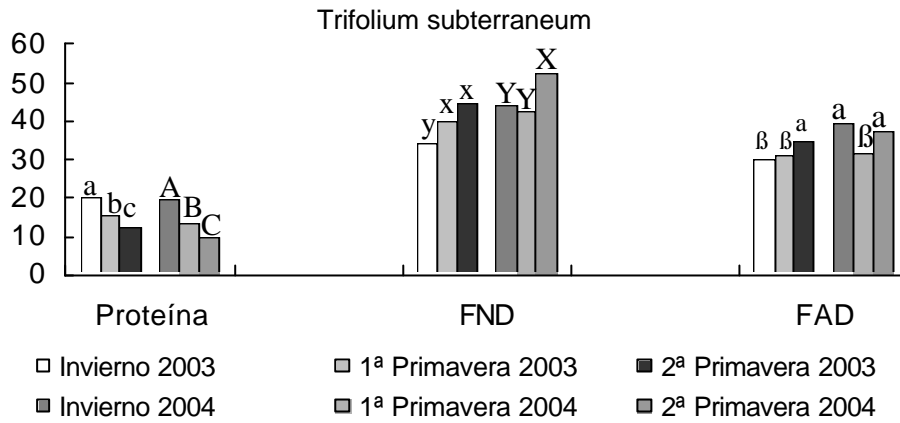


Fig. 2. Fracción de FND y FAD en la especie *Trifolium subterraneum*. Letras diferentes dentro de cada grupo indican diferencias significativas ($p < 0,05$) según el test de Duncan.

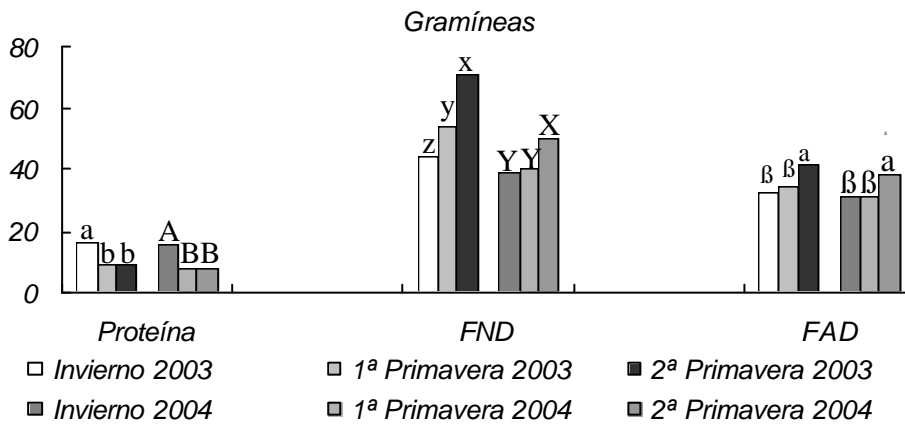


Fig. 3. Fracción de FND y FAD en las gramíneas. Letras diferentes dentro de cada grupo indican diferencias significativas ($p < 0,05$) según el test de Duncan.

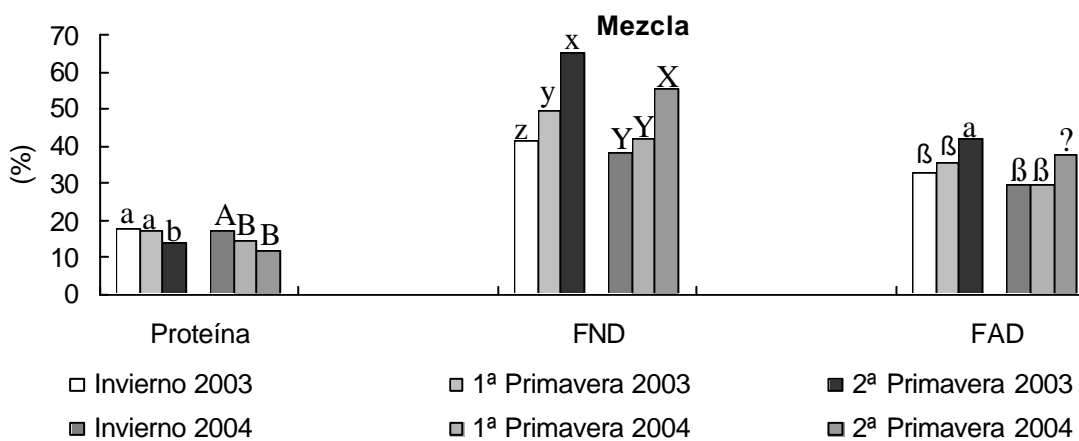


Fig. 4. Fracción de FND, FAD y proteínas en la mezcla de todas. Letras diferentes dentro de cada grupo indican diferencias significativas ($p < 0,05$) según el test de Duncan.

Los rangos de la fibra neutro detergente, en los dos años de estudio, fluctúan entre 33,4 % y 71,2 % (Fig. 1-4). Al avanzar el estado de madurez de la planta aumenta el contenido en FND.

Los niveles de FND son mayores en las gramíneas que en la leguminosas en los 2 años de estudio, lo que concuerda con los resultados obtenidos por otros autores (Pérez Corona *et al.*, 1995; Vázquez de Aldana *et al.* 2000) que indican que el contenido de hemicelulosa en gramíneas es del orden del doble al de leguminosas y otras familias. Se encontraron diferencias significativas ($p < 0,05$), entre el principio de primavera y final de primavera, en todos los años de estudio, excepto para el caso del *Trifolium subterraneum* en el año 2003 (Fig. 2). En el año 2004 en ningún caso existieron diferencias significativas entre el invierno y la primera primavera, mientras que en el 2003 las hubo siempre (Fig. 1-4), lo que indica que el año de muestreo influye de forma significativa.

Los valores de la fibra ácido detergente oscilan entre 29,1 y 39,4 % (Fig. 1-4). Al avanzar el estado de madurez de la planta aumenta el contenido en FAD. Se encontró diferencias significativas ($p < 0,05$), entre el segundo muestreo de la primavera y las otras dos épocas de muestreo, en todos los años de estudio, excepto para el caso del *Trifolium subterraneum* en el año 2004 (Fig. 2).

Conclusiones

Con los datos obtenidos, podemos concluir que la calidad del pasto que se oferta en las dehesas del sur-oeste de la provincia de Badajoz, presenta una variación significativa a escala temporal que afecta al contenido de proteína bruta y fibra neutro detergente, siendo la oferta de biomasa disponible para los rumiantes en pastoreo la adecuada a sus necesidades.

Bibliografía

AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL 1968. Necesidades nutritivas de los animales domésticos. N°2. Rumiantes. Ed. Académica. León

FERRER, C.; BROCA, A., 1999. El binomio agricultura-ganadería en los ecosistemas mediterráneos. Pastoreo frente a “desierto verde”. En: Actas de la XXXIX Reunión Científica de la SEEP, 309-334. Almería (España)

GOERING, H.K.; VAN SOEST, P.J., 1970. Forage Fiber Análisis. Agricultural Handbook n° 379. United States Department of Agriculture. Washington DC. (USA).

OLEA, L.; VIGUERA, F.J. 1998. Pastizales y cultivos. En: Hernández, C (ed.) la dehesa *Aprovechamiento sostenible de los recursos naturales*, Ed. Agrícola Española S.A. Madrid, 95-114.

PÉREZ CORONA, M.E.; GARCIA-CIUDAD, A.; GARCIA CRIADO, B.; VÁZQUEZ DE ALDANA, B.R., 1995. Patterns of aboveground herbage production and nutritional quality structure on semiarid grasslands. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, **26**, 1323-1341.

SPSS, 2002. SPSS para windows, versión 11.5. SPSS Inc. 1989-2002.

VÁZQUEZ DE ALDANA, B.R.; GARCIA-CIUDAD, A.; PÉREZ CORONA, M.E.; GARCIA CRIADO, B.; 2000. Nutritional quality of semiarid grasslands in western Spain over 10-year period: changes in chemical composition of grasses, legumes and foros. *Grass and Forage Science*, **55**, 209-220.

VIGUERA, F.J.; OLEA, L; 1999. Levels of bioelements and their relation to the ruminants needs in the most important pasture-plant species of the wooded dehesa (grazing-land) in the south-west of Spain. *Options mediterraneennes*. **39**, 251-255.

PASTURE NUTRITIONAL QUALITY FROM THE SOUTH-WEST OF EXTREMADURA *DEHESA*

Summary

In the present paper, pasture nutritional quality from the south-west of Extremadura *dehesa* was studied over a period of two agricultural years (2002-2004). Samples were taken in three moments: one in winter and two in spring, one of them at the beginning and the other in the final part. For all this, several plant sets representative from 6 *dehesa* fields in the south-west of Extremadura were checked. Pasture nutritional quality, which is represented by protein content and fiber, took the following value ranges (referred to dry matter): protein content 12.1-17.3%; neutral detergent fiber (NDF) 33.4-71.2%; acid detergent fiber (ADF) 29.1-39.4%. The studied pasture nutritional quality, related to protein content and neutral detergent fiber, had significant differences between years.

Key words : fiber, protein, *pratense*

REGENERACIÓN SEXUAL EN TALLARES ENVEJECIDOS Y RESALVEADOS DE ENCINA Y QUEJIGO: IMPLICACIONES PARA EL USO SILVOPASTORAL.

ALFREDO BRAVO FERNÁNDEZ *, SONIA ROIG & RAFAEL SERRADA
 Dpto. Silvopascicultura. EUIT Forestal. Ciudad Universitaria s/n. 28040 Madrid. Spain.
 Telf: +34 913 367 538 Fax: +34 915 446 025
 * alfredo.bravo@upm.es

Resumen

Este trabajo analiza varios aspectos relacionados con la regeneración sexual de tallares envejecidos de encina y quejigo en el centro de la península Ibérica tras la aplicación de resalveos de conversión con distintos pesos de clara. Se realizó el seguimiento de brinzales, de la producción de bellota y capacidad germinativa de las dos especies durante dos años y en masas testigo y tratadas. En los dos periodos vegetativos estudiados no se encontró ningún brinzal en ninguna de las masas de las dos especies y la producción de bellota en quejigo fue asimismo nula. La aplicación de los resalveos con diferentes pesos no disminuyó la producción de bellotas por hectárea en el caso de la encina, encontrando una tendencia creciente en la producción de bellotas por pie y el área basimétrica extraída en el tratamiento de conversión. La capacidad germinativa de las bellotas fue la misma en los distintos sitios, tratamientos y orígenes de las masas ensayados.

Palabras clave: monte bajo, resalveo, *Quercus ilex*, *Quercus faginea*, bellota, brinzal.

Introducción

Los tallares de encina (*Quercus ilex* L.) y quejigo (*Q. faginea* Lamk) – masas formadas por brotes de cepa y/o raíz - ocupan en la península Ibérica alrededor de 1,5 millones de hectáreas. Asociadas tradicionalmente a una gestión antrópica intensiva para la producción de leñas y con uso pastoral, estas masas presentan hoy en día severos problemas ecológicos, selvícolas y socioeconómicos que pueden llegar a comprometer su persistencia y estabilidad (Bravo, 2003). Uno de los problemas generalizados en estos tallares envejecidos es su escasa fructificación, lo que junto a las condiciones limitantes causadas por la elevada competencia dan lugar a una casi total ausencia de regeneración sexual (Serrada, 2005), y por tanto de renovación genética de estas masas. Esto es especialmente preocupante dado que, entonces, este sistema se basa para su persistencia exclusivamente en que las cepas mantengan su vigor, o al menos se mantengan vivas y con capacidad de brotación. Sin embargo, estas cepas llevan siendo explotadas, a menudo con prácticas anticulturales, desde hace mucho tiempo, sin haberse beneficiado las masas de renovación genética alguna, y pueden empezar a morir en breve, pasando antes por un periodo de evidente deterioro vegetativo. Por otro lado, la teóricamente escasa producción de semilla influye negativamente en el aprovechamiento silvopastoral, para el que a menudo estas masas presentan una clara vocación, y que de hecho también se ve dificultado por la elevada densidad (Bravo, 2003).

Un resumen y análisis de las principales alternativas a la situación de estos tallares envejecidos se puede encontrar en Bravo (2003). De entre todas las opciones, una de las más interesantes cuando las condiciones de la estación permitan su aplicación es el denominado resalveo de conversión en monte bajo, plan de claras que busca llegar a un monte alto tras pasar por una etapa de fustal sobre cepas. Sus características aparecen en Bravo (2003) y Serrada (2005). Supuestamente, una de las consecuencias de la aplicación de esta práctica selvícola es el aumento en la producción de semillas, lo que mejora las condiciones para el aprovechamiento

silvopastoral y aumenta las posibilidades de regeneración sexual, también beneficiada por la reducción de espesura.

No contamos con muchos trabajos dedicados a evaluar el efecto de tratamientos selvícolas en estos tallares envejecidos sobre aspectos relativos a la regeneración sexual de las masas. Zulueta y Montero (1982) ensayaron claras de diferente peso en un tallar de quejigo de 23 años, concluyendo que, un año después de ejecutar las cortas, a partir de cierto peso de clara se consigue aumentar la producción de bellota por hectárea y por pie, aumentar el número de pies productores y aumentar el peso unitario de las bellotas. Sin embargo, parece que la respuesta no se mantuvo en el tiempo, volviendo en años sucesivos a una situación muy similar a la previa a los resalveos (San Miguel, comunicación personal). Por otro lado, San Miguel (1985) estudia la presencia y desarrollo de brinzales en tallares de quejigo en Guadalajara, encontrando una gran variabilidad en los resultados; el autor destaca la nula presencia de brinzales en los montes bajos con edad inferior a 15 años, y la ausencia de brinzales con más de 40 cm de altura en los tallares estudiados, que justifica por las condiciones de elevada competencia. Ducrey (1992 y 1993), para encina de la subespecie *ilex* y montes franceses, habla del nulo papel de la regeneración sexual en los tallares. Aunque hay producción abundante de bellota cada 2 ó 3 años, dice, sólo se pueden encontrar brinzales de menos de un año, muriendo después por falta de agua y luz; en los montes bajos aclarados los brinzales también se encontrarían con serios problemas debidos a la competencia con el rebrote y a la desecación del suelo por la puesta en luz.

En este trabajo pretendemos estudiar diversos aspectos relacionados con la regeneración sexual en tallares envejecidos y en conversión de encina y quejigo situados en la región central de la península Ibérica. Los objetivos concretos son: (1) evaluar la presencia de brinzales, en cuanto a su número y estado de desarrollo; (2) comparar la producción de bellotas por unidad de superficie y por pie entre tallares envejecidos sin tratar y tallares similares sometidos a primeras claras de distinto peso, en el marco de la aplicación del resalveo de conversión en monte bajo; y (3) comparar la capacidad de germinación de las bellotas procedentes de tallares con y sin resalveos.

Materiales y Métodos

El trabajo se desarrolló en cinco localidades del centro peninsular (tabla 1) en tallares envejecidos de encina y quejigo. Además, el monte de Riofrío (tabla 1), fustal sobre cepas con presencia de brinzales y estructura adhesionada, se utilizó para comparar el comportamiento de las bellotas procedentes de tallares tratados y no tratados con las procedentes de un encinar con pies dispersos de elevadas dimensiones y edades. El tratamiento de resalveo incluía cuatro niveles caracterizados según el porcentaje de área basimétrica extraída: testigo, G_x : 0 %; clara débil $0 < G_x < 40$ %; clara moderada $40 < G_x < 55$ %; y clara fuerte con $G_x > 55$ %. Se realizaron tres repeticiones de cada tratamiento en cada localidad, con una parcela de 1600 m² por combinación. Las claras se realizaron en febrero y marzo de 1995.

En noviembre de 1995 y de 1996, transcurridos los dos primeros periodos vegetativos tras la ejecución de las claras, se procede a la recogida de bellotas; todos los pies que proyectan sus copas total o parcialmente sobre las parcelas fueron sacudidos diez veces cada uno de ellos. Se cogieron todas las bellotas encontradas en el suelo en la superficie de cada parcela, anotando su peso mediante pesola (error inferior al 2%). Se mezclaron cantidades similares de bellotas de las cuatro repeticiones de cada tratamiento, tomando y pesando al fin una única muestra de bellotas por parcela, de peso generalmente cercano a 1 kg, que fue llevada a laboratorio. En Riofrío se recogió una muestra de bellotas en noviembre de 1996 seleccionando al azar 10 pies, colocando un marco cuadrado de madera de 50 cm de lado a intervalos de 1,5 m desde la base del pie de cada encina en cuatro radios orientados según los puntos cardinales, y tomando bellotas en cada una de las posturas de dicho marco. El material recogido se homogeneizó, extrayéndose después

una muestra de 1 kg para las posteriores tareas en laboratorio. Para localizar brinzales y poder realizar su seguimiento, en abril de 1996 y 1997 se revisó la superficie de todas las parcelas.

En laboratorio las bellotas se clasificaron según tamaño (límites de cedazo de 1,4 y 0,8 cm) y estado (dañada o no por insectos, los encontrados fueron *Balaninus elephants* y *Cydia fagiglandana*). En el ensayo de germinación, para cada grupo de bellotas (combinación de tamaño, estado, tratamiento) se seleccionaron al azar 50 bellotas, que se colocaron en bandejas de plástico sobre arena lavada en invernadero, con condiciones controladas de riego –sustrato siempre húmedo pero no encharcado-, humedad ambiente –80%- y temperatura –23 °C- y se realizó un control cada tres días, anotando y retirando las bellotas germinadas, durante dos meses.

Los análisis estadísticos se han realizado con el programa SPSS para Windows, versión 9.0.1 (1999; © SPSS Inc., 1989-1999). Las técnicas empleadas han sido el análisis de varianza con suma de cuadrados tipo III y diferentes contrastes *a posteriori*. Al analizar la producción de bellota se consideran dos factores –tratamiento y sitio- y su interacción. En los análisis de capacidad germinativa se estudió la influencia de los factores sitio, estado previo de las bellotas (sanas o afectadas por insectos), tamaño (grandes, medianas o pequeñas) y tratamiento (control o resalveo). Posteriormente se comparó el porcentaje de germinación entre los tallares y el fustal adhesado sobre cepas (Riofrío), con los siguientes factores: sitio, tamaño de bellotas y estado previo de las mismas.

Tabla 1: Sitios de ensayo y resumen de sus características. N: densidad inicial (pies/ha); Ho: altura dominante (m); G: área basimétrica (m²/ha); Dg: diámetro medio cuadrático (cm); Dmáx: diámetro máximo (cm). ⁽¹⁾: Dato comprobado, seguramente hay pies con edades superiores.

Sitio	Coordenadas	Especie	Tipo de masa	Edad (años)	Sustrato	N	Ho	G	Dg	Dmáx
Recuenco (GU)	40° 40' N; 2° 36' O	Encina	Tallar envejecido con resalvos	30	calizo	6471,7	5,5	16,4	5,7	12
Brihuega (GU)	40° 45' N; 2° 48' O	Encina	Tallar regular envejecido.	30	calizo	8275	4,3	12	4,3	12
Muñopedro (SG)	40° 55' N; 4° 30' O	Encina	Tallar regular envejecido.	25	silíceo	4383,3	3,6	6,1	4,2	14
Azañón (GU)	40° 40' N; 2° 36' O	Quejigo	Tallar envejecido con resalvos	35	calizo	1204,2	7,8	9,1	9,8	14
Barriopedro (Gu)	40° 45' N; 2° 48' O	Quejigo	Tallar regular envejecido.	41	calizo	2275	5,9	9,1	7,1	14
Riofrío (SU)	40° 53' N; 4° 08' O	Encina	Fustal sobre cepas adhesado	hasta 250 ⁽¹⁾	silíceo	99,9	7,6	12,3	39,6	82

Resultados y Discusión

Seguimiento de brinzales

No se encontró ningún brinzal en ninguno de los tallares considerados de ambas especies, de modo que ha sido imposible realizar su seguimiento. La ausencia de brinzales puede estar causada por la escasa fructificación, o fructificación nula constatada en los quejigares estudiados, por la incapacidad de las bellotas para germinar, o por las inapropiadas condiciones para la germinación y desarrollo inicial de las plántulas. En este sentido seguramente ha influido la serie de años anteriores con fuertes sequías. En cualquier caso, no creemos que se pueda considerar como general la nula presencia de brinzales en los tallares envejecidos, o en conversión, de encina o quejigo en la zona de estudio.

Producción de bellota en tallares de quejigo

En ninguno de los tallares de quejigo se encontró ninguna bellota en los dos años estudiados, por lo que en lo sucesivo sólo nos referiremos a análisis realizados para los tallares de encina.

Es probable que la explicación a esta ausencia total de fructificación en los tallares de quejigo esté en parte en el carácter vecero de la especie, pero parece excesivo no haber localizado ni una sola bellota en los dos años, después de haber realizado una búsqueda minuciosa en una superficie considerable. Debemos decir, además, que tanto en Azañón como en Barriopedro sí fructificaron con abundancia pies de quejigo con mayor desarrollo que el resto de la masa situados junto a caminos, al pie de laderas, solitarios entre cultivos... sin duda antiguos resalvos que cuentan con más suelo y con menos competencia. Pensamos que la nula fructificación tiene mucho que ver con el estado del tallar envejecido y sus problemas selvícolas. En cualquier caso, es interesante resaltar que las claras no han conseguido estimular la producción de bellotas en los dos primeros años, lo que entra en contradicción con los resultados obtenidos 16 años antes por Zulueta y Montero (1982) en un monte cercano, ya comentados. Además, los años previos a nuestro ensayo se caracterizaron por una fuerte sequía, lo que unido a intensas heladas en el invierno de 1995 a 1996 pudo también influir en la situación. En cualquier caso, sería necesario evaluar la producción de bellotas tanto en nuestras parcelas como en las del ensayo anterior a lo largo del tiempo, para ver la evolución de la respuesta.

Producción de bellota en tallares de encina

La producción de bellotas fue prácticamente nula en los sitios de Brihuega (79% de las parcelas no tenía ninguna bellota) y Muñopedro (50% de las parcelas sin bellotas); las parcelas que sí presentaban bellotas tenían muy poca cantidad. No hay ninguna relación entre la ausencia o escasa presencia de bellotas y el tratamiento aplicado, y tampoco se detectó que quedase un número apreciable de frutos en las copas. Si bien la encina es menos vecera que otras especies de su género, pueden aparecer frecuentes periodos sin cosecha o con muy poca, sobre todo en las localidades más frías o secas (Jiménez Sáncho *et al.* 1996; Gea-Izquierdo *et al.*, 2006). La sequía producida unos años antes de la experiencia también ha podido influir.

En El Recuenco, la producción de bellotas por hectárea tras el primer periodo vegetativo posterior a las claras fue escasa, pero superior a la de los otros tallares (9,8 kg/ha – desv.tip:14,13- fig.1). El efecto del tratamiento no fue significativo en esta variable ni en la producción por pie

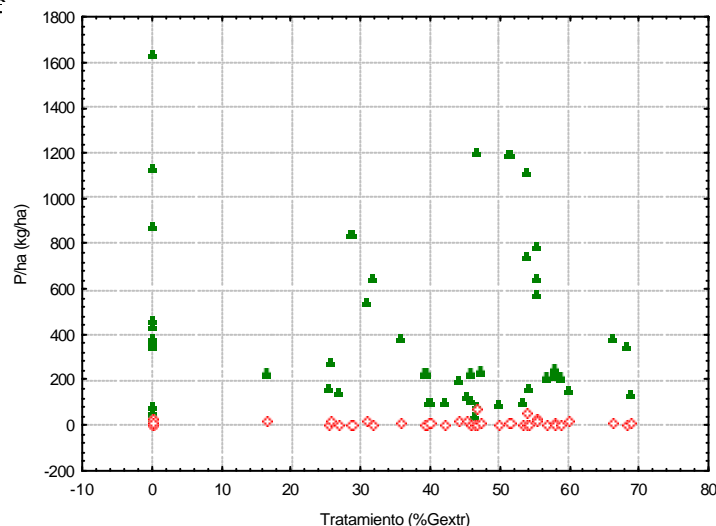


Figura 1 Producción de bellotas, en kg/ha, frente al tratamiento. “El Recuenco”. Rombos huecos, un periodo vegetativo tras las claras; triángulos llenos, dos periodos vegetativos después. %Gextr: peso de clara expresado como porcentaje del área basimétrica extraída.

Durante el segundo periodo vegetativo se obtuvieron valores de producción de bellotas por hectárea muy variable según montes (fig.2). La mayor producción se midió en El Recuenco (395,1 kg/ha y desv.tip de 373.9), frente a los 155,5 kg/ha de Brihuega (desv.tip de 321,8) o los

44,6 kg/ha de Muñopedro (desv.tip de 43,1). Los distintos pesos de claras no presentan diferencias significativas en la producción de bellota por hectárea; es decir, aun habiendo reducido la densidad, la producción de bellotas por superficie no varió. La ejecución de primeras claras de resalveo en tallares envejecidos de encina como los estudiados reduce la competencia entre los chirpiales al disminuir la espesura, y no reduce la cantidad de bellotas que llegan al suelo; se mantiene igual la posibilidad de regeneración sexual y de aprovechamiento pastoral de estos frutos, aunque ambas cuestiones se ven favorecidas con el cambio de estructura de la masa.

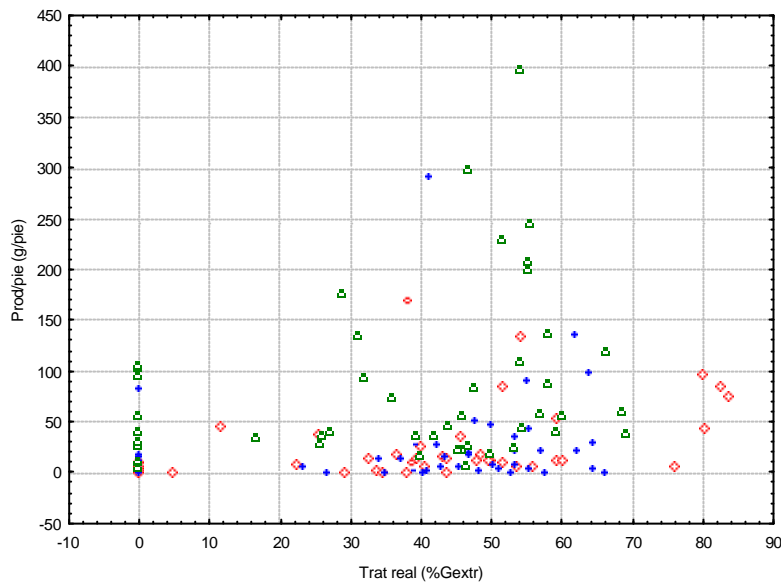


Figura 2 Producción de bellotas por pie frente al tratamiento, para los tallares de encina estudiados, dos periodos vegetativos después de las claras. %G_{extr}: peso de clara expresado como porcentaje del área basimétrica extraída.

La producción de bellotas por pie (ej. El Recuenco, fig.3) oscila mucho entre montes estudiados, pero presenta una clara tendencia creciente al aumentar la intensidad del tratamiento. El análisis de varianza muestra diferencias significativas entre los niveles de tratamiento de testigo y clara débil, por un lado, y clara fuerte, por otro lado. Las diferencias aparecen, por tanto, al superar pesos del 55% del área basimétrica extraída, frente a extraer hasta un 40%. Posiblemente no se trata de que aumente la producción de bellotas en los resalvos como consecuencia de la reducción de competencia, sino de que en el tallar envejecido la mayor parte de la producción se concentra en los chirpiales de más desarrollo, que son los que generalmente se dejan sin aparear en el resalveo.

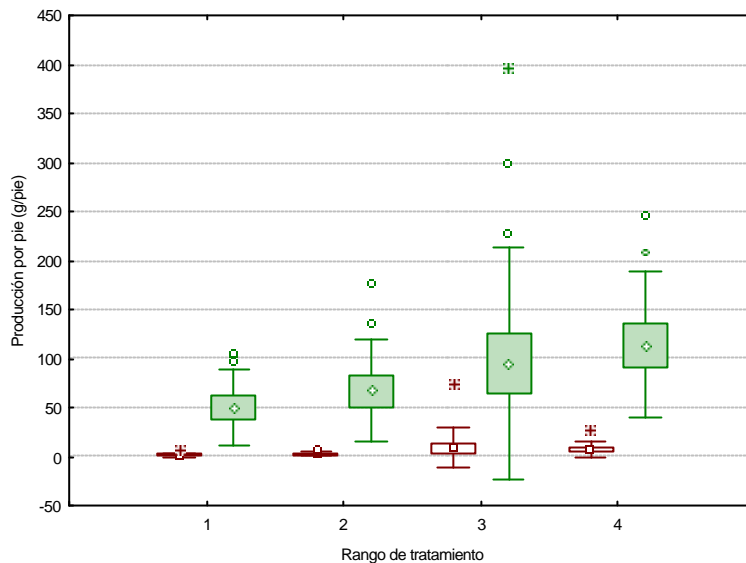


Figura 3. Producción de bellotas por pie frente a los niveles de tratamiento, para “El Recuenco”, uno y dos periodos vegetativos después de las claras (segundo año, rallado). Valor central: media, límites de la caja: error estándar; límites lineales: desviación típica). Niveles del tratamiento en % de área basimétrica extraída (1: 0%; 2: 0-40%; 3: 40-55%; 4: >55%).

Ensayos de germinación

Los resultados fueron similares para las bellotas recogidas en los distintos sitios de ensayo y para los distintos tratamientos, sin encontrarse diferencias significativas en estos dos factores. El hecho de realizar resalveos dos años antes no influye sobre la capacidad de germinación de las bellotas. Germinan mejor significativamente las bellotas grandes y medianas que las pequeñas, - puede que al menos una parte de las bellotas más pequeñas hayan tenido algún problema en su desarrollo y no sean viables- y las sanas mejor que las afectadas por plagas,- las larvas pueden haber dañado al embrión (Zeller 1958 en Jiménez Sancho *et al.*, 1996). En la comparación entre capacidad de germinación de bellotas procedentes de tallares o de fustal sobre cepas adhesado no hay diferencias significativas. Según estos datos, parece que la generalizada ausencia de regeneración sexual en los montes bajos de encina no se debe a una menor capacidad de las bellotas para germinar sino que sugiere el efecto de las limitantes condiciones ecológicas del sistema, posiblemente en relación con la competencia por agua y luz.

Conclusiones

Se han evaluado los efectos sobre la producción de fruto y la germinación de la ejecución de un resalveo de conversión en monte bajo sobre tallares envejecidos de encina y quejigo durante el primer y segundo año posteriores al tratamiento. No aparecen diferencias significativas en la producción por hectárea en función del peso de clara aplicado en el resalveo, por lo que la reducción de espesura que supone este tratamiento no origina una disminución en la cantidad de bellotas. Las difíciles condiciones climáticas de la zona, en general, y en concreto, de los años de estudio; la marcada variabilidad interanual en la producción de bellota; los problemas selvícolas y ecológicos asociados al abandono tras un aprovechamiento intensivo de estas masas hacen aconsejable continuar este tipo de estudios a medio y largo plazo.

Bibliografía

BRAVO FERNÁNDEZ, J.A. 2003. *Resalveos de conversión en montes bajos de la región central de la Península Ibérica*. Tesis doctoral. Departamento de Silvopascicultura. E.T.S.I. Montes. Universidad Politécnica de Madrid.

CAÑELLAS, I.; RÍO, M.; ROIG, S.; MONTERO, G. 2004. Growth response to thinning in *Quercus pyrenaica* Willd coppice stands in Spanish central mountain. *Ann For Sci* 61: 243-250.

DUCREY, M. 1992. Quelle sylviculture et quel avenir pour les taillis de chêne vert (*Quercus ilex* L.) de la région méditerranéenne française. *Revue Forestière Française*, XLIV, n° 1 (12-33).

DUCREY, M. 1993. Reflexions sur la sylviculture des taillis de chêne vert dans le midi méditerranéen. *Rencontre Forestiers-Chercheurs en Forêt Méditerranéenne*. La Grande-Motte. 6-7 octobre 1992. Ed. INRA (Les colloques n° 63). Paris.

GEA-IZQUIERDO, G.; CAÑELLAS, I.; MONTERO, G. 2006. Acorn production in Spanish hola oak woodlands. *Invest Agrar: Sist Recur For* 15 (3): 339-354.

JIMÉNEZ SANCHO, M.P.; DÍAZ-FERNÁNDEZ, P.M.; IGLESIAS SAUCE, S.; DE TUERO Y DE REYNA, M. y GIL SÁNCHEZ, L. 1996. *Las regiones de procedencia de Quercus ilex L. en España*. ICONA.

SAN MIGUEL, A. 1985. *Ecología, tipología, valoración y alternativas silvopascícolas de los quejigares –Quercus faginea Lamk.- de Guadalajara*. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid.

SERRADA, R. 2005. *Apuntes de Selvicultura*. E.U.I.T. Forestal. Universidad Politécnica de Madrid.

ZULUETA, J. de y MONTERO, G. 1982. Posibilidades de mejora silvopascícola en montes bajos de quejigo (*Quercus faginea* Lamk). Efecto de los aclareos en la producción de bellota. *An. INIA, Serie Forestal*. N° 6. (75-87). INIA. Madrid.

Agradecimientos

Este trabajo se ha desarrollado en el marco del Proyecto MEDCOP-*Improvement of coppice forests in the mediterranean region*. AIR 2 CT94-0905, financiado por la DG XII de la Unión Europea. La localización de las masas estudiadas habría sido imposible sin la colaboración de diverso personal de los Servicios Forestales de las Juntas de Comunidades de Castilla-León y Castilla-La Mancha.

SEXUAL REGENERATION IN OLD AND THINNED COPPICES OF HOLM OAK AND *QUEJIGO* OAK: SILVOPASTORAL USE IMPLICATIONS

Abstract

In this paper we analyzed several aspects related with sexual regeneration of old coppices of holm oak and quejigo oak in Central Iberian peninsula some time after the application of different regimes of thinning. Seedlings evolution, acorn production and germination capacity of acorns were studied during a period of two years, in thinned and control stands for the two species. During the two studied vegetative periods no seedling was found at any stand. Acorn production on quejigo oak was also null. The application of different thinning regimes didn't cause significant differences on acorn production per hectare on holm oak stands, although we find a non significant increasing trend between acorn production per stem and extracted basal area in the thinning treatment. Germination capacity didn't show significant differences among locations, treatments and origins of studied woodlands.

Keywords : coppice, thinning, *Quercus ilex*, *Quercus faginea*, acorn, seedling.

TIPOLOGÍA DASOMÉTRICA DE LOS REBOLLARES (*Quercus pyrenaica* Willd.) DE LA ZONA CENTRO DE LA PENÍNSULA IBÉRICA

SONIA ROIG*, MIREN del RÍO, RICARDO RUIZ-PEINADO & ISABEL CAÑELLAS
 Centro de Investigación Forestal. INIA. Ctra la Coruña km 7,5. 28040 Madrid. Spain
 Telf: +34 913 473 990 Fax: +34 913 476 767
 *sroig@inia.es

Resumen

Las formaciones de montes medios y bajos con rebollo como una de las especies principales constituyen uno de los paisajes silvopastorales más característicos de la España peninsular de suelos ácidos y climas fríos. Se ha elaborado una tipología de las masas con rebollo en las comunidades de Castilla y León y Madrid de forma previa al desarrollo de modelos de gestión sostenible para las distintas agrupaciones dada la gran variabilidad de formaciones encontrada. La base de partida ha sido la información dasométrica del Inventario Forestal Nacional donde se seleccionó una muestra 240 parcelas donde el rebollo (*Quercus pyrenaica* Willd.) fuera una de las tres especies principales. Tras un análisis de componentes principales previo que sintetizó la información de 11 variables dasométricas en seis ejes, se ha realizado una clasificación ascendente (método aglomerativo de Ward y distancia euclídea) para definir seis grupos de rebollares. La tipología elaborada discrimina claramente las masas mixtas, los tallares desarrollados y las masas adhesionadas.

Palabras clave: análisis cluster, Inventario Forestal Nacional, ACP.

Introducción

El rebollo (*Quercus pyrenaica* Willd.) ocupa en la Península Ibérica grandes extensiones, generalmente en formaciones de monte bajo o medio en paisajes silvopastorales muy característicos en la España peninsular de suelos ácidos y climas fríos. Las formaciones más extensas se encuentran en la ecorregión 2 *Duriense* (según la clasificación biogeoclimática de ELENA-ROSELLÓ, 1997), principalmente localizada en la comunidad de Castilla y León. La presencia y dominancia de esta especie, además, está aumentando en la región según se deduce de la comparación del segundo y tercer Inventario Forestal Nacional (IFN) (ROIG *et al.*, 2004). En el análisis de las características dasométricas y selvícolas de estas masas se observa una gran variabilidad de las principales variables de masa, tanto de las que reflejan la espesura de la masa como las del tamaño del árbol medio y del árbol dominante. De forma general, la espesura media de las masas no es muy alta (densidad de unos 550 pies/ha (ds: 660) pero con fracción de cubida cubierta del 60% -ds:21,3-) y el tamaño de los pies, discreto (diámetros medios cuadráticos de 22 cm -ds:13.69-, aunque aparecen pies de grandes dimensiones). Esta gran variabilidad observada hace aconsejable el establecimiento de una tipología basada en variables dasométricas, que permita clasificar los rebollares con el fin de establecer recomendaciones de gestión adaptadas a cada tipo de masa. El objetivo de este trabajo se centra en la elaboración de esta tipología para las masas con rebollo del centro de la Península.

Existen trabajos previos con el establecimiento de tipologías dasométricas de masas en otras especies con una metodología similar como por ejemplo, para el roble albar (*Quercus petraea* Liebl., REQUE, 2004) o la sabina albar (*Juniperus thurifera* L., ROIG *et al.*, 2006). En ambos casos queda de manifiesto la gran importancia de la gestión y uso histórico de las masas en la tipología selvícola actual de estas formaciones. En la Comunidad de Madrid se contaba con una

clasificación previa de rebollares de un trabajo de SERRADA *et al.* (1991) con un número de tipos de masa muy numeroso, basado en el origen de las mismas y en otras variables difícilmente extraíbles de un inventario forestal.

Materiales y Métodos

Se ha partido de la muestra de 200 parcelas del tercer IFN visitadas y muestreadas en campo con presencia de rebollo. Las variables utilizadas para establecer la tipología de los rebollares (tabla 1 y 2) son las principales variables dasométricas por parcela obtenidas mediante el programa BASIFOR (BRAVO *et al.*, 2002) (variables que reflejan la espesura y el tamaño del árbol medio y dominante) y otra serie de variables que describen la diferenciación horizontal y vertical de la masa, la presencia de regenerado y el porcentaje de rebollo en las masas mixtas, que se han obtenido directamente de la base de datos de pies mayores y pies menores del IFN. Se realizó un análisis factorial multivariante (extracción de componentes principales -ACP) con estas 11 variables dasométricas para separar los distintos grupos (Tabla 1). Posteriormente al ACP se realizó un análisis *cluster* (método aglomerativo de Ward según distancia euclídea) y se analizaron los grupos obtenidos. Esta misma metodología se aplicó a una muestra independiente de 40 parcelas del IFN3 en la misma ecorregión en la Comunidad de Madrid (Sistema Central, exposición sur) y se compararon los grupos obtenidos en esta segunda muestra con los de la primera clasificación según las distancias entre grupos. El muestreo en campo de las tasas de consumo de herbáceas y leñosas (ROBLES *et al.*, 2002) en las parcelas de Madrid permitió analizar la relación entre grupos de rebollares e indicadores de uso pastoral.

Tabla 1. Variables utilizadas en el análisis multivariante previo a la determinación de grupos de rebollares en Castilla y León

N (pies/ha)	Densidad
Dg (cm)	Diámetro medio cuadrático
Hm (m)	Altura media
Ho (m)	Altura dominante
AB (m²/ha)	Área basimétrica
Índice de Reineke	Índice de espesura
(f₁) % madera fina	
(f₂) % madera mediana	Indicadores de la distribución diamétrica de la masa
(f₃) % madera gruesa	
Mezcla en N (%)	Mezcla de rebollo -en número de pies- con otras especies
Rango de alturas (m)	Rango de alturas en la parcela (h _{máx} -h _{mín}). Indicador de la estructura vertical de la masa
Pies menores	Número de pies menores en la parcela. Indicador de la regeneración de la masa

Tabla 2: Estadísticos de las principales variables dasométricas en la muestra utilizada para la elaboración de una tipología de rebollares en Castilla y León y en los grupos resultantes (Fcc: Fracción cabida cubierta, Do: Diámetro dominante; resto de variables con el significado de la tabla 1). Media (desviación típica) y en cursiva, valores mínimo y máximo.

	<i>Total</i>	<i>Grupo 1</i>	<i>Grupo 2</i>	<i>Grupo 3</i>	<i>Grupo 4</i>	<i>Grupo 5</i>	<i>Grupo 6</i>
Fcc	59,3 (21,3)	62,5 (19,27)	82,85 (12,7)	67,7 (13,2)	55,86 (19,5)	63,75 (15,3)	41,28 (19,6)
	<i>5-100</i>	<i>40-85</i>	<i>40-100</i>	<i>40-90</i>	<i>15-95</i>	<i>30-95</i>	<i>5-75</i>
N	565,1 (606,57)	1290 (866,51)	1764 (521,5)	833,8 (285,7)	367,8 (270,5)	320,9 (104,7)	79,97 (81,27)
	<i>5,1-3119</i>	<i>178,4-2509</i>	<i>1029-3119</i>	<i>519,9-1439</i>	<i>24,3-1114</i>	<i>113,2-498,7</i>	<i>5,1-403,9</i>
Dg	22,17 (13,69)	15,84 (5,9)	13,72 (2,18)	16,24 (4,8)	13,92 (5,49)	26,07 (5,49)	38,24 (18,31)
	<i>8,26-108,59</i>	<i>10,6-28,6</i>	<i>10,6-18,6</i>	<i>10,65-26,93</i>	<i>8,26-41,62</i>	<i>15,6-37,2</i>	<i>18,06-108,59</i>
Do	27,15 (13,22)	27,02 (15,41)	23,91 (8,69)	26,15 (9,08)	16,42 (5,67)	33,53 (6,6)	38,24 (17,09)
	<i>8,45-108,59</i>	<i>12,25-55,16</i>	<i>15,64-55,47</i>	<i>14,8-44,73</i>	<i>8,45-41,6</i>	<i>21,4-50,22</i>	<i>16,93-108,59</i>
Hm	8,7 (3,19)	7,4 (2,01)	8,5 (1,72)	9,17 (2,85)	6,18 (2,13)	10,95 (3,41)	10,39 (2,83)
	<i>3,53-20,2</i>	<i>4,97-10,22</i>	<i>5,7-11,5</i>	<i>5,04-15,74</i>	<i>3,53-15,5</i>	<i>4,91-20,18</i>	<i>5,34-18,59</i>
Ho	10,3 (3,65)	9,74 (3,4)	11,3 (1,91)	11,77 (3,21)	6,99 (2,41)	12,94 (3,68)	10,7 (2,94)
	<i>3,53-22,8</i>	<i>5,7-15,72</i>	<i>8,2-14,3</i>	<i>6,27-19,84</i>	<i>3,530-15,5</i>	<i>7,12-22,88</i>	<i>5,75-19,8</i>
AB	12,39 (9,9)	24,42 (18,52)	25,5 (7,5)	16,4 (7,31)	4,51 (2,39)	16,45 (6,25)	6,92 (5,38)
	<i>0,43-55,09</i>	<i>3,5-55,08</i>	<i>15-47,2</i>	<i>8,75-38,68</i>	<i>0,43-9,4</i>	<i>8,78-30,89</i>	<i>0,89-22,62</i>
Índice de Reineke	281,1 (228,7)	584,08 (409,41)	655,9 (167,5)	389,07 (126,5)	117,9 (63,7)	327,8 (108,3)	119,2 (84,12)
	<i>11,4-1315,5</i>	<i>100,1-1315,5</i>	<i>419-1081</i>	<i>224,6-765,1</i>	<i>11,4-269,6</i>	<i>196-567,6</i>	<i>14,05-375,8</i>
Rango de alturas	5,9 (3,66)	8,77 (3,11)	7,84 (2,39)	7,4 (3,29)	4,11 (3,25)	8,06 (3,14)	4,04 (3,32)
	<i>0-18</i>	<i>4-13,2</i>	<i>4,8-11,7</i>	<i>2,5-18</i>	<i>0-14,2</i>	<i>4-16,5</i>	<i>0-13</i>
f₁	37,98 (35,99)	43,65 (32,48)	56,1 (17,03)	48,24 (28,49)	63,21 (34,37)	18,11 (27,96)	4,23 (15,3)
	<i>0-100</i>	<i>0-90,87</i>	<i>31,5-84,07</i>	<i>0-88,45</i>	<i>0-100</i>	<i>0-87,7</i>	<i>0-63,04</i>
f₂	30,92 (29,20)	42,47 (22,23)	40,48 (16,3)	38,32 (25,57)	32,27 (33,95)	32,9 (30,25)	16,93 (26,62)
	<i>0-100</i>	<i>1,6-69,23</i>	<i>13,4-68,4</i>	<i>0-91,44</i>	<i>0-100</i>	<i>0-91,83</i>	<i>0-100</i>
f₃	31,09 (37,07)	13,87 (15,83)	3,42 (4,71)	13,42 (16,67)	4,5 (7,27)	48,97 (31,17)	78,83 (30,78)
	<i>0-100</i>	<i>0-37,77</i>	<i>0-16,49</i>	<i>0-57,78</i>	<i>0-30,76</i>	<i>3,07-100</i>	<i>0-100</i>
Mezcla en N	94,02 (19,09)	15,79 (16,94)	96,91 (10,7)	98 (8,34)	97,07 (9,76)	97 (9,1)	98,91 (5,08)
	<i>0,71-100</i>	<i>0,71-48,65</i>	<i>51,1-100</i>	<i>57,71-100</i>	<i>53,56-100</i>	<i>54,96-100</i>	<i>68,4-100</i>
Pies menores	10,9 (11,89)	13,3 (10,01)	10,1 (10,7)	7,15 (7,96)	15,17 (13,53)	6,86 (4,47)	4,13 (3,33)
	<i>1-69</i>	<i>3-23</i>	<i>2-28</i>	<i>1-33</i>	<i>1-48</i>	<i>1-14</i>	<i>1-11</i>

Resultados y Discusión

El ACP con las 11 variables iniciales extrajo 6 ejes que incluían un 82% de la variabilidad total. El primer eje (38% var abs) está relacionado con el tamaño de los árboles al existir una correlación positiva con los diámetros medio y dominante así como el porcentaje de pies gruesos (f_3). El segundo eje (31% var abs) está relacionado con la espesura de las masas al estar correlacionado con el área basimétrica, el índice de Reineke y la densidad. El tercer eje (8% var abs) está determinado por las variables originales de altura media y dominante. El dendrograma de clasificación (fig.1) permite establecer la relación entre los seis grupos generados y las distancias entre ellos. Se estudiaron los estadísticos descriptivos de los seis grupos para ver la coherencia de la clasificación y la posibilidad de reconocerlos fácilmente y ser capaces de clasificar la totalidad de parcelas del IFN con presencia de rebollo en la región (ej. Figs 2 y 3).

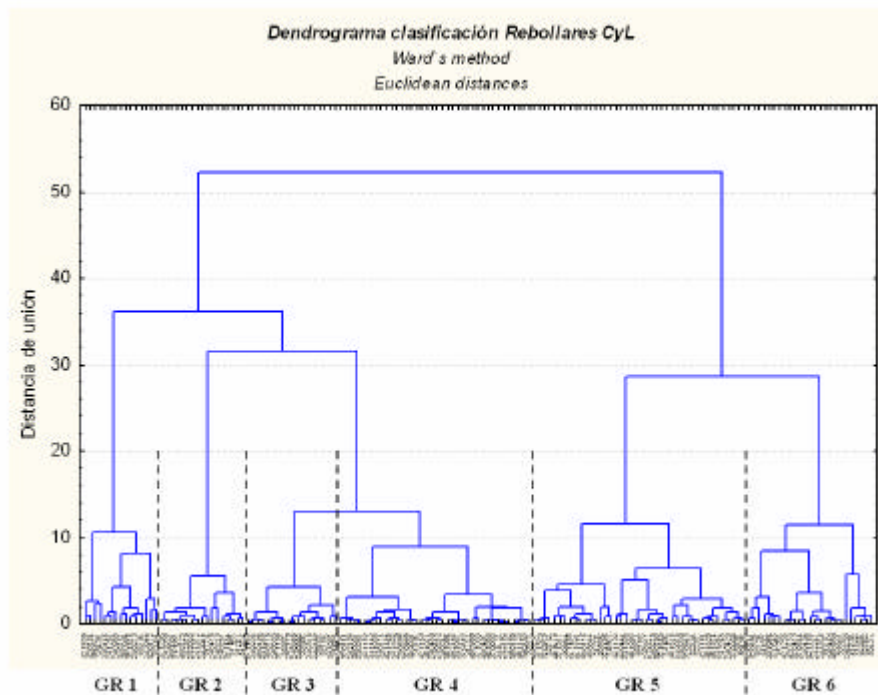


Fig. 1. Dendrograma de clasificación de las 200 parcelas muestradas en Castilla y León en rebollares y definición de 6 tipos a partir de variables dasométricas.

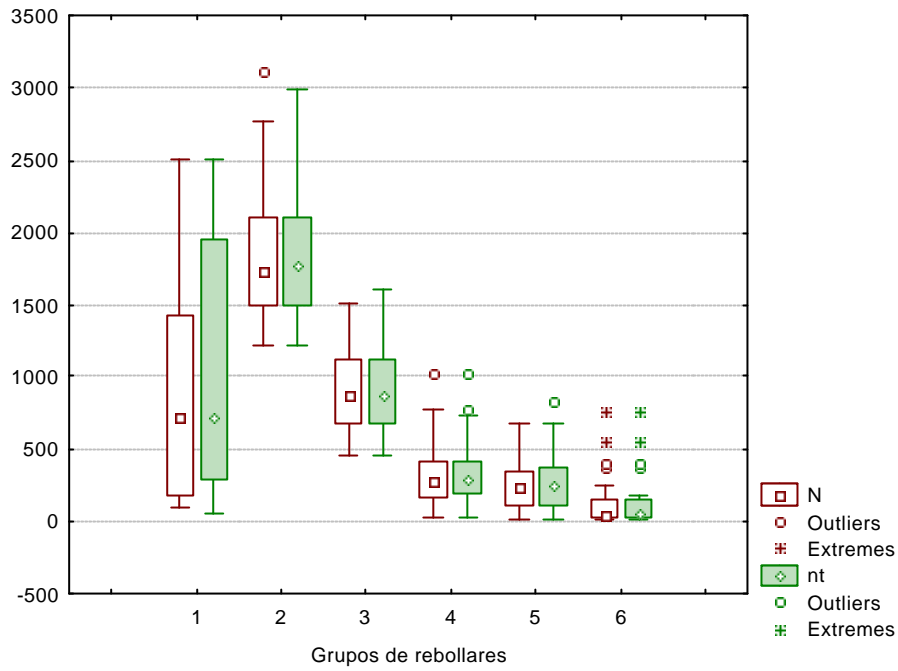


Fig.2. Diferencias entre los tipos de rebollares establecidos en las variables densidad –número de pies/ha- de rebollo (N) y densidad total (nt) para Castilla y León. mediana y percentiles 25 y 75%.

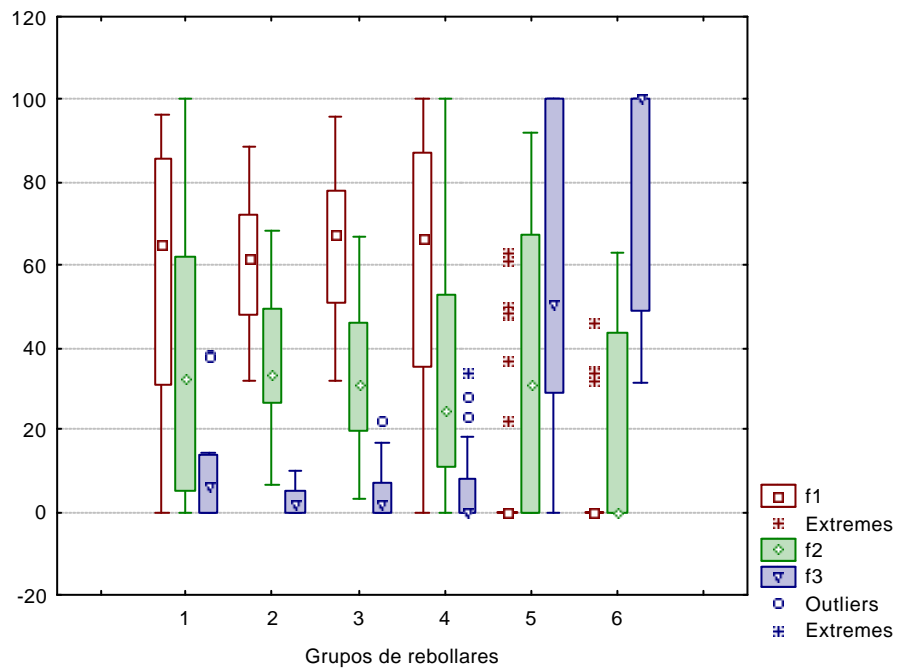


Fig.3. Diferencias entre los tipos de rebollares establecidos en las variables f_1 , f_2 y f_3 , (ver tabla 1) indicadores de la distribución diamétrica para Castilla y León. Valores “box-whiskers”: mediana y percentiles 25 y 75%

Según muestra la figura 1, los grupos 5 y 6, masas más o menos adheradas, se separan del resto en primer lugar. El grupo 5 (10,6% de las parcelas) son masas maduras, abiertas, o tallares desarrollados. Su distribución diamétrica está bastante equilibrada entre madera fina, mediana y

gruesa (dominan los pies de diámetros superiores a 22,5 cm), es decir, existen pies de varias clases de edad o bien, resalvos con distinto grado de desarrollo. Puede existir más de un estrato en altura. El grupo 6 (22,9% del total) son las dehesas, masas con menos de 200 pies/ha (normalmente con valores muy inferiores), con pies de grandes dimensiones, y dominancia en la distribución diamétrica de pies de gran diámetro. Generalmente están asociadas a un uso ganadero y la regeneración arbórea es escasa. Son característicos los valores de densidad (N: 80 pies/ha) y diámetro medio cuadrático (Dg: 38 cm y máximo de más de 100 cm) (Tabla 2).

En la otra rama del dendrograma se agrupan de forma escalonada los otros cuatro grupos. El grupo 1 son masas mixtas (21,5% de las parcelas), masas mezcladas de rebollo con otras especies en proporción menor del 50 % en número de pies. Los datos medios para cada parámetro estudiado son muy variables debido a las distintas combinaciones de masas mixtas encontradas. El grupo 2 son los tallares jóvenes puros de rebollo (14% del total). Masas bastante densas, con los pies en un único estrato homogéneo, con dominancia de pies de diámetros pequeños y medios (Dg: 13,72 cm) que compiten fuertemente entre sí. El valor de área basimétrica es superior a todos los grupos de tallares (AB: 25,5 m²/ha). El grupo 3 (9% del total) son tallares puros de rebollo con mayores diámetros, pero menor área basimétrica (Dg: 16,24 cm y AB: 16,4 m²/ha). Existe un cierto aclarado de las masas y cierta tendencia hacia masas degradadas, como se detecta en el dendrograma de clasificación. Aunque la distribución diamétrica presenta valores significativos de madera mediana y gruesa, dominan los pies con diámetros inferiores a 12,5 cm que marca el valor de diámetro medio cuadrático. La regeneración es escasa. Por último, el grupo 4 (22,1% de las parcelas) lo constituyen las masas muy claras o degradadas; son masas dominadas por el rebollo, con baja densidad (N: 360 pies/ha) y pequeño diámetro medio (Dg: 13,9 cm). La distribución diamétrica está dominada por pies de escaso diámetro, asimismo, los valores de área basimétrica (AB: 4,5 m²/ha) y altura son muy bajos (Hm: 6,1 m). Frecuentemente las parcelas muestreadas de este grupo presentan daños por pastoreo en la vegetación arbórea y arbustiva. Dominan los pies de diámetro inferior a 12,5 cm (en porcentaje superior al 63%).

Se pretendió validar la clasificación obtenida en Castilla y León repitiendo el mismo proceso de clasificación en una muestra independiente de la Comunidad de Madrid. Los resultados obtenidos fueron muy similares. La clasificación definió seis grupos de rebollares: masas mixtas (18% de las parcelas del IFN), tallares jóvenes (11,3%), masas adhesadas (24,3%), masas degradadas (18,5%) y dos tipos de tallares desarrollados con tendencia a masas degradadas (7,7%) y a masas adhesadas (25,2%). Se compararon las dos clasificaciones obtenidas con el resultado de que los ACP fueron muy similares, en cuanto a las variables que más información aportaban a la síntesis de datos y en cuanto a los grupos derivados. Los grupos más próximos fueron los de masas adhesadas (grupos 5 y 6 de Castilla y León con el grupo de dehesas de Madrid). Claramente se relacionan también las masas degradadas por un lado, y los tallares por otro, de las dos regiones, aunque las masas de Madrid cuentan con mayor proporción de masas degradadas y menos parcelas de tallares jóvenes y desarrollados. La relación entre uso pastoral intenso con tasas muy altas de consumo de especies arbustivas y herbáceas y los distintos grupos puede observarse en la figura 4.

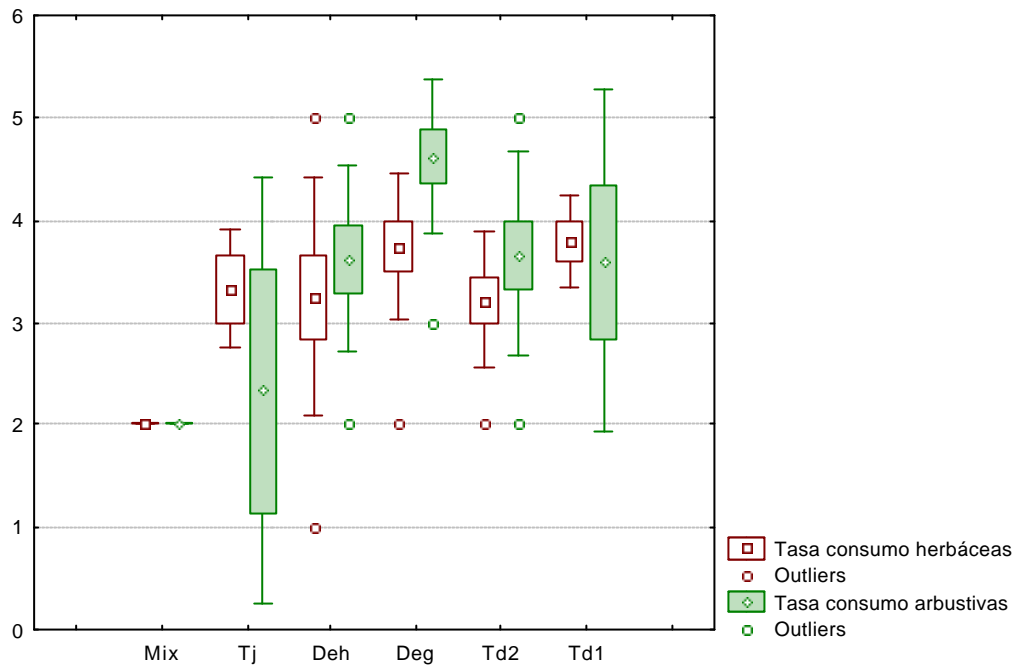


Fig 4. Tasas de consumo de pastos arbustivos y herbáceos (según metodología de Robles et al., 2002) según tipos de rebollares de la Comunidad de Madrid (Mix: masas mixtas; Tj: tallares jóvenes densos; Deh: masas adehesadas; Deg: masas degradadas; Td1: tallares desarrollados tipo 1; Td2: tallares desarrollados tipo 2). Valores “box-whiskers”: mediana y percentiles 25 y 75%)

Espesura, distribución diamétrica y composición específica han sido los principales factores que permiten discriminar los distintos grupos de rebollares del centro peninsular. Se reconocen fundamentalmente tres tipos de masas: adehesadas, tallares de desarrollo variable y masas degradadas asociadas a uso pastoral intenso. Los inventarios forestales nacionales son una buena herramienta para estudiar la evolución de estas formaciones en expansión. Por otro lado, los cambios socioeconómicos y de aprovechamientos derivados que se han producido en las últimas décadas (abandono de agricultura marginal, grado de pastoreo, etc.) han podido permitir una mayor extensión de esta especie y un incremento de sus existencias que ha podido verse reflejado en los últimos inventarios.

Conclusiones

A través de un análisis multivariante se ha establecido una clasificación con base dasométrica de los rebollares del centro peninsular, validada con una muestra independiente en la misma ecorregión biogeográfica. En próximos trabajos será necesario relacionar esta tipología fisonómica con otros factores no considerados como la historia de usos y aprovechamientos de estas masas, la dinámica vegetal de las formaciones o con otras clasificaciones ecológicas.

Bibliografía

BRAVO, F., RIVAS, J.C., MONREAL, J.A. & ORDÓÑEZ, C.; 2002. BASIFOR 2.0: Aplicación informática para el manejo de las Bases de datos del Inventario Forestal Nacional. Departamento de Producción Vegetal y Silvopascicultura. Universidad de Valladolid. www.palencia.uva.es:6080/PAGINAS/info/pvs/investiga/webPVRF/basifor/Basifor2.pdf.

ELENA-ROSELLÓ, R. (Coord.) 1997. Clasificación biogeoclimática de la España peninsular y balear. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid.

REQUE, J.A. 2004. Estructura, dinámica y selvicultura de los bosques de roble albar (*Quercus petraea* Matts. Liebl.) en la Cordillera Cantábrica Meridional. Tesis doctoral. Universidad de Valladolid.

ROBLES A.B., GONZÁLEZ A., BARROSO F.G., BOZA J., GONZÁLEZ-REBOLLAR J.L. 2002. Propuesta metodológica para el diagnóstico del estado de los pastos en el Parque Natural de Cabo de Gata-Níjar (Almería). En: Chocarro C., Santiveri F., Fanlo R., Bovet I., Lloveras J. *Producción de pastos, forrajes y céspedes*. Universitat de Lleida. Lleida: 573-579.

ROIG, S.; ALONSO PONCE, R.; RIO, M.; MONTERO, G. 2006. Tipología dasométrica de masas puras y mixtas de sabina albar (*Juniperus thurifera* L.) españolas. En: Actas del III Coloquio internacional sobre sabinares y enebrales (género *Juniperus*): ecología y gestión forestal sostenible, Soria, pp. 177-185.

ROIG S., RÍO M., CAÑELLAS I., BRAVO-FERNÁNDEZ J.A., MONTERO G. 2004. Structure characterization of *Quercus pyrenaica* Willd. open woodlands in the Spanish Central Mountain. Implications for silvopastoral management. En *Silvopastoralism and Sustainable Management International Congress*. Book of Abstracts: 101.

SERRADA R., GONZÁLEZ DONCEL I., LÓPEZ PEÑA C., MARCHAL B., SAN MIGUEL A., TOLOSANA E 1991. *Tipificación dasométrica de los rebollares (Quercus pyrenaica Willd.) de la Comunidad de Madrid. Alternativas silvopastorales. Diseño de un plan experimental*. Agencia de Medio Ambiente. Madrid.

Agradecimientos

Este trabajo se ha desarrollado en el marco del convenio DGB-INIA “*Tipificaciones ecológicas selvícolas de distintas especies forestales españolas*” y del proyecto de investigación “*Autoecología y modelos de gestión sostenible de los rebollares (Quercus pyrenaica Willd.) en la Comunidad de Madrid*”.

DASONOMIC TYPOLOGY OF REBOLLO OAK (*Quercus pyrenaica* Willd.) STANDS IN CENTRAL IBERIAN PENINSULA

Summary

Rebollo oak stands regenerated from sprouts are one of the more characteristic silvopastoral landscapes of Spain, specially on acid soils and cold weather. A typology of the Spanish *Quercus pyrenaica* Willd. woodlands has been developed for Castilla y León and Madrid states, as a first step in the design of sustainable management plans for the different groups. Plots included in the National Forestry Inventory (NFI) with *Quercus pyrenaica* as one of the three main species were selected (240 plots). Thus, data were firstly subjected to a PCA which synthesized the information of the 11 dasometric variables in 6 principal axes. Furthermore, an agglomerative hierarchical clustering (using euclidean distance and Ward clustering algorithm) was performed and resulted in six groups of *rebollo* oak woodland, which clearly separate, on the one hand, well-developed coppices, pure from mixed stands on the other, as well as oak *dehesas* with few large trees.

Key words : cluster analysis, National Forestry Inventory, PCA.

ESTIMACIÓN DE LA CAPTURA Y FLUJO DE CARBONO COMO GAS EFECTO INVERNADERO (GEI) DE SILVOPASTOREO EN LOS ANDES DE COLOMBIA

ALFONSO GIRALDO, MAURICIO ZAPATA & ELKÍN MONTOYA

Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín. Dpto. de Producción Animal. Grupo de Investigación Biotecnología Ruminal y Silvopastoreo. Calle 59A N° 63-20 Autopista Norte, A.A. 568. Medellín, Colombia. Telfax: (57) 4-4309045. e-mail: conisilvo@une.net.com

Resumen.

Se fijó como objetivo desarrollar un protocolo para la medición de la captura y el monitoreo de carbono como un servicio ambiental, en diferentes compartimientos en un sistema silvopastoril (SSP) de *Acacia decurrens* + *Pennisetum clandestinum* ubicado en los Andes de Colombia (2538 msnm), a dos densidades de siembra de árboles (1111 y 407 árboles/ha, en Alta Densidad y Baja Densidad, respectivamente). Además, realizar algunas aproximaciones orientadas a la evaluación del flujo de carbono entre animales en pastoreo y el suelo a través de las heces producidas tras el consumo por éstos de la biomasa del sistema. Después de seis años de establecido el SSP, la cantidad de carbono existente en los árboles, las pasturas y el suelo ascendió a 260 y 251 tC/ha para alta y baja densidad respectivamente. En los potreros sin árboles se alcanzó 154 tC/ha incluyendo pasturas y el suelo. El flujo de carbono a través de las heces producidas por los animales fue de 0.50, 0.47 y 0.48 tC/UA/ha/año en alta, y baja densidad de árboles y en potreros sin árboles respectivamente.

Palabras clave: Suelo, biomasa, follaje, raíces, heces.

Introducción.

Colombia posee alrededor de 22 millones de cabezas de ganado vacuno. De esta población, los sistemas de lechería especializada representan el 11% de los seis millones de cabezas destinados a la producción lechera y contribuyen con la mitad de la producción de leche del país (FEDEGAN 2006), y se encuentran ubicados en la zona andina con altitudes superiores a los 1880 m sobre el nivel del mar (Holmann *et al.*, 2003). En estos sistemas ganaderos, las transformaciones a tecnologías como el uso y la adaptación de prácticas agroforestales tienen un potencial para aumentar la producción animal y a la vez generar servicios ambientales. Aumentan el almacenamiento de carbono en los suelos y la vegetación (Dixon 1995, Ibrahim 2001), además de incrementar la biodiversidad biológica y ayudar a conservar las fuentes de agua potable (Giraldo 2000). Una estrategia para incrementar el uso de la diversidad forrajera es la utilización de mezclas de diferentes forrajes, incluyendo los SSP (Giraldo y Galindo, 2003). Los sistemas silvopastoriles (SSP) que combinan los árboles, las pasturas y los bovinos, si bien no son de uso generalizado, cada día se difunden más en el trópico latinoamericano por ser benéficos para el productor. Se fijó como objetivo estimar y evaluar el servicio ambiental de captura de carbono en el SSP de acacia negra (*Acacia decurrens*) con pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), bajo dos densidades: alta y baja de siembra. Adicionalmente se propuso evaluar el flujo de carbono desde los bovinos al suelo a través de la producción de heces en un esquema de utilización del sistema bajo el pastoreo de vacas de la raza Holstein.

Materiales y métodos.

El SSP se estableció en la finca Paysandú de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, ubicada en Santa Elena, a 2538 m de altura sobre el nivel del mar (Figura 1), temperatura media de 14°C. Zona de vida bosque húmedo montano bajo (bh-MB), sobre suelos andisoles de mediana fertilidad y de alta acumulación de materia orgánica.

Área de estudio. Se combinó la leguminosa acacia negra (*Acacia decurrens*) y la gramínea común en la zona kikuyo (*Pennisetum clandestinum*). Los árboles se plantaron a una distancia de 3 m x 3 m (1111 árboles/ha, Alta Densidad, AD) y de 5 metros en cuadro para Baja Densidad, BD (407 árboles/ha) y Testigo (potrero sin árboles, T). Ambos SSP y el área testigo, se utilizaron en pastoreo, sin ningún tipo de fertilización química u orgánica. Con el fin de comparar las existencias de carbono de los SSP con la actividad de pastoreo tradicional, se delimitó un área sin árboles con pastura de kikuyo, la cual sirvió como sistema testigo o línea base dentro del esquema de los proyectos Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL), dentro del protocolo de Kyoto. La captura de carbono, se estimó en cinco compartimientos: 1) Biomasa aérea de las plantas comprende la biomasa aérea tanto de árboles y pasturas, a los seis años después de la plantación de los árboles, los cuales tenían alrededor de 15 mt de altura.



2) Biomasa radical: comprende la: biomasa de las raíces de los árboles y las pasturas asociadas.
 3) Detritos finos y gruesos: comprende la biomasa de las partes caídas de los árboles y de los pastos.
 4) Carbono en suelo: comprende el carbono almacenado en el suelo en formas húmicas.
 5) Carbono en heces; éstas producto del pastoreo de bovinos en SSP, imprimen una dinámica importante en los flujos de carbono entre compartimientos. Se utilizaron nueve vacas adultas de la raza holstein en etapa de producción láctea con peso vivo promedio de 600 ± 18 kg. Las que pastorearon en forma secuencial los tres tratamientos de AD, BD y T, mediante pastoreo rotacional con una carga de 3 Unidades Animales (UA)/ha y se les tomó una muestra diaria de heces frescas directamente del recto, en cantidad aproximada de 140 g, durante un período de tres días consecutivos.

Se establecieron aleatoriamente tres parcelas permanentes circulares de 500 m^2 en cada SSP de AD y BD. La metodología utilizada se basa en los propuesta de Winrock (MacDicken, 1997) y los procedimientos seguidos en Antioquia, Colombia (Orrego *et al.*, 2000). En los árboles se midió el perímetro del fuste con cinta métrica de 0,1 cm de exactitud a 1,3 m sobre el piso para los árboles con diámetros mayores a 5 cm. A los árboles con diámetros superiores a 5 cm se les colocó tres clavos galvanizados en forma de triángulo 4 centímetros más abajo del sitio de medición, para tomar las lecturas con microdendrómetro. La altura de los árboles se midió con un hipsómetro mecánico marca Suunto Tandem al 30% de los árboles en cada parcela.

Para estimar la biomasa aérea de los árboles se utilizó el método de las ecuaciones de biomasa. Se cosecharon ocho árboles por fuera de las parcelas permanentes y se tuvo en cuenta su arquitectura. A cada árbol se le midió con cinta métrica el perímetro del fuste a 1,3 m sobre el suelo. Los árboles se apearon haciendo un corte a ras del suelo. Una vez apeado, se midió la longitud del fuste con cinta métrica. Todo el material de las muestras (500 g) se secó en horno a $80 \pm 1^\circ\text{C}$ hasta alcanzar peso constante. Con el propósito de extraer las raíces de los árboles, para los árboles cosechados, se rastreó el sistema radicular hasta un diámetro mínimo de 5 mm. Se extrajo la mayoría del sistema radicular, manualmente. Todas las raíces de cada árbol se limpiaron y se pesaron en campo.

Para el muestreo de las raíces en las pasturas, se usó un barreno de golpe para raíces “Root Auger Eijkelpamp” que permite obtener cilindros de suelo de 15 cm de longitud y 8 cm de diámetro. El muestreo se realizó en cada parcela permanente tomando cinco puntos aleatoriamente hasta una profundidad de 30 cm (dos muestras por punto).

Para estimar la biomasa de la pastura se cosechó el forraje que se encuentra disponible exactamente sobre los puntos de muestreo de raíces. El pasto una vez cosechado y debidamente empacado se llevó al laboratorio para determinar su contenido de humedad y peso seco en estufa de aire forzado a $80^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$.

Para obtener una muestra representativa de suelo para la determinación del carbono en el suelo, se siguió el esquema propuesto por Moreno y Lara (2003). En cada punto se utilizó un barreno sacabocado para extraer seis muestras de 15cm de alto hasta alcanzar 90 cm de profundidad. Se muestrearon estratos en el suelo: 0-15; 15-30; 30-45; 45-60; 60-75; y 75-90 cm. La determinación del contenido de carbono en el suelo se realizó en el laboratorio, mediante el método de combustión húmeda, conocido como Walkley & Black (Jackson, 1964). Para calcular de las existencias de carbono edáfico por hectárea (C t ha^{-1}), se utilizó la fórmula:

$$C = a * d(t m^{-3}) * Pm * fc \quad (1)$$

Donde: a es el área en ha, d es la densidad aparente del suelo en t.m^{-3} , Pm profundidad de muestreo en m y fc la fracción de carbono ($\%C/100$) obtenida en cada profundidad. Las estimaciones de la cantidad de carbono almacenado en los tejidos vegetales se asumieron como 50% de la materia seca (IPCC 1996; Brown 1997).

Para estimar la cantidad de heces producidas por cada animal en pastoreo, se utilizó como marcador interno la fibra ácido detergente indigerible, propuesta por Cochran *et al.* (1988), usando la siguiente fórmula (Lascano, 1990):

$$\text{Heces (kgMS/100 kgP.V.} = \%FDA_i \text{ del forraje}/\%FDA_i \text{ de las heces.} \quad (2)$$

Donde, $\%FDA_i$ es la fibra en detergente ácido indigerible del forraje consumido y $\%FDA_i$ es la fibra en detergente ácido indigerible de las heces. MS es Materia seca y P.V., peso vivo. Para estimar FDA_i del forraje se tomaron manualmente cinco muestras al azar por medio de la técnica Hand Pluck, (Euclides *et al.*, 1962). Luego de ser incubadas en el rumen de dos vacas adultas provistas de cánulas ruminales, utilizando la técnica de la bolsa de nailón, (Ørskov *et al.*, 1980) y estandarizada para forrajes tropicales por Giraldo (1996) e incubadas intraruminalmente durante 144 horas, Waller (1980).

Los análisis de FDA se realizaron en un digestor Ankom 2000[®], siguiendo los procedimientos de Van Soest (1982), tanto antes como después de ser incubadas en el rumen; la FDA indigerible de las heces, se estimó en muestras de cada animal en forma individual. Se calculó la cantidad de carbono, asumiendo que en promedio la materia vegetal (materia orgánica) el 50% es carbono, una vez se extrae el agua (MacDicken 1997).

Resultados y discusión.

La estimación del modelo alométrico en su forma lineal para *Acacia decurrens*, utilizando el diámetro del fuste como variable explicativa (Scatena *et al.*, 1993, Chave *et al.*, 2001), fue: $\ln(Bt) = -1,5136 + 2,2416 \ln(D)$; $R^2 = 0,97$; $CME = 0,634$; $N = 8$ (3)

$$\text{El modelo alométrico ajustado para la especie } A. decurrens \text{ es: } Bt = 0,2201D^{2,24} \quad (4)$$

Donde: Bt es la biomasa aérea en kg y D es el diámetro normal en cm. Con el modelo anterior se puede estimar la biomasa aérea de los árboles considerando únicamente su diámetro normal. El modelo obtenido para las raíces fue:

$$\ln(BR) = -2,902 + 2,205 \ln(D); \quad R^2 = 0,98; \quad CME = 0,117; \quad N = 7 \quad (5)$$

Donde: *BR* es la biomasa radical total de un árbol en kg, *D* es el diámetro del fuste (cm). El modelo (5) se utilizó para predecir la biomasa total del sistema radical hasta 5 mm de diámetro en todos los árboles de cada parcela y luego su equivalente en carbono por hectárea.

Tabla 1. Estimación de la biomasa y el carbono (C) fijado en la biomasa aérea y radical de los árboles de *Acacia decurrens*. Santa Elena, Colombia.

Componente						
Parcela	Biomasa Parte aérea (t/ha)	Biomasa Parte radical (t/ha)	Total para el promedio (kg)	Carbono el árbol	Total promedio* (t/ha)	Carbono (DE)
1 AD	96,69	21,21	42,33			
2 AD	56,48	12,47	22,80		48,69 ^a	(12,9)
3 AD	86,33	18,95	39,89			
Prom.	79,83	17,54	35,01			
1 BD	83,45	18,11	73,35		50,04 ^a	(2,6)
2 BD	85,88	18,62	79,44			
3 BD	77,35	16,80	68,63			
Prom.	82,23	17,84	73,81			

*Superíndices con letras distintas difieren estadísticamente (P<0,05)

En la Tabla 1 se presentan las estimaciones de las existencias de carbono por parcela en la parte aérea de los árboles a partir de las estimaciones de biomasa realizadas con las ecuaciones respectivas. En la figura 2 se presentan las estimaciones de las existencias de carbono en la parte aérea y radical del pasto *P. clandestinum*. El carbono almacenado tanto en la parte aérea como en las raíces mostró una clara tendencia a disminuir con aumentos en la densidad de plantación, debido posiblemente a la competencia entre las raíces de los árboles y de la pastura asociada. El crecimiento y el ciclo de renovación de las raíces son dos componentes claves en el secuestro de carbono en las raíces de las pasturas y permite comprender el papel de éstas en el secuestro de carbono (Fisher y Trujillo, 2000. Rao *et al.*, 2001).

Para el SSP de AD se encontró 156,21 tC ha⁻¹ en los primeros 15 cm de suelo, cantidad que diferente de las encontradas en el SSP de BD en el mismo estrato (Figura 3). En el SSP de BD el carbono en los primeros 15cm no difiere significativamente de lo encontrada en el pasto sólo.

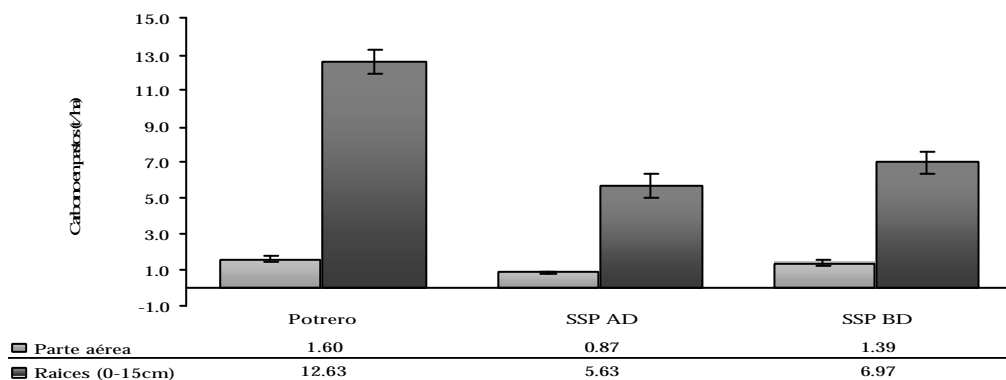


Figura 2. Existencias de carbono en *P. clandestinum* asociado con *A. decurrens* en SSP de AD y BD y en el pasto sin árboles. Santa Elena, Colombia.

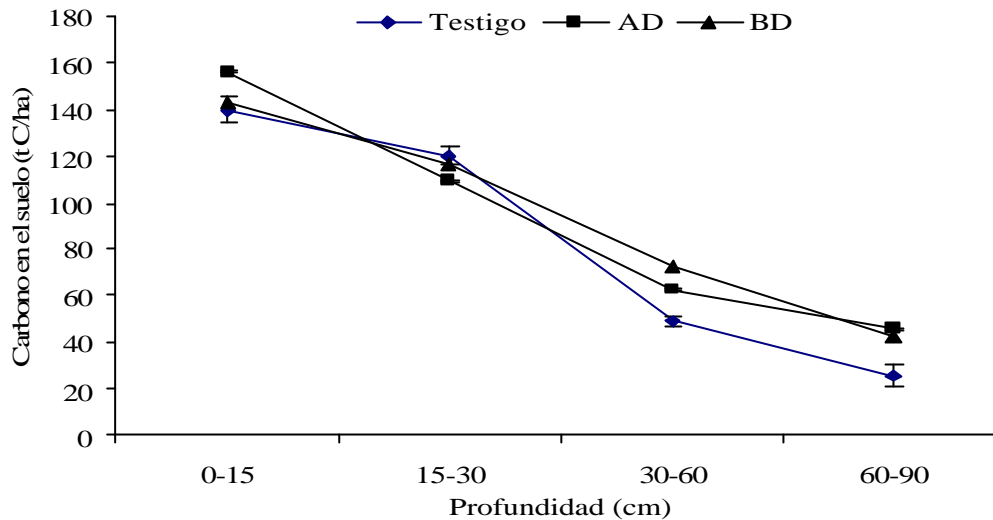


Figura 3. Comportamiento del contenido de carbono en el suelo a distintas profundidades en SSP de AD, BD y en áreas sin árboles. Santa Elena, Colombia.

A la edad de seis años el SSP de AD ha aportado suficiente material orgánico al suelo como para marcar estas diferencias. López *et al.*, (1999), reportan cómo la cantidad y la variabilidad de la distribución de carbono en el suelo disminuye y aumentan respectivamente a medida que se profundiza en el perfil del suelo, situación semejante se encontró en este trabajo.

La tabla 2 resume los estimados de la cantidad de carbono excretado por vaca/día, kg/ha/ciclo de pastoreo y en kg/ha/año. Las heces producidas por los animales se consideran como materia orgánica total (Martín y Palma 1999), las que según Veldkamp (1993), tienen una fijación de carbono en el suelo del 65% producto de la descomposición y el 35% adicional se fuga como CO₂ del suelo como producto de la mineralización de la materia orgánica. La cantidad de carbono que fluye por hectárea por año en el sistema a través de las heces es mayor en el SSP de AD, debido posiblemente al mayor consumo del forraje de kikuyo.

Tabla 2. Producción de carbono en heces por vacas holstein en diferentes sistemas de utilización de forrajes Santa Elena, Colombia.

Carbono en heces (Kg MS)	Silvopastoreo (A D)	Silvopastoreo (B D)	Testigo (Pasto sólo)
Por ciclo pastoreo (Kg/ha) ¹	69,17	65,23	67,04
Por año/vaca (Kg/Ha/año)	504,97	476,16	489,46

¹ 7 Ciclos de pastoreo. PO =3; PD = 45 días.

La tabla 3 resume la información obtenida de las existencias de carbono. Esta cuantificación se debe realizar año a año para determinar las diferencias de carbono con respecto al potrero testigo y así poder cuantificar la adicionalidad ambiental -diferencia de carbono entre la línea base: potrero testigo, y la situación con proyecto ó SSP bajo los delineamientos de proyectos MDL (IPCC 2001). Alrededor del 31 y del 32% del carbono total almacenado en los SSP de AD y BD, respectivamente corresponden a la parte aérea de los árboles.

Tabla 3. Resumen de existencias de carbono en cinco compartimientos y el flujo a través de las heces de vacas en pastoreo. Santa Elena, Colombia*.

Compartimiento	Silvopastoreo (A D)	Silvopastoreo (B D)	Testigo (Pasto sólo)
Parte aérea de los árboles (tC/ha)	79,839	82,232	-
Parte radical de árboles (tC/ha)	17,549	17,847	-
Parte aérea de pastos (tC/ha)	0,87	1,39	1,60
Parte radical de pastos (tC/ha)	5,63	6,97	12,63
Carbono en suelo (0-15 cm) (tC/ha)	156,21	142,68	139,99
Total (tC/Ha)	260,09 ^a	251,11 ^a	154,22 ^b
Flujo en heces (tC/Vaca/ha/año)	0,50 ^a	0,47 ^b	0,48 ^b

*Superíndices con letras distintas difieren estadísticamente (P<0,05).

Conclusiones. Se pudo proponer y probar, una de las primeras propuestas metodológicas de cuantificación del carbono en los diferentes compartimientos de SSP en los Andes de Colombia. Su mayor virtud se encuentra en la precisión y la intensidad que se utiliza para efectuar dichas determinaciones. El compartimiento de biomasa aérea y radical de los árboles es el que marca las diferencias en las existencias de carbono con respecto al testigo. El compartimiento biomasa de pasturas disminuye las existencias de carbono cuando se asocia con árboles en silvopastoreo; sin embargo, se demuestra que el SSP posee ventaja en cuanto a su capacidad de captura de carbono respecto al pastoreo sin árboles. La estimación de la producción de heces de los animales corrobora que el componente animal en los SSP acelera los flujos de carbono entre compartimientos (en función de la intensidad de pastoreo y de la calidad de la dieta consumida).

Agradecimientos. Universidad Nacional de Colombia, Vicerrectoría Académica, Dirección Nacional de Investigación (DINAIN) por la financiación del proyecto “Determinación y monitoreo de algunos servicios ambientales de sistemas silvopastoriles en Antioquia”. A COLCIENCIAS por su apoyo con el programa Jóvenes Investigadores.

Bibliografía.

- BROWN, S. 1997. Los bosques y el cambio climático: El papel de los terrenos forestales como sumideros de carbono. Congreso Forestal Mundial. Turquía.
- COCHRAN, R. ADAMS, D. WALLACE, J. GALYEAN, M. 1988. Predicting digestibility of different diets with internal markers: evaluation of four potential markers. *Journal of Animal sciences* 63: 476-1484.
- CHAVE J. RIÉRA, B. DUBOIS M. 2001. Estimation of biomass in a neotropical forest of French Guiana: spatial and temporal variability. *Journal of Tropical Ecology* 17: 79-96.
- DIXON, R. 1995. Agroforestry systems sources or sinks of greenhouse gases?. *Agroforestry Systems*. 31: 25-32.
- EUCLIDES, V. MACEDO M. OLIVEIRA M. 1962. Avaliação de diferentes métodos de amostragem sob pastejo. *Sociedade Brasileira de Zootecnia*. 21: 691-703.
- FEDEGAN, 2006. Plan Estratégico de la Ganadería Colombiana 2019. Federación de Ganaderos de Colombia-FNG. Bogotá.

FISHER, M. TRUJILLO W. 2000. *Fijación de carbono por pastos tropicales en las sabanas de suelos ácidos neotropicales*. En: *Intensificación de la ganadería en Centroamérica: Beneficios económicos y ambientales*. CATIE, FAO, SIDE. Costa Rica.

GIRALDO A. 1996. Estandarización de la técnica de la biodegradación ruminal *in situ* para evaluar forrajes tropicales. *Revista Nacional de Ciencias Pecuarias* 9:59–63.

GIRALDO A. 2000. *Sistemas silvopastoriles, alternativa sostenible para la ganadería en Colombia*. Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín.–PRONATTA– CONISILVO. Medellín, Colombia.

GIRALDO A. GALINDO W. 2003. La acacia negra (*Acacia decurrens*). EN: Murgueitio, E. y Galindo W. (Eds). *Manejo Sostenible de los Sistemas Ganaderos Andinos*. Colombia. CIPAV. Apotema.

HOLMANN F. RIVAS L. CARULLA J. RIVERA B. GIRALDO L. A. GUZMÁN S. MARTÍNEZ M. MEDINA A. FARROW A. 2003. Evolution of Milk Production Systems in Tropical Latin America and its interrelationship with Markets: An Analysis of the Colombian Case. *Livestock Research for Rural Development* 15 (9). <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd15/9/holm159.htm>

IBRAHIM M. 2001. Potencialidades de los Sistemas silvopastoriles para la generación de servicios ambientales. En Conferencia Electrónica de la FAO. “Potencialidades de los sistemas silvopastoriles para la generación de los servicios ambientales”. Livestock Environment and Development Initiative, LEAD. <http://www.virtualcentro.org>.

IPCC 2001. IPCC. Third Assessment Report. <http://www.ipcc.ch/>.

JACKSON L. 1964. *Análisis Químicos de los Suelos*. Ediciones Omega S.A., Barcelona, España.

LARA, W. 2001. Carbono orgánico de rastrojos, bosques secundarios y bosques primarios. En del Valle J. I. y S. A. Orrego. Estimación de las existencias de carbono y proyectos MDL para los bosques del Proyecto Hidroeléctrico Porce II. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín y Empresas Públicas de Medellín.

LASCANO C. 1990. Metodología para medir consumo bajo pastoreo. En Ruiz, M. y A. S. Ruiz. (Eds.). *Nutrición de Rumiantes. Guía Metodológica de Investigación*, Costa Rica. IICA-ALPA-RISPAL.

LÓPEZ A. SCHLÖNVOIGT A. IBRAHIM M. KLEINN C. KANNIEN M. 1999. Cuantificación del carbono almacenado en el suelo de un sistema silvopastoril en la zona atlántica de Costa Rica. *Agroforestería en las Américas*. 6 (23): 51-53.

MACDICKEN, K. 1997. *A guide to monitoring carbon storage in forestry and agroforestry projects*. Winrock International Institute for Agricultural Development. U.S.A.

MARTÍN, C. PALMA, J. 1999. Manual para fincas y ranchos ganaderos. Indicadores útiles para su manejo. Tablas tropicales de composición de alimentos. *Agrosystems*. 25:35-47.

MORENO, F. LARA W. 2003. Variación del carbono orgánico del suelo en bosques primarios intervenidos y secundarios. EN: Orrego, S. del Valle I. y Moreno F. (Eds.) *Medición de la Captura de Carbono en Ecosistemas Forestales Tropicales de Colombia*. Contribuciones para la

Mitigación del Cambio Climático. Colombia. Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín y Centro Andino para la Economía en el Medio Ambiente.

ORREGO, S., DEL VALLE I. MORENO F. (Eds). 2000. *Medición de la Captura de Carbono en Ecosistemas Forestales Tropicales de Colombia: Contribuciones para la Mitigación del Cambio Climático*. Medellín. Colombia. Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín y Centro Andino para la Economía en el Medio Ambiente.

ØRSKOV, E. HOVELL F. MOULD F. 1980. Uso de la técnica de la bolsa de nailón para la evaluación de los alimentos. *Producción Animal Tropical*. 5:213-233.

RAO, I. RIPPSTEIN G. ESCOBAR G. RICAURTE J. 2001. Producción de biomasa vegetal epigea e hipogea en las sabanas nativas. *En: Rippstein, G. Escobar, G y Motta, F. (Eds.). Agroecología y biodiversidad de las sabanas en los Llanos Orientales de Colombia*. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali, Colombia.

SCATENA, F. SILVER, T. SICCAMI, A. JOHNSON, M. SÁNCHEZ, M. 1993. Biomass and nutrient content of the Bisley experimental watersheds, Luquillo Experimental Forest, Puerto Rico, before and after hurricane Hugo, 1989. *Biotropica* 25: 15-27.

VAN SOEST, P. 1982. *Nutritional ecology of the ruminant*. O&B Books. Corvallis, Oregon.

VELDKAMP, E. 1993. *Soil organic carbon dynamics in pastures established after deforestation in the humid tropics of Costa Rica*. Tesis PhD. University of Wageningen.

WALLER, J. 1980. Effect of Sampling Intervals and digest markers on abomasal flow determinations. *Journal of Animal Science*. 50(6):1122 –1125.

EFECTO A LARGO PLAZO DEL PASTOREO EN LAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DE UN SUELO ARENOSO DE DEHESA

P. FERNÁNDEZ REBOLLO, M.P. LECHUGA DIAZ, M.D. CARBONERO MUÑOZ
Y A. BLÁZQUEZ CARRASCO

Departamento de Ingeniería Forestal. Escuela Técnica Superior de Ingenieros
Agrónomos y de Montes. Universidad de Córdoba. Avda. Menéndez Pidal s/n. 14080
Córdoba (España)
Telf: +34 957 218 657 ir1ferep@uco.es

Resumen

Las dehesas constituyen sistemas de uso múltiple del suelo lo que implica que una parcela puede recibir distintos tratamientos en el tiempo. Cada uno de ellos origina cambios en las condiciones edáficas que tienen un efecto sobre el establecimiento, crecimiento de la vegetación tanto herbácea como leñosa. Este hecho tiene importancia si se tiene en cuenta el contexto actual de cambio climático, con alteraciones de los ciclos naturales de plagas y enfermedades y decaimiento de muchas especies vegetales. Este trabajo evalúa las modificaciones a largo plazo inducidas por el pastoreo en las características químicas de un suelo arenoso de dehesa. Los resultados indican que el pastoreo con ovino produce modificaciones en la mayor parte de los elementos analizados, pudiendo destacarse en primer lugar la disminución de las cantidades de calcio y sodio de cambio y un ligero incremento en la acidez del suelo; y en segundo lugar el aumento en los contenidos de potasio y fósforo asimilable en superficie debido a los aportes realizados a través de las deyecciones del ganado.

Palabras clave: dehesa, pastoreo, ovino, fertilidad del suelo

Introducción

La dehesa es el sistema agrosilvopastoral más característico y representativo de España y supone un sistema de uso y gestión de los recursos naturales, que bien llevado a la práctica, favorece la existencia de niveles elevados de biodiversidad. Es un claro ejemplo de los “sistemas agrarios de alto valor natural” citados en el nuevo Reglamento Europeo de Desarrollo Rural. En los últimos años venimos asistiendo a un deterioro progresivo de la dehesa y sus valores naturales, fruto de una intensificación generalizada de los aprovechamientos (especialmente el aprovechamiento ganadero), así como de la incidencia de plagas y enfermedades de marcada virulencia, en el contexto general de cambio climático en el que nos encontramos inmersos. Este deterioro ha sido denunciado a distintas instancias y documentado en múltiples trabajos.

El deterioro de los valores naturales de la dehesa tiene su máximo exponente en la pérdida de arbolado, muy importante desde el año 1995, y en el estado de decaimiento en el que actualmente se encuentran muchas masas de encinas y alcornoques que pueblan las dehesas. Sin duda alguna, el estado del arbolado está teniendo una repercusión clara en la economía de muchas explotaciones ya que en los últimos años la bellota ha pasado a ser la producción principal del arbolado (y casi de la dehesa) debido a la demanda de productos de calidad del cerdo ibérico.

Las prospecciones llevadas a cabo sobre el territorio andaluz por investigadores del Departamento de Ingeniería Forestal y del Grupo de Patología Agroforestal de la Universidad de Córdoba y del Departamento de Ciencias Agroforestales de la Universidad de Huelva, han permitido caracterizar distintas situaciones de decaimiento del arbolado en la dehesa, estando

los daños claramente asociados a la presencia del hongo de suelo *Phytophthora cinnamomi* en Andalucía occidental. El control de *P. cinnamomi* es complicado debido a su amplia gama de huéspedes, al período a veces largo entre el establecimiento de la infección y la manifestación de síntomas foliares, a la habilidad para invadir el suelo hasta profundidades considerables escapando de antagonistas o fumigantes químicos y a la longevidad de sus estructuras de resistencia en el suelo. Entre los métodos de control biológico de *P. cinnamomi* se encuentran aquellos que tratan de crear condiciones desfavorables para la vida y supervivencia del hongo en el suelo o para que éste infecte a la planta hospedante, conocidos habitualmente como “suelos supresivos”.

En general, se considera que el pastoreo afecta a los pastos directa e indirectamente. Los efectos directos están asociados con las alteraciones que la defoliación y el pisoteo producen en la fisiología y morfología de las distintas especies vegetales, mientras que los efectos indirectos se derivan de las modificaciones inducidas por el pastoreo sobre el microclima y sobre las propiedades físicas y químicas del suelo. La acción conjunta de estos efectos directos e indirectos, además de alterar la capacidad competitiva de las distintas especies dentro de los pastos de las dehesas, puede dar lugar a condiciones más o menos favorables para el desarrollo, supervivencia y dispersión de agentes fitopatógenos, como puede ser el caso de la podredumbre radical causada por *Phytophthora cinnamomi*.

En este contexto general se enmarca este trabajo, el cual pretende evaluar las modificaciones que la supresión del pastoreo con ganado ovino y el laboreo para la puesta en cultivo inducen sobre las características químicas de un suelo de dehesa.

Materiales y Métodos

Zona de estudio.

El trabajo se ha llevado a cabo en una finca situada en el término municipal de Pedroche, al Norte de la provincia de 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 (ovejas de la raza Segureña cruzadas con Merino, Merino Precoz, Ile de France y Fleischaff) y al cultivo de cereal, estableciéndose este último con una rotación de siete años. La carga ganadera anual es de 0,78 UGM ha⁻¹. El pastoreo es continuo rotando por parcelas con carga ganadera instantánea variable y dejando descansar durante periodos alguna parcela.

Tratamientos

El estudio experimental, iniciado en abril de 2003 y que transcurrió durante dos años, se llevó a cabo en tres parcelas colindantes de la explotación sometidas a distinto tipo de tratamiento:

Parcela A: acotada al pastoreo desde el año 2000 habiendo sido pastada los cinco años previos con ganado ovino de forma similar a lo recogido en la parcela B. La vegetación herbácea estaba dominada por *Avena fatua* L., *Vulpia geniculata* (L.) Link y *Hordeum leporium* (Link).

Parcela B: sometida a pastoreo con ganado ovino. La vegetación herbácea presente estaba constituida entre otras especies por *Trifolium glomeratum* L., *T. subterraneum* L., *T. cherleri* L., *Poa bulbosa* L., *Biserrula pelecinus* L., *Ornithopus compressus* L. y *Trisetaria panacea* (Lam.) Paunero.

Parcela C: cultivada con trigo duro el año de inicio del trabajo tras siete años de pastoreo. Las labores para la puesta en cultivo consistieron 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. En el año 2003 la vegetación estaba constituida en su mayoría por trigo duro y en el año 2004, aparecía trigo junto a una vegetación herbácea principalmente constituida por *Cerastium glomeratum* Thuill., *Papaver hybridum* L., *Anthemis arvensis* L., *Campanula lusitanica* L.

Diseño de la experiencia y variables evaluadas.

Para estudiar el efecto del laboreo y el pastoreo en las características químicas del suelo se seleccionaron de forma aleatoria a principios de abril de 2003 dos localizaciones en cada parcela. En cada localización se tomaron 10 submuestras de suelo a dos profundidades: 0-5 cm y 5-10 cm. Estas submuestras fueron mezcladas para la determinación, en el Laboratorio Agroalimentario de Córdoba, de la textura, pH, capacidad de intercambio catiónico (CIC), cationes de cambio, fósforo (P) y potasio (K) asimilables, materia orgánica oxidable y nitrógeno orgánico, siguiendo los procedimientos oficiales. De esta forma se obtuvieron dos muestras por parcela y horizonte. Las muestras de suelo se recogieron en abril, julio y diciembre de 2003 y en marzo y mayo de 2004.

Análisis estadístico.

Las características químicas han sido analizadas mediante ANOVA considerando como factores de variación el tratamiento, la profundidad y la fecha así como las interacciones de segundo nivel. En los casos en los que se observó diferencias significativas se utilizó el test Tukey para establecer grupos homogéneos. El tratamiento estadístico de los datos se ha realizado utilizando el programa Statgraphics Plus 5.1

Resultados y Discusión

La tabla 1 recoge los valores medios y el error estándar para los distintos parámetros edáficos en función del tratamiento y la profundidad. Podemos observar que el uso dado al suelo modifica significativamente el valor del pH, y parece no ser alterado ni por la fecha de los muestreos ni por la profundidad del perfil del suelo, así como tampoco por las interacciones entre los distintos factores (tabla 2). Los datos muestran que la acidez del suelo es menor en la parcela acotada al pastoreo con ganado ovino. Estos resultados coinciden con los aportados por Nie *et al.* (1997), quienes constatan un aumento del pH con el paso del tiempo en las zonas no pastoreadas frente a las que seguían manteniendo animales. En nuestro caso, tras cuatro años de ausencia de pastoreo el pH se ha visto incrementado en 0,44 unidades.

Tabla 1: Valores medios y error estándar entre paréntesis para las distintas variables edáficas en función del tratamiento y la profundidad de muestreo. Medias seguidas de letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos para $p < 0,05$.

	Tratamiento			Profundidad	
	Pastoreo	Sin pastoreo	Cultivo	0-5 cm	5-10 cm
pH	6,24 (0,10) a	6,68 (0,15) b	6,43 (0,09) ab	6,55 (0,08)	6,35 (0,11)
Arcilla %	5,54 (0,18)	6,17 (0,37)	5,88 (0,40)	5,74 (0,31)	5,99 (0,23)
Arena %	74,80 (0,97) a	77,34 (0,56) b	78,56 (0,45) b	77,20 (0,57)	76,61 (0,69)
Limo %	19,65 (1,05) a	16,49 (0,57) b	15,56 (0,37) b	17,06 (0,60)	17,41 (0,73)
C.I.C.(meq/100 g)	7,88 (0,34) a	9,30 (0,50) b	8,41 (0,41) a	8,72 (0,35)	8,34 (0,36)
Ca de cambio .(meq/100 g)	3,35 (0,18) a	5,26 (0,37) b	4,22 (0,23) a	4,46 (0,25)	4,09 (0,27)
Mg de cambio .(meq/100 g)	1,53 (0,14)	1,47 (0,16)	1,50 (0,13)	1,48 (0,12)	1,51 (0,11)
Na de cambio .(meq/100 g)	0,59 (0,03) a	0,70 (0,03) b	0,59 (0,03) a	0,63 (0,03)	0,63 (0,03)
K de cambio .(meq/100 g)	0,53 (0,05) a	0,36 (0,02) b	0,44 (0,03) ab	0,49 (0,03)	0,40 (0,02)
M.O. oxidable %	2,53 (0,18) b	2,55 (0,17) b	2,93 (0,18) a	3,03 (0,13)	2,31 (0,14)
N orgánico %	0,10 (0,01)	0,09 (0,01)	0,11 (0,01)	0,11 (0,01)	0,09 (0,01)
P asimilable (ppm)	17,51 (1,13) a	9,45 (0,88) b	20,98 (1,38) a	17,55 (1,31)	14,41 (1,20)
K asimilable (ppm)	220,45 (20,49)	152,95 (10,16)	181,15 (10,29)	203,67 (14,09)	166,03 (10,22)
	a	b	ab		

La fertilidad del suelo, medida a partir de la Capacidad de Intercambio Catiónico (C.I.C), varía significativamente con el tratamiento, mostrando la parcela acotada al pastoreo valores más altos para este parámetro (tabla 1). Así, tomando como referencia la parcela pastoreada, podemos decir que la C.I.C se incrementa aproximadamente en un 18% tras la ausencia de ganado durante un tiempo. Esta mayor Capacidad de Intercambio Catiónico parece ser debida a un aumento en la proporción de restos vegetales en la zona acotada al pastoreo, ya que, tal y como recoge la tabla 2, el porcentaje de arcilla, aquella fracción granulométrica con una probada influencia en la fertilidad del suelo (Yanez, 1989; Navarro, 2000; Porta 2003), es similar en todos los casos. La incorporación al suelo de toda la biomasa vegetal aérea generada por el estrato herbáceo, la cual no es consumida por el ganado, explicaría esta diferencia. Asimismo, cabe esperar en la parcela sin ganado una mayor importancia de la biomasa radical del estrato herbáceo por diversos motivos. En primer lugar, tenemos que considerar la composición de los pastos, dominados en esta zona por gramíneas, las cuales suelen presentar sistemas radiculares fasciculados y densos.

Tabla 2: Resultados del análisis de varianza (p) para las distintas variables edáficas y factores considerados: fecha de muestreo, tratamiento, profundidad y la interacción entre ellos.

	Fecha	Tratamiento	Profundidad	F*T	F*P	T*P
pH	0,69	0,04	0,16	0,15	0,74	0,89
Arcilla %	0,00	0,24	0,42	0,02	0,03	0,58
Arena %	0,95	0,00	0,48	0,06	0,80	0,70
Limo %	0,14	0,00	0,67	0,13	0,40	0,88
C.I.C.(meq/100 g)	0,00	0,00	0,18	0,01	0,36	0,61
Ca de cambio .(meq/100 g)	0,87	0,00	0,28	0,20	0,60	0,97
Mg de cambio .(meq/100 g)	0,00	0,93	0,81	0,15	0,80	0,06
Na de cambio .(meq/100 g)	0,00	0,00	0,94	0,00	0,25	0,75
K de cambio .(meq/100 g)	0,16	0,00	0,02	0,10	0,96	0,26
M.O. oxidable %	0,00	0,04	0,00	0,01	0,32	0,38
N orgánico %	0,00	0,09	0,00	0,03	0,27	0,78
P asimilable (ppm)	0,01	0,00	0,01	0,14	0,94	0,99
K asimilable (ppm)	0,13	0,01	0,02	0,13	0,97	0,32

En segundo lugar, el menor grado de compactación del suelo (Fernández Rebollo *et al.*, 2004) permitirá un mayor desarrollo de las raíces; y por último, el crecimiento de las éstas no se verá disminuido al no estar sometido el pasto a procesos de defoliación constantes por parte del ganado (Blázquez *et al.*, 2004). Los cationes de cambio que varían significativamente con el uso de la zona son el calcio (Ca), el sodio (Na) y el potasio (K). Los valores mayores de calcio y sodio se encuentran en la parcela acotada al pastoreo, mientras que el potasio alcanza el valor mayor en la parcela pastada. Estas diferencias de los cationes de cambio pueden explicarse por la distinta composición botánica de los pastos (fruto del aprovechamiento que reciben), y el reciclaje al que se ven sometidos los nutrientes que las plantas extraen del suelo. En efecto, la parcela pastada por el ganado presenta una vegetación herbácea rica en leguminosas, las cuales se sabe que son más exigentes en determinados nutrientes como el calcio y el sodio (Navarro, 2000), por lo que cabe esperar mayores extracciones de la solución del suelo. Esta vegetación herbácea es consumida por el ganado ovino pasando, una buena parte del calcio y el sodio ingerido, a formar parte del esqueleto de los animales y de ciertas producciones como la leche, pudiendo ser el reciclaje de estos nutrientes. De esta forma, un pastoreo continuado podría provocar un empobrecimiento de calcio y sodio de la solución del suelo, pudiendo, la supresión del pastoreo, incrementar sus niveles en el complejo de cambio. Estos resultados contrastan sin embargo, con los alcanzados por Nie *et al.* (1997), quienes al comparar áreas acotadas y no acotadas al pastoreo no encontraron diferencias en los contenidos de calcio ni de sodio. Asimismo, se estima que los animales eliminan en los orines el 90% del potasio ingerido en

forma de sales solubles (Labrador *et al.*, 1993; Unkovich *et al.*, 1998), explicando este hecho el aumento de este catión en la parcela pastoreada. La concentración de potasio de cambio disminuye además de forma significativa con la profundidad de la capa de suelo muestreado, poniendo de manifiesto que éste proviene principalmente de las deyecciones del ganado. Probablemente este aumento en la concentración de cationes de potasio en la solución del suelo, favorezca la sustitución de parte de los cationes de calcio en el coloide, ya que éste elemento es más fácilmente reemplazado que el hidrógeno, pasando así el calcio a la solución del suelo, facilitándose su adsorción por las leguminosas en las zonas pastoreadas. La tabla 3 resume los valores medios según tratamiento de la C.I.C, los cationes de cambio (S), los H⁺ fijados y el porcentaje de saturación de bases (V). El aumento del porcentaje de saturación de bases tras suprimir el pastoreo durante cuatro años concuerda con la subida que experimenta el pH, así como con la mayor fertilidad del suelo.

Tabla 3: Valores medios según tratamiento de la C.I.C., cationes de cambio, aniones hidrógeno, y porcentaje de saturación de bases.

		Cultivo	Sin pastoreo	Pastoreo
T	Capacidad de intercambio catiónico	8,4	9,3	7,9
S	Cationes de cambio	6,75	7,82	5,95
T-S	H ⁺ fijados	1,65	1,48	1,95
V	Porcentaje de saturación de bases	80%	84%	75%

El potasio asimilable sigue un patrón similar al catión potasio del complejo de cambio. Su concentración varía significativamente con el tratamiento, siendo mayor en las zonas pastadas y menor en la acotada, y con la profundidad, pasando de 203 ppm en los 5 primeros centímetros del suelo a 166 ppm en los 5 cm siguientes. Nuevamente la explicación de este comportamiento podemos encontrarla en el reciclaje de este nutriente a través de las deyecciones líquidas y en forma de sales solubles. Estos resultados coinciden con los trabajos de Nie *et al.* (1997) quienes constatan una reducción del contenido de potasio en los primeros 7,5 cm del suelo en zonas excluidas al pastoreo.

La cuantía de fósforo asimilable se ve modificada significativamente por el tratamiento dado a la parcela, por la fecha y la profundidad de muestreo. En relación al tratamiento, los contenidos de fósforo asimilable más bajos corresponden a la parcela acotada al pastoreo, alcanzando la zona pastada y la cultivada valores mayores y similares, fruto quizá de la fertilización del cultivo del cereal y del reciclaje de fósforo a través de las deyecciones del ganado (Labrador, *et al.*, 1993; Navarro, 2000). No obstante, algunos trabajos no encuentran diferencias importantes en el contenido en fósforo entre zonas pastoreadas y excluidas al pastoreo, siendo determinante, no solo las cantidades de deyecciones aportadas, sino también los sistemas de pastoreo establecidos, especialmente el tiempo que permanece el ganado en el campo (Nie *et al.*, 1997).

Los valores medios de materia orgánica oxidable dependen del tratamiento dado a la parcela, de la profundidad y la fecha de muestreo, así como de la interacción fecha por tratamiento. Si consideramos el tratamiento dado a la parcela, los mayores valores de materia orgánica oxidable se obtienen en la zona cultivada, alcanzando valores similares en el resto de las zonas. Posiblemente el laboreo del suelo al aumentar la aireación, disminuir la humedad superficial, y en general aumentar la temperatura del suelo en verano, puede propiciar una mayor mineralización de la materia orgánica presente, explicando estos resultados (Partons *et al.*, 1988). Como cabía esperar, el contenido en materia orgánica oxidable disminuye con la profundidad, pasando del 3% en el primer horizonte al 2,3% en el segundo intervalo muestreado.

Conclusiones

La supresión del pastoreo con ganado ovino produce, a largo plazo, una ligera disminución de la acidez del suelo en las dehesas y un aumento de la capacidad de intercambio catiónico, aumentando el calcio y sodio de cambio y disminuyendo el potasio de cambio. Los niveles de materia orgánica oxidable son similares en las zonas acotadas y pastoreadas con ganado ovino. El potasio y fósforo asimilable en la superficie del suelo aumentan con el pastoreo de ganado ovino.

Bibliografía

BLÁZQUEZ, A., CARBONERO M.D., FERNÁNDEZ REBOLLO, P., 2004. Morfología y distribución de biomasa tras una simulación de pastoreo en plántulas de encina. En *Actas de la XLIV Reunión Científica de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos*, 653-658. Ed. García Criado *et al.* (España).

FERNÁNDEZ REBOLLO, P., BLÁZQUEZ, A., AGÜERA, J., LECHUGA, M.P., CARBONERO, M.D. 2004. Efecto del pastoreo con ganado ovino y el laboreo en las propiedades físicas y químicas de un suelo de textura arenosa de dehesa. En: *Actas de la XLIV Reunión Científica de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos*, 721-726. Ed. García Criado *et al.* (España).

LABRADOR, J., GUIBERTEAU, A., LÓPEZ, L., REYES, J. L., 1993. La materia orgánica en los sistemas agrícolas. Manejo y utilización. *Hojas divulgativas 3/93 HD, MAPA*.

NAVARRO, G., 2000. *Química Agrícola. El suelo y los elementos químicos esenciales para la vida vegetal*. Ediciones Mundi-Prensa, 448 pp. Madrid (España).

PARTONS, W.J., STEWART, J.W.B., COLE, C.V., 1988. Dynamics of C, N, P and S in grassland soils: a model. *Biogeochem*, **5**: 109-131.

PORTA, J., LÓPEZ-ACEVEDO, M., ROQUERO, C. 2003. *Edafología para la agricultura y el medio ambiente*. Ediciones Mundi-Prensa, 929 pp. Madrid (España).

UNKOVICH, M., SANFORD, P., PATE, J., HYDER, M., 1998. Effects of grazing on plant and soil nitrogen relations of pasture-crop rotations. *Australian Journal Agriculture Research*, **49**: 475-485.

YÁÑEZ JIMÉNEZ, J., 1989. Análisis de suelos y su interpretación. *Horticultura*, **49**: 75-90.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por el proyecto AGL 2002-00530-CO2-01 y AGL-2005-07151-CO2-01

LONG TERM EFFECTS OF SHEEP GRAZING ON CHEMICAL PROPERTIES OF SANDY SOIL IN DEHESA**Summary**

Dehesa can be defined as a multi-purpose agroforestry system, with different uses: grazing, crop, hunting, livestock. These uses provoke changes on edaphic conditions affecting recruitment and growth of both herbaceous and tree layer. In the current context of climate change, with disturbances on diseases and pest cycles and forest decline, those changes should be taken into account. This paper examines the effects of sheep grazing and cultivation on chemical properties of sandy soil. Results show that sheep grazing alters most of the soil chemical properties: calcium and sodium contents are reduced because of the larger requests by herbaceous species with high pastoral quality, so that pH is reduced as well. However, potassium and phosphorus contents are increased in top layer because of livestock dung.

Key Words : dehesa, grazing, sheep, soil fertility

VARIACIONES INTERANUALES DE LA DURACIÓN DE LA CAÍDA DE BELLotas DE ENCINA EN LA CAMPANA DE OROPESA, TOLEDO. EFECTO DE LAS TEMPERATURAS Y PRECIPITACIONES.

CELIA LÓPEZ-CARRASCO, JUAN CARLOS ROBLEDO & TERESA MUÑOZ DE LUNA

Centro de Investigaciones Agropecuarias “Dehesón del Encinar”
45560 Oropesa (Toledo)
Telf: +34 925 45 04 43 Fax: +34 925 45 04 47
lcarrasco@local.jccm.es

Resumen

La bellota es un recurso clave en la fase de engorde del cerdo ibérico en la dehesas, por ello, conocer el efecto de los distintos factores, (climáticos, plagas, etc.) que inciden sobre la producción de bellotas y su calidad, es fundamental a la hora de construir modelos matemáticos que nos ayuden a predecir la oferta disponible de bellotas y así, poder planificar y optimizar las montaneras. Durante cinco años consecutivos se compara la duración media de la montanera y la duración efectiva de la montanera (duración del período en el que las encinas descargan el 95% de su cosecha), en una dehesa de la provincia de Toledo. Se analiza el valor predictivo de la temperatura máxima, mínima y precipitación sobre la caída de bellotas. La temperatura mínima ha resultado ser una buena variable predictora del valor acumulado de la cosecha de bellotas.

Palabras clave: dehesa, Castilla-La Mancha, porcino ibérico, montanera.

Introducción

La bellota es un recurso clave para el engorde del cerdo ibérico en las dehesas, así como para la alimentación de la fauna salvaje. A pesar de su interés ecológico y económico, el grado de conocimientos sobre diferentes factores que influyen sobre la producción y calidad de este fruto es escaso (Gea, *et al.*; 2006), especialmente en regiones como Castilla-La Mancha, donde el peso específico del porcino ibérico es muy inferior al de otras Comunidades, como Extremadura o Andalucía, a pesar de contar con importantes zonas de dehesa en las provincias de Toledo y Ciudad Real y siendo además, el sector cinegético un importante motor de la economía regional. Centrándonos en el porcino ibérico y en la fase de montanera, es importante conocer con antelación, la producción y calidad de las bellotas con las que contaremos para el cebo, pero también la duración de la montanera, ya que un déficit de bellotas antes de lo previsto, puede suponer una importante depreciación del valor de la carne de cerdo ibérico, al verse obligados los productores al recebo de sus animales con pienso.

Sabemos que la cosecha de bellotas depende en gran medida de la floración, fertilización y maduración de los frutos, de las condiciones meteorológicas que ocurren en estas fases (Sork *et al.*, 1993; Koenig *et al.*, 2002; Abrahamson y Layne, 2003), de la genética de cada árbol, de la vecería, plagas, etc. pero poco se sabe del efecto de dichas variables, en el caso concreto de nuestras condiciones locales. El resultado final de todo este largo ciclo reproductivo, es la cosecha de bellotas, que según la localidad se produce entre los meses de octubre a diciembre, aunque existe una gran variabilidad según los árboles, existiendo algunos que retrasan la caída hasta enero (Jiménez *et al.*, 1996).

La duración de la caída de bellotas, en nuestras condiciones particulares, no ha sido muy estudiada que sepamos, a juzgar por la escasez de bibliografía existente. La distribución de la caída de las bellotas, fue objeto de estudio en un trabajo anterior (López-Carrasco *et al.*, 2006), en el que analizamos el valor relativo acumulado de la cosecha de bellotas, utilizando técnicas de regresión multifase (breakpoint). En la mayoría de años estudiados, se podían diferenciar tres fases con distinta duración y tasa de caída de bellotas y se definió el punto de ruptura en el cual había caído el 95% de la cosecha de bellotas.

Conocer la variabilidad en la duración de las montaneras así como el posible adelanto o retraso en las descarga de la cosecha, nos ayudará en la planificación de su aprovechamiento ganadero, especialmente si somos capaces de encontrar alguna variable predictora de la caída de bellotas. La influencia de las variables climáticas sobre la caída de las bellotas ha sido poco estudiada, pero la influencia de algunas de estas variables ambientales sobre otras fases del ciclo reproductivo, nos hace pensar en sus posibilidades como variables predictoras de la caída de bellotas. El objetivo de este trabajo es ofrecer información sobre la duración de las montaneras en nuestra zona y encontrar alguna variable climática que nos ayude a prever la oferta de bellota disponible.

Materiales y Métodos

El área de estudio está situado en el Centro de Investigaciones Agropecuarias “Dehesón del Encinar”, Oropesa, Toledo. El clima es continental mediterráneo, la precipitación media anual (1989-2006) es de 594 ± 182 mm y la temperatura media anual, $15,1 \pm 0,5^\circ\text{C}$.

El experimento se realizó en un área que forma parte de la superficie destinada al engorde de porcino ibérico durante la montanera. Comprende una superficie de 130 ha de dehesa con relieve ligeramente ondulado y baja densidad de arbolado (20 pies/ha), siendo la encina (*Quercus rotundifolia* Lam.) la especie más abundante, aunque también hay alcornoques (*Quercus suber* L.) en las zonas más húmedas. Durante cinco años consecutivos, se ha recogido la cosecha de entre 27-35 ejemplares de encina que se han seleccionado de acuerdo a una caracterización previa de la zona (López-Carrasco *et al.*, 2004), en la que no se permitió el acceso de los animales de septiembre a marzo de cada montanera. Se recogieron todas las bellotas caídas de cada árbol, utilizando mantas aceituneras, en intervalos de tres semanas durante las montaneras 2001-02 y 2002-03 y de dos semanas en 2003-2004, 2004-05 y 2005-06, desde octubre hasta que la última encina completara su descarga. Las bellotas de cada recogida se llevaron al laboratorio donde se pesaron en fresco.

Se estimó la duración media de la montanera de cada año, para un grupo de encinas, como el valor medio del período, en número de días que pasan desde el 1 de octubre hasta que cada encina ha completado la descarga total de bellotas y la duración “efectiva” de la montanera, como el valor medio del período, en nº de días que pasan hasta que 95% de la cosecha de cada encina está en el suelo. Para la variable duración media de la montanera se utilizó la transformación logarítmica de los datos y ANOVA de una vía para detectar diferencias entre años, seguido del test mínima diferencia significativa. En el caso de la variable duración efectiva montanera, una vez comprobado la no normalidad de los datos, utilizamos el test no paramétrico de Kruskal-Wallis seguido del test de Dunn para comparaciones múltiples. El nivel del significación fue 0,05.

El Centro cuenta con una estación meteorológica que forma parte de la red de estaciones del Instituto Nacional de Meteorología. Las variables meteorológicas analizadas han sido: la media de las temperaturas máximas, la media de las temperaturas mínimas y la precipitación acumulada, registradas en los períodos de recogida de bellotas, durante las montaneras de 2001-02 a 2005-06. Se realizaron regresiones múltiples por pasos, entre dichas variables ambientales y el log (valor relativo acumulado de la caída de bellotas + 1), con el objetivo de encontrar aquellas variables que mejor explican el modelo.

Resultados

Variaciones interanuales en la duración de las montaneras

Se registraron diferencias significativa entre montaneras, tanto para la variable duración media de la montanera ($F_{(4,150)}=22,5$, $P=0.0$), como para la duración efectiva de la montanera ($H_{(4,150)}=38,98$, $P=0.0$), las diferencias entre años se indican en la Tabla 1 y Tabla 2. En el caso de la primera variable, aunque los análisis estadísticos se realizaron con la variable transformada, en la tabla se reflejan, además, los valores de los datos sin transformar para facilitar la interpretación de los resultados.

Tabla 1. Comparación entre años de la duración media de las montaneras.

montanera	n° encinas	Duración media Log(días+1)	Duración media (días)	Máx días (fecha)	min días (fecha)
2001-02	27	2,07±0,12 (b)	122±30	145 (22 fb)	54 (23 nv)
2002-03	30	1,87±0,12 (a)	76±16	88 (27 dc)	37 (6nv)
2003-04	30	1,92±0,11 (a)	84±22	121 (29 en)	34 (3nv)
2004-05	34	2,07±0,10 (b)	120±28	161 (10 mz)	76 (15dc)
2005-06	34	2,09±0,14 (b)	128±33	160 (9 mz)	47 (16nv)

Máx: duración de la montanera de la encina más retrasada en completar su cosecha y la fecha. min: duración de la montanera de la encina que antes completa su cosecha y la fecha. Valores con distinta letra difieren significativamente, $p<0,05$.

Tabla 2. Comparación entre años de la duración efectiva de las montaneras.

montanera	n° encinas	Duración efectiva (días)	Máx días (fecha)	min días (fecha)
2001-02	27	80±27 (b)	130 (7fb)	54 (23 nv)
2002-03	30	56±16 (a)	88 (27dc)	37 (6nv)
2003-04	30	66±11 (ab)	83 (22dc)	34 (3nv)
2004-05	34	85±16 (b)	89 (28dc)	61 (30nv)
2005-06	34	83±20 (b)	118 (6en)	47 (16nv)

Máx: duración de la montanera de la encina más retrasada en descargar el 95% de su cosecha y la fecha. min: duración de la montanera de la encina que antes completan la descarga del 95% de su cosecha y la fecha. Valores con distinta letra difieren significativamente, $p<0,05$.

De los cinco años analizados, 2002-03 y 2003-04 tuvieron una duración media de la montanera diferente y más corta (80 días) respecto del resto de años, 2001-02, 2004-05 y 2005-06, que presentaron valores de la duración media de la montanera significativamente más altos (123 días). Los elevados coeficientes de variación reflejan las grandes diferencias en el comportamiento de las encinas, éstos oscilaron entre 26,2% (valor máximo registrado en 2003-04) y 21% (valor mínimo en 2002-03). Aunque la duración media de la montanera en estos dos años fue similar, la duración total se completó en 2003-2004 un mes después respecto a 2002-2003. Algo parecido ocurrió en el resto de años, pues si bien la duración media de la montanera fue similar en los tres años, en 2001-2002 finalizó un mes antes respecto 2004-05 y 2005-06, años que exhibieron un comportamiento parecido entre ellos. Exceptuando el año 2002-2003, en el resto de años, hubo árboles que prolongaron su descarga hasta incluso marzo, aunque su proporción fue baja en el conjunto de las encinas.

Con relación a la duración efectiva de la montanera, también el año 2002-03 presentó el menor valor (56 días), significativamente inferior a los valores de los años 2001-02, 2004-05 y 2005-06 (80, 85 y 83 días, respectivamente). El año 2003-2004 no se diferenció significativamente de los demás, presentando un valor intermedio (66 días).

Relación entre las variables climáticas y la caída de las bellotas.

En la Tabla 3 y Figura 1, se exponen los datos más relevantes de las precipitaciones y temperaturas registradas durante el período experimental.

Tabla 3. Precipitaciones de otoño (septiembre, octubre y noviembre) y anuales (de sep-agosto)

	1989-2001 (mm)	2001-02 (mm)	2002-03 (mm)	2003-04 (mm)	2004-05 (mm)	2005-06 (mm)
Sp	32,8	53,2	60,7	4,2	0,2	9,4
Oc	76,8	141	70,9	232,3	182,1	165,5
Nv	70,7	13,1	155,8	121	23	31,8
Dc	102,7	19,2	157	64,5	0	57,6
OTOÑO	180,3	207,3	287,4	357,5	205,3	206,7
AÑO	588,6	511,0	812,9	785,7	343,9	583,0

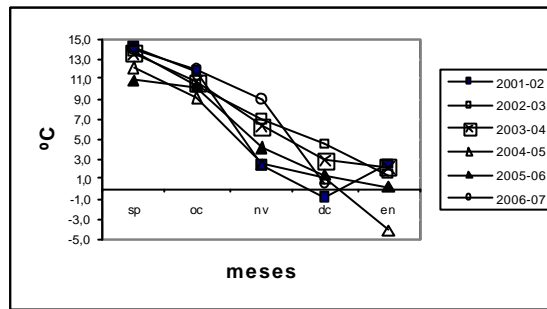


Figura 1. Evolución de las temperaturas mínimas mensuales.

De las tres variables independientes consideradas, la temperatura mínima ha sido la mejor predictora del valor relativo acumulado de la caída de las bellotas, en cuatro de los años analizados de forma independiente y en el conjunto de los años (para $t_{min} > -1,1^{\circ}C$). El año 2002-03, presentó un comportamiento diferente, pues en su caso, la temperatura máxima y la precipitación fueron las mejores predictoras del modelo. Los resultados se exponen en la Tabla 4.

Tabla 4. Resultados de los análisis de regresión múltiple por pasos.

	R ²	F _(g,1)	Sign.	Ecuación	S _R
2001-02	0,83	F _(1,7)	P<0,005	y= 0,97- 0,06* tmin (±0,05) (±0,01)	0,135
2002-03	0,986	F _(2,4)	P<0,0002	y= 2,43- (0,1* Tmax)-(0,002*Precipitación) (±0,12) (±0,006) (±0,004)	0,052
2003-04	0,864	F _(1,5)	P<0,002	y= 1,25- 0,1* tmin (±0,12) (±0,018)	0,16
2004-05	0,87	F _(1,9)	P<0,0002	y= 0,738- 0,07* tmin (±0,046) (±0,01)	0,151
2005-06	0,80	F _(1,9)	P<0,0002	y= 0,96- 0,09* tmin (±0,07) (±0,01)	0,18
Total años	0,62	F _(1,43)	P=0	Y=0,929- 0,064* tmin (±0,004) (±0,007)	0,23

y: valor acumulado de la caída de bellota. t_{min} : temperatura mínima. T_{max} : temperatura máxima. S_R : desviación del modelo.

Con relación al modelo para el conjunto de los años, la distribución de los residuos son normales, no existiendo dependencia entre los errores del modelo. La autocorrelación parcial de orden 1 es $<0,05$ y el test de Durbin-Watson dio un valor de 1,9. No existe heterocedasticidad en los errores del modelo y según la transformación logarítmica, los errores se distribuyen según una distribución normal.

Discusión

Variaciones interanuales en la duración de las montaneras

La duración media de las montaneras ha sido diferente según el año, oscilando entre 2,5 meses (de octubre a mitad de diciembre) y 4 meses (de octubre a final de enero), pero la duración efectiva de la montanera ha sido inferior, oscilando entre 1,8 meses (octubre a primeros de diciembre) y 2,7 meses (octubre a finales de diciembre). Pensamos que esta variable es mejor indicadora de la oferta de recursos disponibles que la duración media de la montanera, ya que a partir del momento en el que 90-95% de la cosecha está en el suelo, la caída del resto de la bellota se comporta de forma asintótica, con tasas de caída muy bajas, comparadas con el período anterior (López-Carrasco *et al.*, 2006). A la vista de los resultados, hacia el 25 de diciembre, como muy tarde, se ha completado la descarga del 95% de la cosecha, si sólo tuviéramos en cuenta la duración media de las montaneras, para estimar hasta cuando pueden estar los cerdos engordando en el campo, es probable que tuviéramos problemas en el último mes de engorde inicialmente previsto (enero), precisamente cuando aumenta el consumo por los animales y menor oferta disponible hay.

Basándonos en los valores obtenidos sobre duración efectiva de la montanera, nuestra zona podría calificarse como de montaneras cortas, si las comparamos con las montaneras de otras regiones de inviernos más cálidos, como Extremadura o Andalucía, aunque no disponemos de series de datos más largas y un período de 5 años, como el que se analiza en este trabajo, creemos no es suficiente para saber si las duraciones estimadas son las habituales ó cuales son las frecuencias de montaneras largas, medias, cortas en esta zona, etc.

Relación entre las variables climáticas y la caída de las bellotas.

La diseminación de las bellotas ocurre durante los meses de otoño e invierno, coincidiendo con la bajada de las temperaturas y el aumento de las precipitaciones. Según Macchia *et al.*, (1993), el retraso de la diseminación y dormancia relacionada con el régimen climático (temperaturas de invierno y aumento de las precipitaciones en otoño) es una estrategia adaptativa de la encina, que permite mantener el estado de hidratación de la semilla, necesario para la germinación una vez vuelvan a subir las temperaturas. Aunque, en general, son muy escasos los trabajos en los que se analiza la influencia de los factores climáticos sobre la caída de las bellotas en la etapa de la montanera, el adelanto ó retraso de esta fase en unos años respecto a otros, ha sido atribuido a factores como el frío, especialmente las heladas tempranas que pueden afectar a la maduración de las bellotas, haciendo que éstas caigan de forma prematura, según Jiménez *et al.*, (1996) y Vázquez, (1998), quién además incluye a los fuertes vientos y las lluvias otoñales como factores que favorecen la caída. Olea *et al.*, (2004), apuntan que la incidencia de otoños muy lluviosos junto con los grandes ataques de plagas de la bellota, pueden provocar “irregularidades” en el patrón de caída de las bellotas.

El adelanto y acortamiento de las montaneras de los años 2002-03 y 2003-04, coincidió con los otoños más lluviosos (Tabla 3) y suaves del período analizado (Figura 1). En 2002-03, el resultado del análisis de regresión múltiple, confirma que gran parte de la variación de la caída de bellotas está explicada por las variaciones de la temperatura máxima y la precipitación (Tabla

4.). En 2003-2004, la mejor variable predictora fue la temperatura mínima, si bien, en un análisis previo de regresión simple, para cada variable y año, fue el único año en el que la precipitación estuvo relacionada con el valor acumulado de la caída de bellotas ($R^2 = 0,78$; $F_{(1,5)} = 17,9$; $P < 0,08$). Las condiciones más favorables de temperatura y precipitación de estos dos años, podrían haber contribuido a una maduración más rápida de las bellotas y un adelanto en su caída, lo que explicaría en parte el comportamiento diferente de los años 2002-03 y 2003-2004, con relación a los demás.

En nuestro caso las variaciones de la temperatura mínima, explican gran parte de la variación de la caída de bellota, y por tanto podemos considerarla como una buena variable predictora de la oferta de bellota acumulada.

Conclusiones

La duración de la época de la caída de bellotas, tanto la duración media como la efectiva (período en el que ha caído el 95% de la cosecha total), ha sido diferente según los años, variando entre 2,6-4 meses y 1,8-2,7 meses, respectivamente; en este sentido, podríamos clasificarlas como de corta duración. Pensamos que la duración de la montanera efectiva, es un mejor indicador de la oferta disponible de bellota y habría que tenerla en cuenta, más que la duración media, a la hora de planificar las montaneras.

La temperatura mínima ha resultado ser una buena variable predictora del valor acumulado de la cosecha de bellotas y puede ayudar a conocer cual es el período más probable, en el que la práctica totalidad de la cosecha estará en el suelo y así, introducir modificaciones en el sistema productivo del cerdo, en las fases de premontanera y montanera, que ayuden a disminuir el riesgo de recibos no previstos inicialmente.

Bibliografía

ABRAHAMSON, W.G. Y LAYNE, J.N., 2003. Long-term patterns of acorn production for five oak species in xeric Florida Uplands. *Ecology* 84 (9), 2476-2492.

GEA-IZQUIERDO, G.; CAÑELLAS, I.; MONTERO, G., 2006. Acorn production in Spanish holm oak woodlands. *Investigación Agraria: Sistemas Recursos Forestales* 15(3), 339-354.

JIMÉNEZ, M.P.; DÍAZ-FERNÁNDEZ, P.M.; IGLESIAS, S.; DE TUERO, M.; GIL, L., 1996. Regiones de procedencia, *Quercus ilex* L. ICONA. ISBN:84-8014-143-3.

KOENING, W.D. Y KNOPS, M. H., 2000. Patterns of annual seed production by northern hemisphere trees: a global perspective. *The American Naturalist* 155, 59-69.

LÓPEZ-CARRASCO, C.; DAZA, A.; REY, A.; LÓPEZ-BOTE, C., 2004. Efecto de las heladas y los carpófagos (*Curculio sp.*) sobre la calidad de bellotas en una dehesa de Castilla-La Mancha, 427-432. En: *Pastos y Ganadería Extensiva*. Ed: García, B.; García, A.; R.Vázquez, B.; Zabalgogazcoa, I. Salamanca, 774 pag. ISBN: 84-688-6576-1.

LÓPEZ-CARRASCO C., ROBLEDO J.C. AND MUÑOZ DE LUNA T., 2006. Characterization of acorn yield (*Quercus rotundifolia* Lam.) using multiphase regression models. *Grassland Science in Europe* 11, 450-452

MACCHIA, F.; CAVALLARO, V.; FORTE, L. 1993. La relación entre el clima, el ciclo ontogénico y la distribución de *Quercus ilex* L. Congreso Forestal Español. Ponencias y Comunicaciones, I, 271-276.

OLEA, L.; POBLACIONES, M.J.; VIGUERA, J.; OLEA, B., 2004. Distribución de la caída de bellotas (cantidad y calidad) de la encina (*Quercus ilex* Lam. ssp. *ballota*) en montanera en dehesas del S.O. de Extremadura, 752-756. Ed: García, B.; García, A.; R.Vázquez, B.; Zabalgogazcoa, I. Salamanca, 774 pag. ISBN: 84-688-6576-1.

SORK, V.L.; BRAMBLE, J.; SEXTON, O., 1993. Ecology of mast fruiting in three species of North American deciduous oaks. *Ecology* 74, 528-541.

VÁZQUEZ, F.M., 1998. Semillas del género *Quercus* L. Biología, ecología y manejo. Junta de Extremadura. 235 pag. ISBN: 84-8107-028-9.

Agradecimientos

Queremos expresar nuestra gratitud a las personas del CIA “Dehesón del Encinar” que han colaborado en la recogida de bellotas durante estos años, sin ellos hubiera sido imposible realizar éste y otros muchos trabajos. Este trabajo se enmarca dentro de los proyectos INIA: RTA 01-018 y RTA 04-043.

INTERANNUAL VARIATIONS OF HOLM OAK ACORN FALL PERIOD IN TOLEDO: EFFECT OF TEMPERATURE AND PRECIPITATION

Summary

Acorns are a key factor in the fattening phase of Iberian pigs in dehesas. Understanding the factors affecting acorn development, such as climate or pests is basic in order to implement acorn production predictive models. In this study we compared acorn mean and effective (fall of 95% of the acorn yield) fall length in a dehesa in the province of Toledo during a period of five years. We analyzed the relationship between acorn fall length and maximum and minimum temperature and precipitation. Minimum temperature was the best predictor of cumulative acorn yield.

Key words: dehesa system, Castilla-La Mancha, Iberian pig, feeding season.

IMPACTO DE LAS PLANTACIONES DE PINO RADIATA Y ABEDUL SOBRE LA BIODIVERSIDAD EN SISTEMAS SILVOPASTORALES DESARROLLADOS SOBRE SUELOS AGRÍCOLAS ABANDONADOS Y FERTILIZADOS CON LODO DE INDUSTRIA LÁCTEA Y FERTILIZACIÓN MINERAL

Fernández-Núñez, E., Mosquera-Losada M.R., Rigueiro-Rodríguez, A.
 Dpto de Producción Vegetal. Escuela Politécnica Superior. Universidad de Santiago de Compostela. 27002. Lugo.
 romos@lugo.usc.es; anriro@lugo.usc.es

Resumen

La utilización de los bosques y de otros elementos del paisaje, en general, esta condicionada por las necesidades sociales, tanto a nivel local como regional y global. La manera en que son utilizados los recursos forestales está determinada por una serie de factores de carácter social, económico y ecológico. La economía local y global crea una serie de necesidades que influyen en el uso de los recursos por lo que, además de la productividad y los beneficios económicos de los bosques, se deben considerar otra serie de aspectos como son la calidad del agua y del suelo, el paisaje y la biodiversidad. El estudio aquí presentado tiene una duración de 10 años y se llevó a cabo en Castro de Riberas de Lea (Lugo) en un sistema silvopastoral creado repoblando con *Pinus radiata* D. Don y *Betula alba* L. a dos densidades de plantación (2500 pies ha⁻¹ y 833 pies ha⁻¹) sobre una pradera artificial en la que se establecieron dos mezclas de siembra: dactilo y trébol blanco, y raigrás inglés y trébol blanco, a la cual se aplicaron tres tratamientos: fertilización con lodos de industria láctea, fertilización mineral y no fertilización. Existe un notable efecto de la especie forestal y de los tratamientos de fertilización aplicados sobre la biodiversidad de tal manera que la elevada cobertura del pino radiata, que se produce antes a densidades de 2500 que a densidades de 833 pies por hectárea y la fertilización mineral reducen de forma significativa la biodiversidad. La especie forestal también afectó a este parámetro ecológico al ser mayor bajo cubierta de abedul que bajo cubierta de pino.

Palabras clave Biodiversidad, *Pinus radiata*, *Betula alba*

Introducción

Durante los últimos años el abandono del territorio agrícola ha permitido la recuperación del terreno forestal a través de numerosas plantaciones, en muchos casos no bien planificadas, que generan grandes cambios en el uso del territorio, y que modifican la biodiversidad y, cuya falta de planificación forestal para el manejo provoca numerosos problemas entre los que destacan la falta de medidas adecuadas para prevenir los incendios forestales. La pérdida y degradación de los montes provoca la erosión del suelo, la degradación de las cuencas, daños a los hábitats de la fauna y flora, pérdida de diversidad biológica, empeoramiento de la calidad de vida y reducción de las opciones de desarrollo.

La creación de sistemas silvopastorales en tierras agrícolas abandonadas permiten al propietario combinar la obtención de rentas derivadas de la producción ganadera durante los primeros años, hasta que el desarrollo de la cubierta arbolada limita dicha producción, con la obtención de rentas derivadas de la producción forestal pero, a la hora de crear dichos sistemas el propietario debe elegir la especie forestal establecida (conífera o frondosa), normalmente de crecimiento rápido y la densidad de plantación ya que, dichas variables van a repercutir en sus propios beneficios pero también en una serie de beneficios comunitarios como son, mejora del paisaje, mejora de la calidad del agua, fijación de carbono, conservación de la biodiversidad etc.

Por otro lado, la Estrategia Mundial para la Conservación de las Especies Vegetales (UNEP/CDB/SBSTTA/7/7) indica las especies vegetales son esenciales para mantener la vida sobre la Tierra al constituir las bases de la cadena alimentaria y los ecosistemas y suplir nuestras necesidades básicas de alimento, combustible, abrigo y medicamentos. El cambio de uso del territorio es decir, de terreno agrícola a terreno forestal, puede tener un notable impacto sobre la biodiversidad del territorio derivado de los cambios edáficos y las relaciones de competencia que se establece entre el pasto y el arbolado.

El objetivo de este estudio fue ver el efecto producido sobre la biodiversidad de las praderas al establecer dos especies forestales diferentes con dos densidades distintas. Los resultados obtenidos mostraron un efecto significativo del tratamiento de fertilización aplicado sobre la biodiversidad alpha media durante el primer y último año de estudio.

Materiales y Métodos

Los datos presentados pertenecen a un sistema silvopastoral establecido en 1995 en Castro Riberas de Lea (Lugo) sobre un terreno agrícola abandonado. El sistema está constituido por una masa de *Pinus radiata* D. Don y *Betula alba* L., la primera procedente de planta en contenedor y la segunda a raíz desnuda, establecidas a dos densidades de plantación diferentes (2500 pies/ha y 833 pies/ha). Dentro de la cubierta arbolada se distribuyeron aleatoriamente dos mezclas de siembra: *Dactylis glomerata* L. var. Saborto (25 kg/ha) + *Trifolium repens* L. var. Ladino (4 kg/ha) + *Trifolium pratense* L. var. Marino (1kg/ha) (mezcla Dg) y, *Lolium perenne* L. var. Tove (25 kg/ha) + *Trifolium repens* L. var. Ladini (4 kg/ha) + *Trifolium pratense* L. var. Marino (1 kg/ha) (mezcla Lp) y se aplicaron tres tratamientos de fertilización diferentes: fertilización con lodos de industria láctea (L) a una dosis de 154 m³/ha durante el primer año, fertilización mineral (M) 8:24:16 a una dosis de 500 kg/ha a finales del invierno y 40 kg de N por hectárea en forma de nitramón en mayo y no fertilización (NF) (Mosquera-Losada *et.al* 2006). Sólo se presentan los resultados que se corresponden con tres periodos de desarrollo del sistema: a) el periodo inicial correspondiente al año de establecimiento del mismo (año 1995), b) un periodo intermedio (año 2000) y c) el periodo final (año 2005). Durante los años citados anteriormente, se procedió a la recogida de muestras de pasto en las diferentes praderas, dicha recogida se efectuó entre los seis árboles centrales de las praderas, cosechándose inmediatamente después del muestreo. Posteriormente, en el campo se pesa la producción de pasto total de la parcela y se toma una muestra representativa de la misma que es llevada al laboratorio, donde se realiza la separación botánica de todas las especies presentes que posteriormente se secan en estufa, durante dos días a una temperatura de 60°C y se pesan. Partiendo de los datos obtenidos de dichas separaciones botánicas, se determina la biodiversidad de las praderas a través de la biodiversidad alpha (Magurran, 1989) para ello, una vez identificadas todas las especies pratenses presentes en las diferentes praderas se procedió a determinar el número total de las mismas para cada uno de los tres años de estudio. El número medio de especies presente en cada tratamiento aplicado se ha obtenido mediante la realización del correspondiente ANOVA y las medias se separaron usando el test de Duncan ($p < 0.05$; $\alpha = 0.05$), para todo ello se empleo el paquete estadístico SAS (2001) aplicándose el siguiente siendo modelo:

$$Y_{ijklm} = \mu + F_i + Sp_j + M_k + A_l + B_m + \varepsilon_{ijklm};$$

Siendo: Y_{ijklm} la variable de estudio, μ : la media de la variable; F_i : Fertilización; Sp_j : especie forestal; M_k : Mezcla; A_l : año; B_m : bloque y ε_{ijklm} : error,

Resultados

En la Tabla 1 se muestra el resultado parcial (sólo se muestran aquellos factores e interacciones significativas) del análisis de varianza referido al número de especies total anual presentes en

cada marco de plantación. Se obtuvo un efecto significativo de la especie forestal establecida según el año de estudio para las dos densidades de plantación.

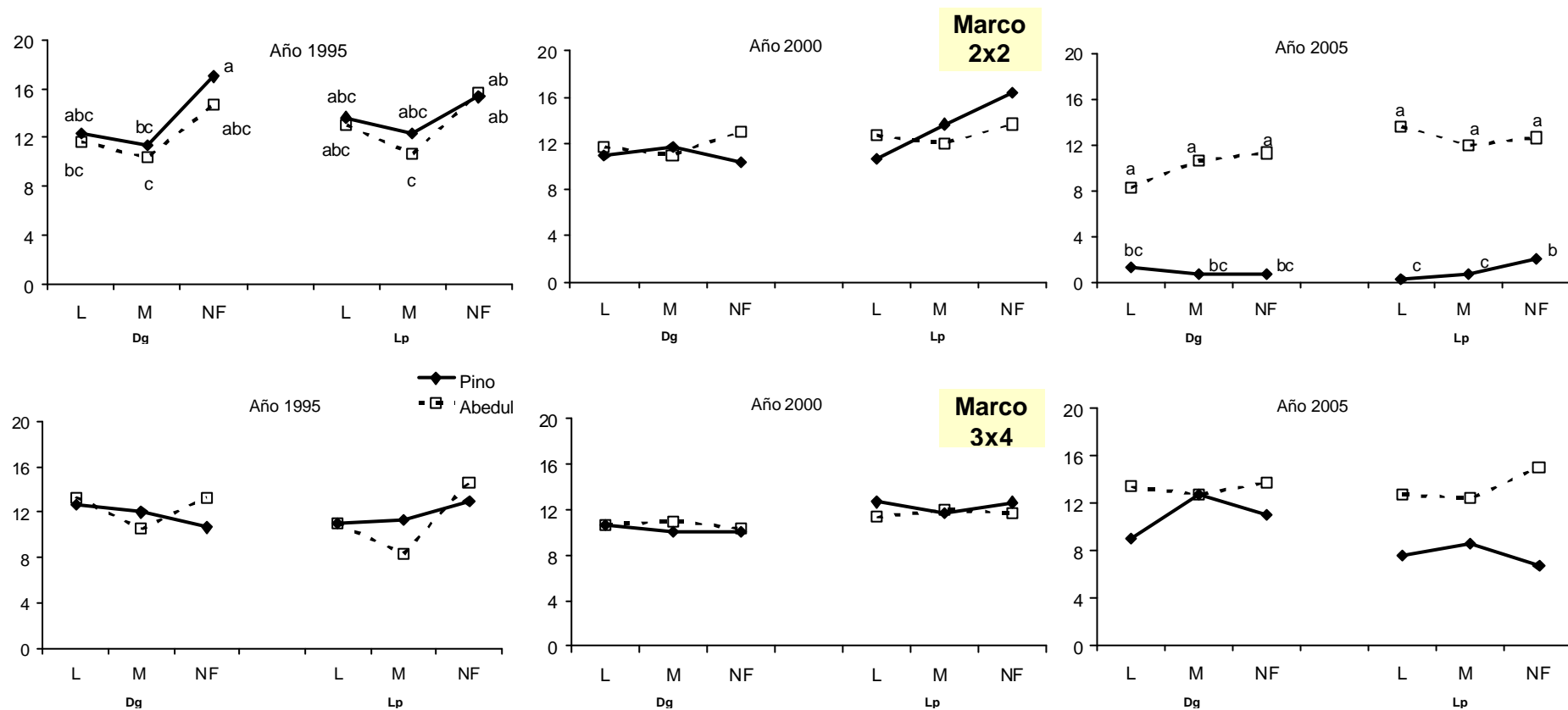


Figura 1. Variación del promedio anual de especies durante los tres años de estudio, para cada tratamiento sembrado con dactilo (Dg) y raigrás inglés (Lp), fertilizados con lodo (L), mineral (M) y no fertilizados (NF) y repoblados con *Pinus radiata* (Pino) y *Betula alba* (Abedul). A marco de plantación 2x2 y 3x4. Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos.

Tabla 1. Resultado del análisis de varianza realizado en cada densidad para el número medio anual de especies donde ns: no significativo; *: $p < 0,05$; ***: $p < 0,001$. Marco 2x2 y 3x4. Sólo se presentan los resultados de los factores y sus interacciones que resultaron significativos.

	Marco 2x2	Marco 3x4
Año	***	ns
Especie forestal	***	6%
Año*especie forestal	***	*

En la Figura 1 podemos ver el promedio anual de especies presentes en los diferentes tratamientos aplicados y para los dos marcos de plantación establecidos.

Para las parcelas implantadas a mayor densidad de plantación el promedio anual de especies varió entre 11-17 y 10-16 especies para aquellas desarrolladas bajo cubierta de conífera y para los años 1995 y 2000 respectivamente. Estos rangos resultaron muy similares a los obtenidos en las praderas establecidas bajo abedul durante los dos primeros años (10-16 y entre 11-14 especies para el primer y segundo periodo) siendo, en el tercer año cuando el efecto de la cubierta arbolada es más notable ya que, la reducción de especies bajo cubierta de pino fue muy importante (promedio final de 1-2 especies) mientras que, en el caso de las desarrolladas bajo abedul éstas siguen manteniendo un número similar al de los otros dos periodos (8-14 especies). Por otro lado, los resultados obtenidos mostraron un efecto significativo del tratamiento de fertilización aplicado sobre la biodiversidad alpha media durante el primer y último año de estudio en aquellas praderas establecidas a marco 2x2 en las cuales, la aplicación de fertilización, aún a dosis reducidas, se traduce en una disminución del número de especies ya que se favorece el desarrollo y la producción de las gramíneas de siembra las cuales limitan el espacio disponible para la aparición de otras especies, al ser más competitivas en la utilización de los recursos (Mosquera et al., 2006). Hay que señalar que durante el primer año de estudio los resultados no mostraron diferencias entre el número de especies presentes bajo cubierta de pino y de abedul, situación, que cambia 10 años después, cuando el efecto de la cubierta arbolada es evidente, independientemente del tratamiento aplicado y de la mezcla de siembra establecida.

En el caso de las praderas implantadas a marco 3x4, el promedio anual de especies varió entre 11-13; 10-13 y 7-13 para las establecidas bajo cubierta de pino y para los años 1995, 2000 y 2005 respectivamente y entre 8-15; 10-12 y 12-15 especies para el caso de las praderas bajo cubierta de abedul y para los años citados anteriormente. Como vemos, y a diferencia de las praderas desarrolladas a mayor densidad de plantación, el promedio de especies en esta ocasión se mantiene más o menos estable a lo largo del periodo de estudio no observándose por lo tanto, un efecto de la cubierta arbolada tan importante como en el caso de las praderas establecidas bajo cubiertas arboladas a mayor densidad de plantación; en este caso no se ha obtenido un efecto claro del tratamiento de fertilización ni de la mezcla de siembra establecida sobre el promedio anual de especies.

Discusión

La biodiversidad alpha se ha visto negativamente influida por el marco de plantación establecido ya que, durante los dos primeros años de estudio, el promedio anual de especies citadas en las praderas implantadas bajo los dos tipos de cubierta forestal fue similar independientemente del marco de plantación establecido mientras que, una vez que se alcanza la tangencia de copas y por lo tanto, las condiciones de sombra y de acidez del suelo aumentan - lo que ocurre en el último periodo de estudio y en las praderas de pino a marco 2x2- el número de especies disminuye considerablemente. Este efecto se produce con independencia del tratamiento de fertilización aplicado en la pradera y de la mezcla de siembra establecida.

En el caso de las praderas establecidas bajo cubiertas con una elevada densidad de plantación, la aplicación de fertilización, aún a dosis reducidas, se traduce en una disminución del número de especies ya que se favorece el desarrollo y la producción de las gramíneas de siembra las cuales limitan el espacio disponible para la aparición de otras especies, al ser más competitivas en la utilización de los recursos. (Mosquera et al., 2006).

Si comparamos estos resultados con los obtenidos en la evolución de la vegetación cuando las repoblaciones se desarrollan sobre terrenos de monte (Mosquera-Losada et al., 2006), vemos que el aumento de la acidez y de la sombra en suelo promueve un reemplazo de las especies presentes por otras más frugales y adaptadas a condiciones de sombra y de fuerte acidez, que no sucede en nuestro caso. Es importante indicar que la repoblación de tierras agrarias con especies forestales como el pino provoca un gran impacto negativo sobre la biodiversidad específica. Por tanto, sería aconsejable que se aportasen semillas adaptadas a estas condiciones de sombra y mayor acidez que redujesen el impacto sobre el medio, ya que la denudación del terreno puede originar problemas de erosión (Rigueiro-Rodríguez et al., 2006).

Conclusiones

La biodiversidad alpha se ha visto influida de manera negativa por la especie forestal y el marco de plantación establecido de manera que, ésta se reduce considerablemente cuando las condiciones de luz se hacen limitantes para el desarrollo de especies pratenses lo que ocurre en las praderas repobladas con pino y establecidas a mayor densidad de plantación una vez alcanza la tangencia de copas. Esto es de gran importancia práctica, ya que la rápida acidificación ocasionada por el establecimiento de masas forestales de crecimiento rápido en suelos agrícolas, hace que no exista un banco de semillas adaptado a la nueva situación, lo que hace aconsejable su introducción. Esto sin embargo, podría resolverse mediante el empleo de densidades más reducidas, es decir con sistemas silvopastorales.

Agradecimientos

Queremos agradecer a Teresa Piñeiro-López, Divina Vázquez-Varela y José Javier Santiago-Freijanes su colaboración en los trabajos de campo y en el procesado de muestras en el laboratorio.

Bibliografía

MAGURRAN, A.E., 1989. *Diversidad ecológica y su medición*. Ed. Vedral, 200 pp. Barcelona (España).

MOSQUERA-LOSADA, M.R.; FERNÁNDEZ-NÚÑEZ, E.; RIGUEIRO-RODRÍGUEZ, A., 2006. Pasture, tree and soil evolution in silvopastoral systems of Atlantic Europe. *Forest Ecology and Management* 232, 135–145.

RIGUEIRO-RODRÍGUEZ, A.; MOSQUERA-LOSADA, M. R.; GATICA-TRABANINI, E., 2000. Pasture production and tree growth in a young pine plantation fertilized with inorganic fertilisers and milk sewage in northwestern Spain. *Agroforestry Systems* 48: 245-256.

RIGUEIRO-RODRÍGUEZ, A.; FERNÁNDEZ-NÚÑEZ, E.; RODRÍGUEZ-BARREIRA, S.; LÓPEZ-DÍAZ, M.L.; MOSQUERA-LOSADA, M-R., 2006. Manejo de pastos y cambio de la biodiversidad en sistemas silvopastorales desarrollados sobre plantaciones jóvenes de *Pinus radiata*. *Ecology* (enviada).

SAS 2001. SAS/Stara User's Guide: Statistics Ed. SAS Institute Inc., Cary, NC.USA

EVALUACION DE LA CAPACIDAD SIMBIOTICA DE AISLAMIENTOS DE *SINORHIZOBIUM (ENSIFER) MEDICAE* PROCEDENTES DE SUELOS DE LA DEHESA ANDALUZA Y EXTREMEÑA CON *MEDICAGO POLYMORPHA*

Francisco J. Temprano¹, Marta Albareda¹, Dulce Nombre Rodríguez-Navarro¹ y Francisco González-López²

¹IFAPA Centro Las Torres-Tomejil. Junta de Andalucía. Carretera Sevilla-Alcalá del Río km 12,2. 41200 Alcalá del Río (Sevilla). Telf: +34955045505 Fax: +34955045625
francisco.temprano@juntadeandalucia.es

² Centro de Investigación Agraria La Orden. Departamento de Pastos. Junta de Extremadura. 06187. Guadajira (Badajoz).

Resumen

La densidad de las poblaciones nativas de *Sinorhizobium medicae* en 24 suelos de pastos de dehesa de Andalucía y Extremadura, resultó ser muy variable y en la mitad de los casos nula o muy baja. La capacidad fijadora de nitrógeno de esas poblaciones con *Medicago polymorpha* es elevada, lo que ha permitido seleccionar aislamientos de *Sinorhizobium* altamente efectivos en la fijación de nitrógeno con varios ecotipos de esa leguminosa.

Palabras clave: *Sinorhizobium medicae*, dehesa, *Medicago polymorpha*.

Introducción

Medicago polymorpha es una leguminosa anual que tiene importancia como componente de los pastos mediterráneos entre los que se incluyen los de las dehesas del oeste de la Península Ibérica. Esta leguminosa establece simbiosis con bacterias de las especies *Sinorhizobium (Ensifer) medicae* y *S. meliloti* (Garau *et al.*, 2005), permitiendo fijar nitrógeno que incorpora al ecosistema pascícola. Las leguminosas juegan en este tipo pastos un papel fundamental para mantener la productividad del sistema (Ladha y Peoples, 1995).

Si no existen en el suelo poblaciones nativas de *Sinorhizobium* capaces de nodular o establecer simbiosis efectivas con *M. polymorpha*, será necesario inocular las semillas con estirpes seleccionadas de *Sinorhizobium* para introducir esta leguminosa en los pastos (Materon y Ryan, 1995; Evans *et al.*, 2005). Además sería conveniente que las bacterias inoculadas persistieran en el suelo a lo largo de los años para que las sucesivas resiembras de la planta pudieran nodular y fijar nitrógeno.

Por tanto, es preciso conocer previamente si en el suelo existen poblaciones de *Sinorhizobium* y si su capacidad de fijación de nitrógeno es alta, para decidir sobre la conveniencia de la inoculación. A partir de aislamientos de *S. medicae* es necesario disponer de estirpes altamente efectivas en la fijación de nitrógeno y adaptadas a los suelos donde se van a aplicar, con el fin de preparar inoculantes para *M. polymorpha*.

Materiales y Métodos

Se tomaron muestras representativas de los 30 cm superiores de suelos de dehesas de 24 lugares de Andalucía y Extremadura (Tabla 1). Las muestras se tomaron bajo condiciones microbiológicamente controladas y se guardaron a 4º C hasta su posterior análisis

bacteriológico, que tuvo lugar no más tarde de los tres meses después del muestreo, y físico-químico.

Para la determinación de la densidad de *Sinorhizobium medicae* en los suelos se utilizó la técnica del número más probable (NMP), de dilución seriada e inoculación de plantas (Brockwell, 1982). Se utilizaron tubos de ensayo de 20x200 mm con medio de cultivo sin nitrógeno de Rigaud y Puppo (Rigaud y Puppo, 1975), donde se cultivaron plantas de *M. polymorpha* ecotipo 3678. Se dispuso de 5 series de diluciones decimales y 4 repeticiones por serie. A los 15 días se determinaron los tubos con plantas noduladas y se evaluó la densidad de *Sinorhizobium* en los suelos.

Se analizó en las muestras de suelo la textura (método del densímetro), el pH (al agua 1:2,5), el contenido en carbonatos alcalinotérreos (Bernard), en materia orgánica (reducción por dicromato) y, en nitrógeno orgánico (Kjeldhal), siguiendo los métodos habituales (M.A.P.A., 1994).

A partir de los suelos muestreados y utilizando como planta hospedadora *M. polymorpha* se procedió a aislar de los nódulos estirpes de *S. medicae* en medio de agar-extracto de levadura-manitol (Vincent, 1970). Se obtuvieron un total de 36 aislamientos representativos de las poblaciones nativas de *Sinorhizobium* de las áreas de estudio.

Para la evaluación de la capacidad simbiótica de *S. medicae*, las plantas de *M. polymorpha* se cultivaron en invernadero, bajo condiciones bacteriológicamente controladas, en tubos o jarros de Leonard modificados (Leonard, 1944). Los tubos de 20x200 mm llevaron como soporte de las plantas papel de filtro y la parte superior del jarro, de 300 ml, contenía vermiculita. Ambos sistemas llevaban medio líquido sin nitrógeno de Rigaud y Puppo para crecimiento de plantas. Las semillas se esterilizaron en superficie con hipoclorito (5%) y se pregerminaron en agar antes de la siembra (Vincent, 1970). En ese momento las semillas se inocularon con 0,5 ml/semilla de un cultivo crecido de las estirpes de *Sinorhizobium* a ensayar. Como controles y referencia, se dispuso de plantas sin inocular, con o sin nitrógeno como fertilizante y de plantas inoculadas con las estirpes ISM20 o ISM34 (colección IFAPA-Centro Las Torres) previamente seleccionadas por su efectividad fijadora. Por cada tratamiento hubo 2 repeticiones, en el caso de los tubos, o 3 repeticiones para los jarros de Leonard. Después de 50 días de crecimiento de las plantas se determinó el peso seco de la parte aérea de las mismas, como parámetro indicativo de la efectividad de la fijación de nitrógeno (Erdman y Means, 1952) y se evaluó la nodulación mediante el número y peso seco de nódulos.

Se utilizaron en las pruebas de efectividad simbiótica los ecotipos de *M. polymorpha* 3670, 6081, PVA2 y Santiago. Los tres primeros son selecciones del Departamento de Pastos del Centro de Investigaciones Agrarias La Orden (Badajoz) y el cultivar Santiago es ampliamente utilizado en la mejora de pastos.

Resultados y Discusión

El análisis ha mostrado que los suelos de las zonas estudiadas tienen un pH ligeramente ácido, en un rango de 5,6 a 6,6 y con un contenido muy bajo en carbonato cálcico (Tabla 1). La textura es variable, predominando las texturas ligeras, de tipo arenoso y franco y el contenido en materia orgánica es medio-alto desde 2%, aproximadamente, llegando hasta casi el 6%. La relación carbono/nitrógeno está muy equilibrada entre 10-12.

La densidad de las poblaciones nativas de *Sinorhizobium medicae* en 12 de los suelos analizados resultó ser muy baja o nula, mientras que en el resto de los suelos fue muy variable desde poco más de 10 hasta más de 10⁵ bacterias/g (Figura 1). *S. medicae* y *S. meliloti* son poco tolerantes a la acidez por lo que es posible que, en estos suelos de acidez moderada, la presencia

de esas bacterias se vea limitada (Howieson y Ewing, 1986). Estos datos contrastan con los obtenidos para otras especies de rizobios como *Rhizobium leguminosarum* bv. *trifolii* (capaz de nodular los tréboles) o *Bradyrhizobium* sp. (capaz de nodular *Ornithopus*), que siempre se encuentran en este tipo de suelos y en altas densidades (Temprano, 1990). No obstante al analizar los datos, no se ha encontrado una correlación significativa entre la densidad de las poblaciones de *S. medicae* y el pH, por lo que probablemente existen otros factores que influyen en la existencia de esas bacterias en el suelo. *M. polymorpha* es una especie de medicago relativamente tolerante a acidez por lo que podría desarrollarse en estos suelos de dehesa siempre que estuvieran presentes los rizobios capaces de nodular a la planta.

Tabla 1.- Procedencia de las muestras de suelo y algunos parámetros físicoquímicos relevantes.

Provincia y Localidad	Textura	pH	M.O. %	C/N
Huelva				
Aroche	F-Ar	5,9	2,0	10,7
Valverde de Camino	F-Ac-Ar	6,4	3,8	11,2
Puerto del Moral	F-Ar	5,7	4,7	11,3
Santaolalla	F-Ar	5,8	4,0	11,3
Sevilla				
Elgarrobo	F-Ar	6,4	2,3	10,9
Castilblanco	Ar-F	6,1	2,3	10,9
Cazalla de la Sierra	F-Ar	5,9	4,4	11,3
Puebla de los Infantes	F	6,3	2,4	10,9
Córdoba				
Villaviciosa	F	5,8	4,4	11,3
Espiel	F-Ar	5,6	2,0	10,8
Pozoblanco	Ar-F	6,1	2,7	11
Cardeña	Ar-F	5,8	2,3	10,9
Badajoz				
Oliva de la F ^a -2	F-Ar	6,2	4,1	11,3
Salvaleón-1	F-L	5,9	5,7	11,4
Salvaleón-2	F	6,0	5,2	11,4
La Serena-2	F	6,0	1,9	11,1
La Serena-5	F-Ar	6,2	4,9	11
Alburquerque-1	Ar-F	5,9	2,8	11,3
Alburquerque-8	F-L	6,1	4,8	11,4
Cáceres				
Llanos de CC.-1	F	5,9	5,7	11,4
Llanos de CC.-2	F	5,7	5,4	11,4
Logrosán-1	F-L	6,0	3,9	11,2
Logrosán-2	F-L	6,0	5,0	11,4
Logrosán-3	F-Ar	6,6	4,3	11,3

Ac=arcillosa, F=franca, L=limosa, Ar=arenosa. M.O.= materia orgánica
C/N=relación carbono:nitrógeno

La efectividad de los aislamientos de *S. medicae* procedentes de las poblaciones nativas de los suelos se halla representada en el histograma de la figura 2. El peso seco de las plantas inoculadas con los aislamientos resultó ser superior y significativamente diferente ($p < 0,05$) a la del control sin inocular, con valores, en general, entre 200-300 % relativos al del control. Hubo diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los pesos medios de las plantas inoculadas con los distintos aislamientos de *S. medicae*, lo que muestra que existe una heterogeneidad en la capacidad de fijación de nitrógeno en las poblaciones nativas de *S. medicae* de los suelos. La efectividad en la fijación de nitrógeno de la estirpe de referencia ISM20, fue intermedia en el contexto de los aislamientos analizados. Estos resultados sugieren que la eficiencia en la fijación de nitrógeno con *M. polymorpha* de las poblaciones de *S. medicae* de los suelos de dehesa estudiados es alta, mostrando las estirpes que componen esas poblaciones cierta

variabilidad en esa propiedad. No se espera, por tanto, una respuesta positiva de *M. polymorpha* a la inoculación en este tipo de suelos donde esté presente *S. medicae*.

Con el fin de seleccionar estirpes de *S. medicae* con una alta capacidad de fijación de nitrógeno para ser utilizadas en la preparación de inoculantes, se probaron en *M. polymorpha* cv. 3670, 14 aislamientos. Estos aislamientos habían mostrado en la prueba anterior una gran efectividad fijadora de nitrógeno y se ensayan, en una prueba más precisa, en jarros de Leonard. Los resultados se muestran en la Figura 3, donde se puede ver que los pesos secos de la plantas inoculadas con algunos aislamientos, como por ejemplo, M14/2 o M19/1, superaron a los correspondientes de las estirpes de referencia ISM20 o ISM34.

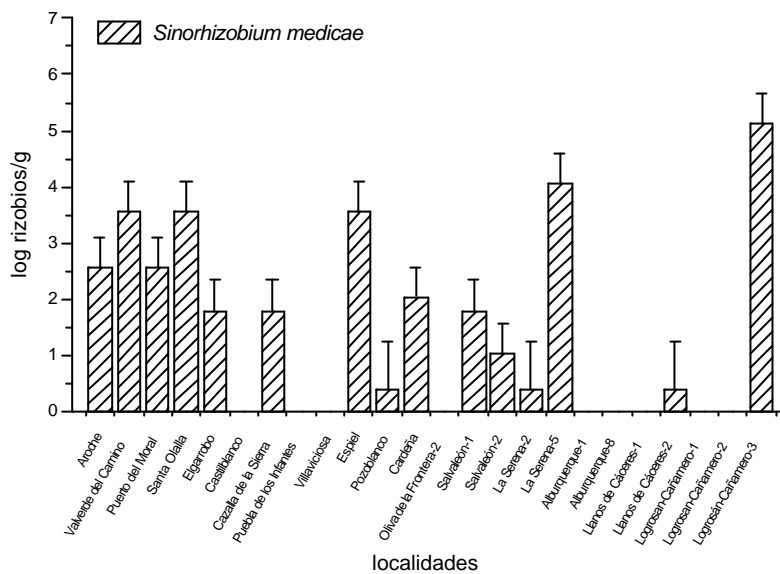


Figura 1.- Densidad de las poblaciones nativas de *Sinorhizobium medicae* en suelos de dehesa de Andalucía y Extremadura.

En la Figura 4 se muestran los resultados de la inoculación, bajo condiciones controladas de invernadero, de 4 ecotipos de *M. polymorpha* con 6 estirpes de *S. medicae*, que habían mostrado una gran capacidad de fijación de nitrógeno en ensayos previos. El análisis de la varianza del peso seco de las plantas muestra diferencias significativas ($p < 0,05$) debidas al efecto de la inoculación de las distintas estirpes, sin embargo no parece haber un efecto significativo ($p = 0,29$) debido a la interacción ecotipo x estirpe.

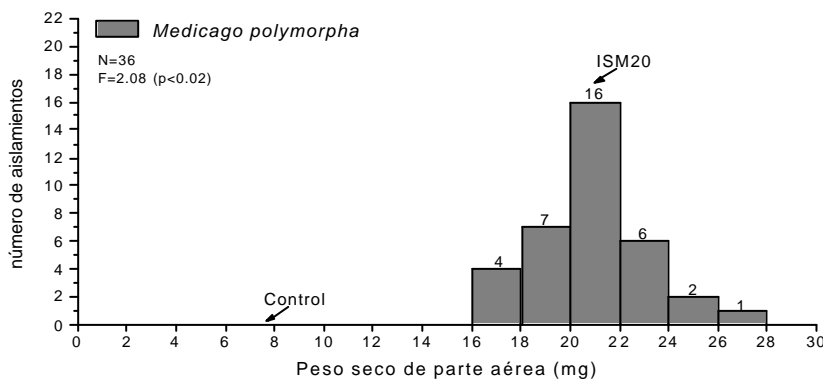


Figura 2.- Histograma de frecuencias de aislamientos de *Sinorhizobium medicae* agrupados por su capacidad de fijación de nitrógeno en *Medicago polymorpha*, evaluada por el peso seco de la parte aérea de las plantas

Conclusiones

En más de la mitad de los suelos de pastos de dehesa en Andalucía y Extremadura, estudiados en este trabajo, no existen poblaciones nativas de la bacteria que nodula *M. polymorpha*, *S. medicae*, o su densidad es muy baja. No parece que el pH moderadamente ácido de esos suelos sea el único factor responsable de la ausencia de *S. medicae*. Cuando están presentes poblaciones autóctonas de *Sinorhizobium*, las tasas de fijación de nitrógeno que muestran con *M. polymorpha* son elevadas. La carencia de *S. medicae* en los suelos puede ser un factor limitante para la introducción de *M. polymorpha* para la mejora de los pastos de dehesa, por lo que sería necesario, en este caso, proceder a la inoculación con *Sinorhizobium*. Se han seleccionado estirpes de *S. medicae* altamente efectivas en la fijación de nitrógeno con algunos ecotipos de *M. polymorpha* de interés para los pastos de dehesa.

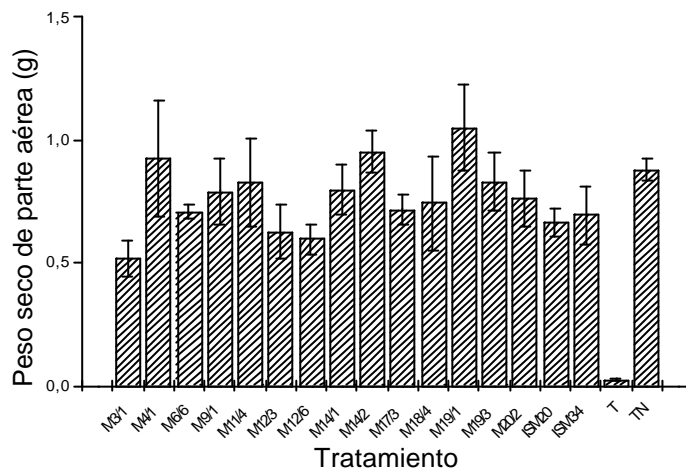


Figura 3.- Capacidad fijadora de nitrógeno de estirpes de *Sinorhizobium medicae* con el ecotipo 3678 de *Medicago polymorpha*. T=control sin inocular. TN=control fertilizado con nitrógeno.

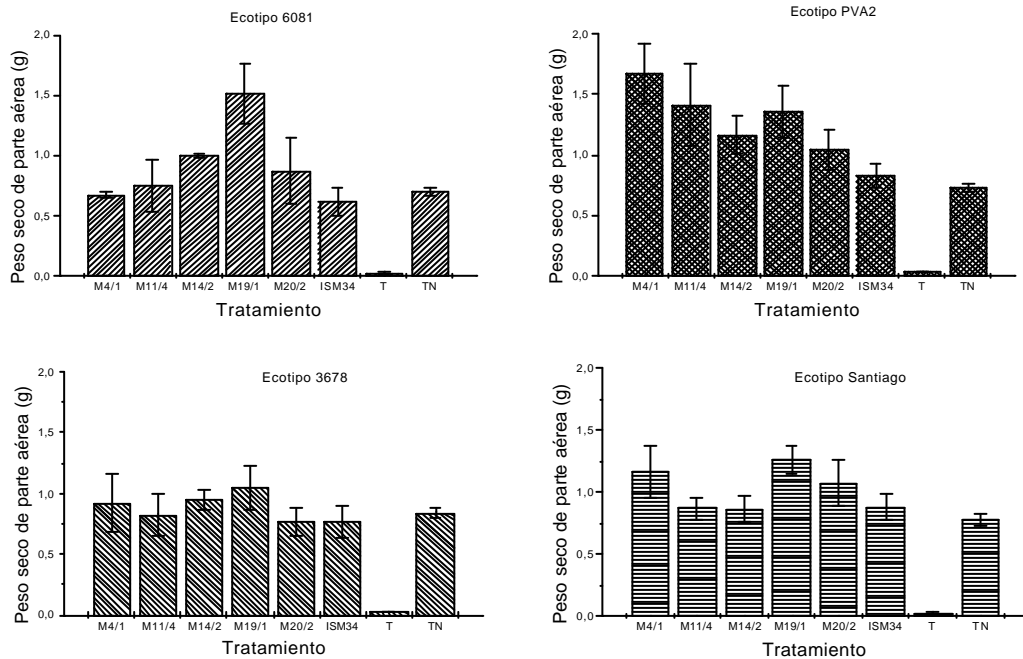


Figura 4.- Efectividad en la fijación de nitrógeno de estirpes de *Sinorhizobium medicae* con 4 ecotipos de *Medicago polymorpha*. T=control sin inocular. TN=control fertilizado con nitrógeno

Bibliografía

BROCKWELL, J., 1982. Plant infection counts of rhizobia in soil. En: Nitrogen fixation in legumes. J.M. Vincent (ed.). Academic Press, Australia. p. 173-191.

ERDMAN, L.W.; MEANS, U.M., 1952. Use of total yield for predicting nitrogen content of inoculated legumes in sand culture. *Soil Sci.*73:213-235.

EVANS, P.M.; HOWIESON, J.G.; NUTT, B.J., 2005. Increased yield and persistence of several annual medic species and *Medicago sativa* by inoculation with selected strains of *Sinorhizobium meliloti* and *S. medicae*. *Aus. J. Exp. Agric.* 45 :217-214.

GARAU, G.; REEVE, W.G.; BRAU, L.; DEIANA, P.; YATES, R.J.; JAMES, D.; TIWARI, R.; O'HARA, G.W.; HOWIESON, J.G., 2005. The symbiotic requirements of different *Medicago* spp. suggest the evolution of *Sinorhizobium meliloti* and *S. medicae* with hosts differentially adapted to soil pH. *Plant and Soil*, 176:236-277.

HOWIESON, J.G.; EWING, M.A., 1986. Acid tolerance in the *Rhizobium meliloti*-*Medicago* symbiosis. *Aust. J. Agric. Res.* 37:55-64.

LADHA, J.K.; PEOPLES, M.B. , 1995. Management of biological nitrogen fixation for the development of more productive and sustainable agriculture systems. Kluwer Academic Pub., Dordrecht

LEONARD, L.T., 1944. Method for testing bacterial cultures and results of tests of commercial inoculants. USDA Circ. N° 703. Washington D.C. 8p.

M.A.P.A. (1994). Métodos Oficiales de Análisis. Tomo III. Secretaría general de Alimentación. Dirección General de Política Agroalimentaria. Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación.

MATERON, L.A.; RYAN, J., 1995. Rhizobial inoculation and phosphorus and zinc nutrition for annual medics adapted to mediterranean environments. *Agron. J.* 87:692-698.

RIGAUD, J.; PUPPO, A., 1975. Indole-3-acetic acid catabolism by soybean bacteroids. *J. Bacteriol.* 88:223-228.

TEMPRANO, F.J., 1990. Evaluación de la capacidad simbiótica de poblaciones nativas de *Bradyrhizobium* sp. (*Lupinus*) y de la necesidad de inoculación de altramuces (*Lupinus* sp.) en suelos españoles. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid.

VINCENT, J.M. (1970). A manual for the practical study of root nodule bacteria. IBP Handbook No. 15. Blackwell Scientific publications, Oxford.

Agradecimientos

Al IFAPA (Junta de Andalucía), en cuyo Centro Las Torres-Tomejil se han realizado gran parte de estos trabajos y al Departamento de Pastos del Centro de Investigación Agraria La Orden (Junta de Extremadura) por su colaboración y suministro de suelos y material vegetal. Este trabajo ha sido financiado por el proyecto INIA, RTA04-056-C2-2.

CARACTERIZACIÓN DEL POTENCIAL GANADERO DE LOS PERÍMETROS DE PROTECCIÓN PRIORITARIA PARA LA PREVENCIÓN DE INCENDIOS EN CATALUÑA

MARC TAULL¹, NURIA SIMON¹, ROSARIO FANLO², PERE CASALS^{1,3}

¹ ÀREA D'ECOLOGIA VEGETAL, CENTRE TECNOLÒGIC FORESTAL DE CATALUNYA. Pujada del Seminari s/n, 25280. Solsona (Lleida). Tlf: +34 973 481752

² DEPARTAMENT DE PRODUCCIÓ VEGETAL I CIÈNCIA FORESTAL, ESCOLA TÈCNICA SUPERIOR D'ENGINYERIA AGRÀRIA. UdL. Av. Rovira Roure nº 191. 25198. Lleida.

³ FUNDACIÓN CENTRO DE ESTUDIOS AMBIENTALES DEL MEDITERRÁNEO (CEAM). Parque Tecnológico c/Charles R. Darwin, 14. 46980 Paterna (València)

Resumen

En el marco de la lucha contra incendios forestales, el *Departament de Medi Ambient i Habitatge* de la Generalitat de Catalunya definió en 1995 unos Perímetros de Protección Prioritaria (PPP), que coinciden en gran medida con los grandes incendios forestales históricos. El uso de la ganadería extensiva para la reducción del combustible del sotobosque es una de las herramientas de gestión de los montes que debe considerarse en la prevención de incendios. El objetivo de este estudio es analizar el potencial ganadero existente en los perímetros de protección prioritaria definidos para la prevención y lucha contra los grandes incendios forestales en Cataluña.

Utilizando un análisis de agrupación jerarquizado se han caracterizado los PPP en función de los hábitats silvopastorales dominantes, por un lado, y la tipología de la cabaña ganadera, por otro. La diversidad de hábitats silvopastorales existente en los PPP explica aproximadamente un 25% de la variabilidad de la cabaña ganadera (ovino, caprino o bovino). En los municipios con dominancia de bovino predominan los bosques y comunidades asociadas a los pinares de pino laricio y silvestre, mientras que aquellos con dominancia de caprino u ovino se caracterizan por el predominio de matorrales, tomillares y cultivos leñosos de secano (almendros, viñas, olivares). Un 55% de los municipios incluidos en los PPP presentan un potencial ganadero suficiente para realizar aprovechamiento pastoral del sotobosque con una carga igual o superior a 0,1UGM por hectárea.

Palabras clave: Perímetros de Protección Prioritaria, incendios forestales, ganadería extensiva, hábitats silvopastorales, Unidad de Ganado Mayor (UGM).

Introducción

En el marco de la lucha contra incendios forestales, el *Departament de Medi Ambient i Habitatge* de la Generalitat de Catalunya definió, en 1995, treinta y cuatro Perímetros de Protección Prioritaria (PPP) que coinciden en gran medida con los grandes incendios forestales históricos. Se trata de unidades fisiográficas con características forestales homogéneas que se delimitan a partir de discontinuidades físicas como ríos y carreteras, y corredores no forestales como cadenas montañosas, zonas de pasto o agrícolas. La gestión de los espacios forestales incluidos en estos PPP debe de priorizar la lucha contra los grandes incendios. La actividad silvopastoral constituye una herramienta clave para la reducción y el mantenimiento del combustible forestal por debajo de un umbral máximo que garantice la seguridad y las posibilidades de éxito de los servicios de extinción. Así, en el sur de Francia, el uso de la ganadería extensiva se integra desde hace muchos años en las políticas de prevención de incendios (Étienne, 2004; Dimanche y Coudour, 2005). En nuestro ámbito geopolítico, destacan

experiencias como las realizadas en Galicia (Rigueiro *et al.*, 2004) o en la Comunitat Valenciana (Dopazo y Suárez, 2004).

En la vertiente norte de la cuenca mediterránea, el fomento de la actividad agrosilvopastoral requiere del reconocimiento de su carácter multifuncional que permite al mismo tiempo el mantenimiento de una renta agraria, resultado directo de la calidad de sus productos de mercado, y el mantenimiento de unos bienes no de mercado esenciales para la sociedad. En Cataluña, el *Departament d'Agricultura, Ramaderia i Pesca* (DARP) prevé que las ayudas agroambientales (Reglamento 1782/2003/CE), a desarrollar mediante un acuerdo entre productor y Administración (Contrato Global de Explotación, CGE), contemplen una prima al pastoreo de sotobosque en zonas prioritarias para la lucha contra los grandes incendios forestales (Casals *et al.* en revisión).

La finalidad de este estudio es analizar el potencial ganadero existente en los perímetros de protección prioritaria definidos para la prevención y lucha contra los grandes incendios forestales en Cataluña.

Material y métodos

En Cataluña se han definido 34 PPP (Figura 1). Mediante un análisis de agrupación jerarquizado (SPSS 11.0), estos PPP se han agrupado en función, por una parte, de los hábitats silvopastorales dominantes y, por otra, de la tipología de la cabaña ganadera. En ambos casos, se ha empleado el método de Ward y la distancia euclídea al cuadrado.

Para la caracterización de los PPP según hábitats silvopastorales se ha utilizado como base los hábitats CORINE con escala 1:50.000 adaptados a Cataluña (Vigo y Carreras, 2002), excluyendo aquellos hábitats no aptos para un aprovechamiento ganadero. Posteriormente, se han agrupado los hábitats de interés pastoral en 21 unidades silvopastorales siguiendo criterios botánicos y de gestión ganadera.

La determinación de la cabaña ganadera de los PPP se ha realizado a partir del censo por municipios realizado por el DARP. Se ha considerado como tipo de ganado apto para el pastoreo del sotobosque el ganado caprino, el ovino y el vacuno, todos ellos de aptitud cárnica (el equino se ha excluido por su poca presencia y por no poder distinguir entre las explotaciones de hípica y las de producción cárnica). Las equivalencias aplicadas entre cabezas de ganado y UGM han sido (DARP, 2006): bovinos >24 meses = 1 UGM, bovinos 12-24 meses = 0,7 UGM, ovinos = 0,1 UGM y caprinos = 0,1 UGM.

La relación entre los distintos hábitats y la tipología de ganado se ha analizado mediante un análisis discriminante (Canonical Variate Analysis, Canoco 4.5). Para este fin, se ha utilizado el método RDA (Redundance Analysis) y se ha trabajado con la proporción (%) de hábitats silvopastorales y de tipología de ganado por municipio. En el análisis se han incluido sólo los municipios con un mínimo de 50 hectáreas en PPP y con un mínimo de 20 UGM (excluyendo aquellos sin una capacidad ganadera mínima para la gestión del sotobosque, considerada < 20 UGM).

Resultados

Caracterización de la vegetación de los PPP

La superficie de los PPP está constituida en un 89% por hábitats susceptibles a ser pastoreados. El 77,8% de la superficie total incluida dentro de los PPP está representada por sólo seis de los 21 hábitats silvopastorales: matorrales y jaras de tierra baja (25%), cultivos herbáceos y pastos intensivos (16%), encinares y carrascales (10%), bosques de pino laricio (10%), cultivos arbóreos de secano (9%) y maquias y matorrales calcícolas (7%).

Los 34 PPP de Cataluña se pueden agrupar en 11 tipos de vegetación según los hábitats silvopastorales predominantes (Tabla 1; Figura 1).

Tabla 1. Caracterización de los tipos de vegetación según los hábitats silvopastorales predominantes, expresados en % respecto la superficie total de cada PPP (los porcentajes subrayados son los que marcan las diferencias significativas entre grupos)

Hábitats PPP	Tipo de vegetación (localización geográfica en Figura 1)																																	
	I		II				III			IV		V			VI	VII					VIII		IX		X			XI						
	B 1	B 2	B 8	BT 1	B1 0	B 9	BL 1	B 3	G 4	G 6	B 4	BG 1	B 5	B 6	G 3	B7	BT 2	E 1	ET 1	E 2	E 4	ET 2	E 5	E 3	T 3	G 1	G 2	G 5	L 1	L 2	L 6	L 3	L 4	L 5
Encinares y carrascales	<u>9</u>	<u>12</u>	0	4	1	1	1	21	5	1	<u>38</u>	<u>43</u>	7	7	0	0	4	0	8	0	1	3	1	<u>9</u>	<u>24</u>	8	0	<u>28</u>	<u>17</u>	<u>22</u>	<u>23</u>	15	3	12
Bosques de pino laricio	2	7	<u>9</u>	<u>9</u>	<u>26</u>	<u>21</u>	<u>19</u>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	0	0	0	0	<u>17</u>	<u>11</u>	0	0	0	5	3	0	<u>25</u>	<u>35</u>	<u>45</u>
Matorrales y jaras de tierra baja	<u>56</u>	<u>34</u>	<u>41</u>	<u>30</u>	<u>21</u>	<u>39</u>	<u>23</u>	0	3	2	0	0	2	13	0	<u>21</u>	<u>34</u>	<u>47</u>	<u>38</u>	<u>62</u>	<u>69</u>	<u>60</u>	<u>58</u>	<u>20</u>	<u>14</u>	0	1	<u>9</u>	<u>27</u>	<u>11</u>	<u>18</u>	14	9	4
Cultivos arbóreos de seco	4	1	1	7	1	0	0	0	0	0	4	0	<u>9</u>	<u>13</u>	<u>7</u>	9	<u>27</u>	<u>40</u>	<u>33</u>	<u>31</u>	<u>18</u>	<u>20</u>	<u>31</u>	<u>17</u>	<u>12</u>	4	7	1	2	2	4	0	0	0
Cultivos herbáceos y pastos intensivos	<u>20</u>	<u>13</u>	<u>41</u>	<u>27</u>	<u>29</u>	<u>30</u>	<u>48</u>	<u>12</u>	<u>18</u>	<u>14</u>	12	10	6	5	8	3	3	3	2	2	6	3	1	1	6	8	3	<u>30</u>	<u>16</u>	<u>29</u>	<u>28</u>	<u>23</u>	<u>38</u>	<u>14</u>
Coscojales	0	0	0	4	0	0	1	0	0	0	0	0	0	12	39	<u>45</u>	13	1	1	0	0	2	0	14	5	0	0	8	1	12	11	2	2	0
Maquias acidófilas	1	1	0	0	0	0	0	<u>18</u>	<u>21</u>	<u>23</u>	<u>22</u>	<u>12</u>	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0
Maquias calcícolas	<u>7</u>	<u>23</u>	2	11	15	0	2	1	0	0	2	6	<u>58</u>	<u>42</u>	<u>40</u>	4	14	8	8	1	4	5	0	8	14	0	0	14	0	2	0	1	0	1
Prados, jaras y matorrales acidófilos	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	12	1	3	2	0	1	0	0	3	0	0	4	0	0	2	<u>49</u>	<u>84</u>	4	0	0	0	0	0	0
Alcornocales	0	0	0	0	0	0	0	<u>36</u>	<u>49</u>	<u>55</u>	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19	2	4	0	0	0	0	0	0
Otros hábitats silvopastorales	1	9	6	8	7	9	6	11	3	4	10	22	13	5	6	17	4	1	5	4	2	3	9	14	11	12	2	1	31	19	16	20	13	24

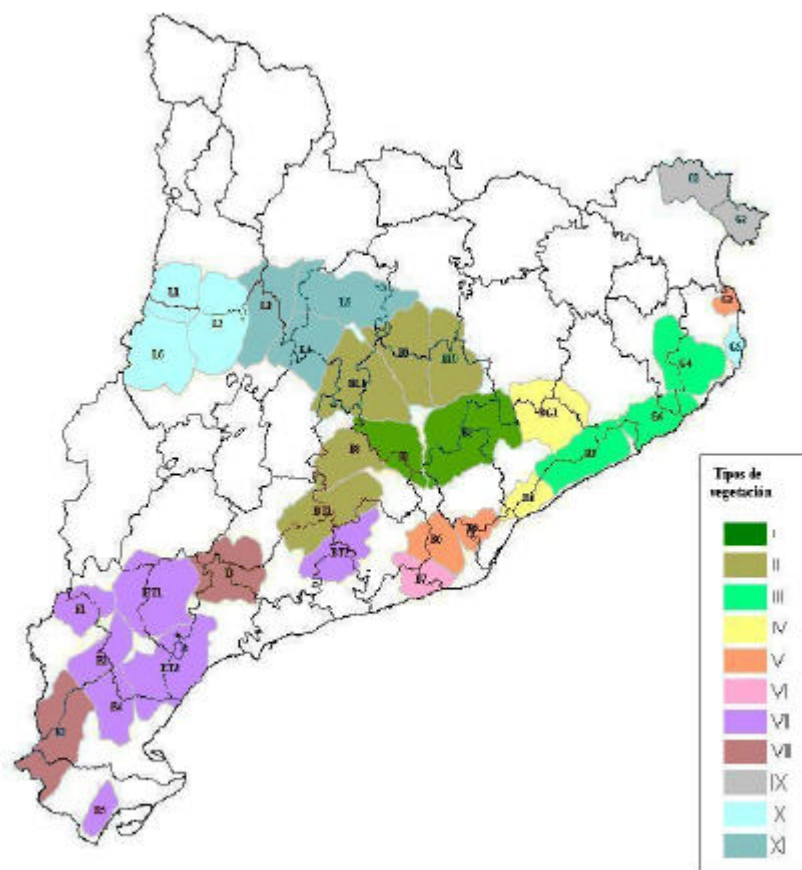


Figura 1 Agrupación de los PPP en 11 tipos de vegetación según los hábitats silvopastorales predominantes

Caracterización de la cabaña ganadera de los PPP

Un 70% de los municipios incluidos en los PPP tienen, a priori, cabaña ganadera suficiente para la gestión del sotobosque (>20UGM). El 30% de municipios excluidos tan sólo representan el 8% de las explotaciones ganaderas (Tabla 2).

Tabla 2. Número de municipios y explotaciones ganaderas en PPP según diferentes criterios¹ para su inclusión o no en medidas agroambientales

Criterios ¹	Inclusión			
	Municipios		Explotaciones	
	Nº	%	Nº	%
Total	425	100	3551	100
UGM>0	359	84	3487	98
UGM>20	325	76	3412	96
UGM>20 y PPP/municipio>50ha	296	70	3258	92

¹Total: nº municipios incluidos total o parcialmente en PPP;

UGM>0, municipios con cabaña ganadera;

UGM>20, municipios con cabaña ganadera superior a 20 unidades de ganado mayor;

PPP/municipio>50 ha, municipios con más de 50 ha incluidas en algún PPP.

En general, si consideramos la cabaña ganadera de los municipios con más de 50 hectáreas en PPP y con más de 20UGM, solo un 38% de la superficie de los PPP presenta una cabaña ganadera suficiente para realizar aprovechamiento pastoral del sotobosque con una carga ganadera mínima de 0,1UGM por hectárea.

Considerando sólo los municipios con cabaña ganadera superior a 20 UGM, en el conjunto de los 34 PPP existe un predominio del ganado ovino (62% del total de la cabaña) respecto el bovino (24%) y el caprino (14%). A excepción del grupo 5, el caprino representa el tipo de cabaña menor en el resto de PPP. Los PPP se pueden clasificar en cinco grupos según la composición de su cabaña ganadera (Tabla 3; Figura 2).

Tabla 3. Caracterización de los cinco grupos de PPP formados según la composición de la cabaña ganadera y superficie de PPP en cada grupo

Grupos	% caprino	% ovino	% bovino	superficie	
				ha	%
1 (n=9)	11	<u>65</u>	24	203.990	24
2 (n=7)	8	32	<u>60</u>	232.942	27
3 (n=3)	7	<u>48</u>	<u>45</u>	89.797	10
4 (n=14)	16	<u>81</u>	3	297.731	34
5 (n=1)	<u>67</u>	32	1	43.931	5
<i>Total</i>	<i>14</i>	<i>62</i>	<i>24</i>	<i>868.392</i>	<i>100</i>

El grupo 1 y 4, que representan un 58% de la superficie total de los PPP, se caracterizan por tener una cabaña predominante de ovino. El grupo 3 tiene una cabaña mixta de ovino y bovino, mientras que el grupo 2 se caracteriza por una mayoría de ganado bovino. Finalmente, el grupo 5, formado por un único PPP, es el único con cabaña mayoritaria de ganado caprino. Los grupos 2 y 3, donde se encuentra la mayor parte de la cabaña bovina, coinciden principalmente con las zonas montañosas del Montseny, la Albera y el Prepirineo central catalán. En cambio, los grupos 1, 4 y 5, que engloban los PPP con predominancia de ovino y caprino, se sitúan más en las sierras del litoral y prelitoral catalán y en la sierra del Montsec, Prepirineo occidental catalán.

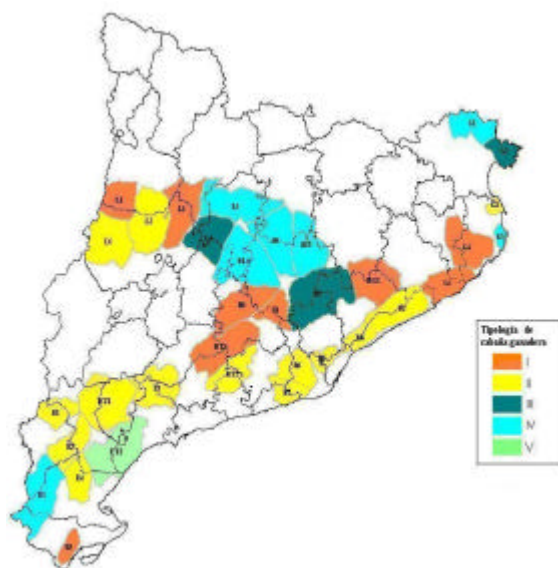


Figura 2 Agrupación de los Perímetros de Protección Prioritaria según la tipología de la cabaña ganadera media

Relación entre hábitats silvopastorales y composición de la cabaña ganadera

La diversidad de hábitats silvopastorales existente en los PPP explica aproximadamente un 25% de la variabilidad de la cabaña ganadera (Figura 3). En los municipios con dominancia de bovino predominan los bosques de pino laricio y silvestre, mientras que aquellos con dominancia de caprino u ovino se caracterizan por el predominio de matorrales, tomillares y cultivos leñosos de secano (almendros, viñas, olivares).

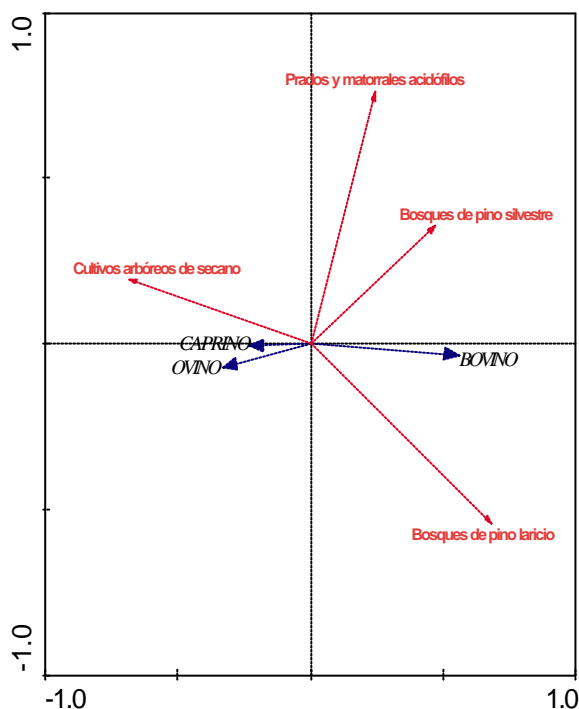


Figura 3. Análisis canónico de correspondencias entre la matriz de capacidades ganaderas y la de hábitats por municipios incluidos en los PPP.

Discusión

La mayoría de la superficie de los PPP (89%) está ocupada por hábitats silvopastorales y, por lo tanto, es susceptible de ser gestionada por ganado en régimen extensivo o semiextensivo. Los PPP de Cataluña se pueden clasificar en once grupos según sus hábitats mayoritarios, de forma que el tipo de gestión a ejecutar sobre el sotobosque será, en cierta forma, comparable dentro de los PPP de un mismo grupo.

Considerando una superficie forestal a gestionar para la prevención de incendios superior a 50 ha y una cabaña mínima de 20UGM, una gran mayoría de los municipios presentan aún una capacidad ganadera suficiente con potencial de gestión del sotobosque. A pesar de este dato, si consideramos la superficie de PPP y la cabaña ganadera, menos de una tercera parte de la superficie forestal de los PPP tiene un potencial ganadero mínimo de 0,1UGM por hectárea.

Dos terceras partes de la superficie de los PPP (68%) presentan una cabaña mayoritaria de ganado ovino. El bovino en cambio es dominante en aproximadamente una cuarta parte (27%) de los municipios. El caprino, aunque está presente en la mayoría de las explotaciones de ovino, sólo es mayoritario en un PPP situado al sur de Cataluña.

En los municipios con dominancia de bovino abundan los bosques y comunidades asociadas a los pinares de pino laricio y silvestre, mientras que aquellos con predominio de ovino se caracterizan por una elevada presencia de matorrales, tomillares y cultivos leñosos de secano

(almendros, viñas, olivares). La cabaña de caprino no se correlaciona de forma positiva con ninguno de los hábitats silvopastorales, lo cual puede indicar cierta independencia entre la presencia de las cabras sobre los hábitats silvopastorales. No obstante, a pesar de existir una cierta relación entre las características fisiográficas de los PPP y el predominio de un tipo de cabaña sobre otro, la diversidad de hábitats silvopastorales existente en los PPP sólo explica un 25% de la variabilidad de la cabaña ganadera; otros factores, presumiblemente de tipo socio-económico, deben de ser determinantes en la existencia de un tipo u otro de explotaciones de ganado extensivo para la producción de carne.

Conclusiones

La cabaña ganadera extensiva para la producción de carne se encuentra aún bien repartida por el territorio catalán susceptible de sufrir grandes incendios forestales. Así, la reducción y mantenimiento del combustible forestal por debajo de un cierto umbral, que garantice las posibilidades de éxito de las tareas de extinción, aún es factible mediante explotaciones ganadera implantadas en el territorio. Evidentemente, en estas condiciones, la actividad silvopastoral debe de integrarse en los planes de prevención de los incendios forestales.

Bibliografía

CASALS, P.; BAIGES, T.; BOTA, G.; CHOCARRO, C.; DE BELLO, F.; FANLO, R.; SEBASTIÁ, M.T.; TAULL, M. (en revisión). Silvopastoral systems in the NE of the Iberian Peninsula. A Multifunctional Perspective. *Agroforestry Systems*

DARP, 2006. Estadístiques Agràries. Cens agrari. Metodologia. Institut d'Estadística de Catalunya. www.idescat.net (25/08/2006)

DIMANCHE, M.; COUDOUR, R., 2005. Le pastoralisme, partenaire de la forêt et de la prévention des incendies en Languedoc Roussillon: 20 ans de pratiques 1985 – 2005. *II Conferència Internacional sobre estratègies de prevenció d'incendis al sud d'Europa*.

DOPAZO, C.; SUÁREZ, J., 2004. Experiencias de control de combustible mediante áreas cortafuego de la Comarca de los Serranos (Valencia). *Libro de Actas del Congreso Internacional de Silvopastoralismo y manejo sostenible*. Lugo (España), 160.

ÉTIENNE, M., 2004. Manejo silvopastoral en áreas templadas y mediterráneas: participación, prácticas y obligaciones socioeconómicas. *Libro de Actas del Congreso Internacional de Silvopastoralismo y manejo sostenible*. Lugo (España), 138.

RIGUEIRO, A.; MOSQUERA, M.R.; GONZÁLEZ, M.P.; ROMERO, R., 2004. Sistemas silvopastorales como técnicas de prevención de incendios forestales. *Libro de Actas del Congreso Internacional de Silvopastoralismo y manejo sostenible*. Lugo (España), 166.

REGLAMENTO (CE) N° 1782/2003, 2003. Normativa del Consejo de las Comunidades Europeas, de 29 de septiembre de 2003, para establecer disposiciones aplicables a los regímenes de ayuda directa en el marco de la Política Agraria Comuna. Diario Oficial de la Unión Europea (DOUE).

VIGO, J.; CARRERAS, J., 2002. Cartografía de los hábitats del proyecto CORINE en el ámbito territorial catalan. www.gencat.es/mediamb/ (26/08/2006)

Agradecimientos

Este trabajo se ha realizado en el marco de un convenio con el *Consorti Forestal de Catalunya* y el *Departament d'Agricultura, Ramaderia i Pesca* (DARP) de la Generalitat de Catalunya. Agradecemos a los técnicos comarcales del DARP la información suministrada sobre el censo de las explotaciones ganaderas.

Summary

In the context of forest fire prevention, in 1995 the *Departament de Medi Ambient i Habitatge* of the *Generalitat de Catalunya* defined Priority Protection Perimeters (PPP), that coincide in most of the cases with historical large forest fires. The use of extensive livestock grazing for reducing understory fuels is a very useful practice that can be used for the fire prevention. The aim of this study is to assess the potential for livestock grazing in defined PPP in order to prevent large forest fires in Catalonia.

Using hierarchical cluster analysis, PPP had been classified first according to dominant silvopastoral habitats on one hand, and secondly by livestock typology. Silvopastoral habitat diversity in the PPP explain approximately the 25% of livestock variability (beef cattle, flock and goats). In municipalities where beef cattle is predominant there are mainly forests and communities associated with *Pinus nigra* and *P. sylvestris*, whereas in municipalities where flock and goats are predominant, there are shrub communities with *Thymus vulgaris* and woody crops from unirrigated land (almond grove, vineyard and olive grove). It was found that 55% of the municipalities included in the PPP have sufficient livestock potential to graze the understory with a stocking rate equal or higher than 0.1 UL per hectare.

Key words: Priority Protection Perimeters, forest fires, extensive grazing, silvopastoral habitats, Livestock Units (LU)

INCIDENCIA ECONÓMICA DE LA DISOCIACIÓN Y MODULACIÓN DE LAS AYUDAS DE LA PAC SOBRE SISTEMAS REGIONALES DE OVINO DE LECHE.

ZAMUDIO, A.; MANRIQUE, E.; OLAIZOLA, A.M.

Departamento Agricultura y Economía Agraria. Universidad de Zaragoza. C/Miguel Servet 177, E - 50013 Zaragoza (España).

Resumen

El desacoplamiento y la modulación de las ayudas, son los aspectos más destacados de la última reforma de la PAC. Se analizan las implicaciones potenciales de la reforma sobre las rentas de explotación en diversos escenarios, a partir de los datos de la muestra de explotaciones de la RCAN de tres regiones con sistemas ovinos lecheros (Castilla-La Mancha, Castilla-León y País Vasco). El crecimiento de la dimensión del rebaño o la mejora de la productividad aparecen como opciones viables para amortiguar la pérdida de los ingresos totales de las explotaciones.

Palabras Clave: Política Agraria, Desacoplamiento, Sistemas ovinos lecheros, Rentas de explotación.

Introducción

La profunda reforma de la PAC (junio 2003) ha sido calificada de histórica al modificar la naturaleza de la ayuda de la UE al sector agrario y a la economía rural (Comisión Europea, 2004). Los dos ejes estratégicos de la reforma son la disociación de ayudas respecto a la producción y la modulación de dichas ayudas (Massot, 2000) El importe de las ayudas que se percibían formarán parte de un Pago Único por explotación o ayuda desacoplada o desligada, al que tendrán derecho los agricultores que hayan percibido ayudas directas en el periodo 2000 – 2002 (Periodo de Referencia). En relación con el ovino y el caprino, una prima que supone el 50% de las actuales (10,5 euros/oveja ovino de carne y 8,4 euros/oveja de leche). El mecanismo de modulación supone la reducción del 3% en 2005; 4% en 2006 y 5% en 2007-2012.

Las ventajas globales atribuidas a la reforma (para consumidores, presupuestarias, medioambientales, para el conjunto de la economía, etc.) así como las críticas principales que ha originado (Massot, 2003) han sido frecuentemente señaladas. No obstante, para los agricultores y ganaderos los beneficios que se atribuyen tienen carácter intangible (C. E., 2004) y no abundan trabajos que cuantifiquen el impacto económico sobre las rentas de las explotaciones. Como es sabido en las actitudes y comportamientos de las explotaciones de carácter familiar influyen factores diversos (económicos, sociológicos, psicológicos, etc.) (Gil et al., 2003; Mc Gregor et al., 1996) si bien las medidas de política económica y su incidencia en las rentas de explotación, en la medida que condicionan la sostenibilidad de las explotaciones, pueden tener una influencia determinante en su continuidad.

El objetivo de este trabajo es evaluar la posible incidencia de la reforma de la PAC sobre las rentas de explotación en sistemas ovinos de orientación lechera característicos de tres regiones españolas características.

Metodología

La información básica utilizada ha sido la aportada por la muestra de explotaciones de orientación productiva “Ovino” de la Red Contable Agraria Nacional (RCAN, 2004) correspondiente a las Comunidades de Castilla-León, País Vasco y Castilla-La Mancha. Son datos contables de 2002 que consideraremos “Periodo de Referencia”. Las características estructurales, económicas y productivas medias de las tres muestras se exponen en la tabla 1.

Para las tres “explotaciones tipo” se ha calculado la evolución de su renta disponible anual (ingresos menos costos) en condiciones generales de la reforma de la PAC y para cuatro escenarios o hipótesis, hasta el horizonte temporal del 2013. Se consideraron dos enfoques analíticos: uno con valores monetarios de cada año y otro (enfoque empresarial) con valores actualizados (hipótesis 3 y 4). En la hipótesis 1), las explotaciones continuaron la actividad con la misma dimensión de rebaño. Ingresos y pagos experimentan una variación porcentual anual relacionada con la evolución de precios en el periodo anterior a 2002. En la hipótesis 2), las explotaciones abandonan la actividad ganadera; continúan con la agrícola y el ganadero percibe fuera de la explotación el Salario Medio Interprofesional que se incrementa un 3% anual hasta 2010 y un 2,5% el resto del periodo. Las variaciones de ingresos, pagos y subvenciones son similares a la hipótesis anterior. En la hipótesis 3), las explotaciones incrementan la dimensión del rebaño (Castilla-La Mancha 72 ovejas; País Vasco 59 ovejas y Castilla-León 34 ovejas). Además de la variación proporcional de ingresos y costes, se consideraron unos costes de la inversión que se traducen en 3,6; 2,7; 1,8 y 0,9 euros/año/oveja adquirida. En la hipótesis 4), las explotaciones, manteniendo el rebaño, se acogen a un programa de mejora que supone incrementos anuales de productividad del ganado traducidos en un aumento del 2,5% de los ingresos ganaderos.

La actualización (2005) de las rentas anuales en las hipótesis 3 y 4 se calculan:

$$RD_n = \frac{I_n - C_n}{(1+k)^n}$$

donde

I_n = ingresos año n (2006.....2013)

C_n = costos años n

k = tasa de descuento establecida

La tasa de descuento incluye unas previsiones de inflación del 3% anual hasta 2009 y del 2,5% para el resto del periodo (2013) y un interés del 3%. No se considera el riesgo empresarial.

Resultados y Discusión

Las explotaciones de ovino lechero estudiadas (Tabla 1) son de pequeña dimensión de SAU, especialmente en Castilla-La Mancha (CM) (11,6 has). Sin embargo, con la excepción de las del País Vasco (PV), los ingresos agrícolas presentan alguna importancia sobre todo en CM (7,2% del total; 428 euros/ha), lo que indica la existencia de una agricultura comercial sin relación con la ganadería. La superficie de explotación en PV (30,2 has) está destinada al reemplazo forrajero, dada la irrelevancia de los ingresos agrícolas. El trabajo disponible en las explotaciones de PV y CM (1,3 y 1,4 UTA respectivamente) los identifica como los sistemas ovinos más intensivos en este factor, en coherencia con la orientación productiva. No así en las explotaciones de Castilla-León (CL). El trabajo asalariado supone el 21,4% del total en CM; el porcentaje más alto entre los sistemas ovinos españoles. El número de ovejas por UTA es elevado para la orientación lechera (341 ovejas/UTA) en CM. Por el contrario en PV (195 ovejas/UTA) apuntaría a un sistema poco tecnificado (ordeño manual). Las explotaciones de PV son las de mayor especialización ovina (99,8% de la producción comercializada) y las de CM las de menor (92,8%).

Tabla 1. Características económicas de los sistemas ovinos regionales de orientación lechera (2002)

Regiones	Castilla León	País Vasco	Castilla-La Mancha
Número de explotaciones	142	52	71
<u>Estructura</u>			
SAU total (ha)	27,7	30,2	11,6
% en propiedad	17,7	26,8	100
Ganado total (ovejas)	341	253	337
Trabajo total (UTA)	1,0	1,3	1,4
Asalariados (UTA)	0,1	0,1	0,3
Ovejas / UTH	341	195	241
<u>Ingresos (euros)</u>			
Producción comercializada	62820	42260	68981
IngresosT ganadería	60133	42167	64017
IngresosT agricultura	2687	93	4964,0
% producción animal	95,7	99,8	92,8
Producción.Animal/oveja	176,3	166,7	190
Subvenciones	9368	11533	10524
% herbáceos	10,1	0,5	9,3
TOTAL DE INGRESOS	72188	53793	79505
<u>Gastos y costes (euros)</u>			
Específicos agricultura	1041	911	750
Específicos ganadería	21344	15552	24954
(Específicos.ganado/oveja)	62,6	61,5	74,0
No específicos	7614	7937	5244
Amortizaciones	1736	7639	593
G. financiación	251	1217	16
Impuestos	231	153	146
TOTAL DE COSTES	32217	33409	31703
<u>Resultados económicos (euros)</u>			
Valor añadido (V.A)	42002	21231	51385
Productividad/trabajo (VA/UTA)	42002	16332	36704
% Subvención / Ingresos	13,0	21,4	13,2
% Subvención / V.A	22,3	54,3	20,5

Fuente: Elaboración propia a partir de la Red Contable Agraria Nacional (2004)

Como en la generalidad de las explotaciones de ovino lechero, las subvenciones presentan menor incidencia que en los sistemas de carne, tanto respecto a los ingresos totales como en los resultados económicos. La mayor incidencia se observa en las explotaciones de PV (21,4% de los ingresos). En las de CL y CM suponen el 13% y el 13,2% respectivamente. Con relación al Valor Añadido suponen el 54,3%, 22,3% y 20,3% en las tres regiones citadas. La menor dependencia de las subvenciones en los sistemas lecheros, puede pensarse que los hace menos dependientes de la última reforma de la PAC.

En lo que respecta a la formación y evolución de la renta de las explotaciones en años sucesivos y en el escenario de la nueva PAC, la renta vendrá en gran medida condicionada por la relación de precios entre producciones y factores (ingresos y costos). Dado que las explotaciones no

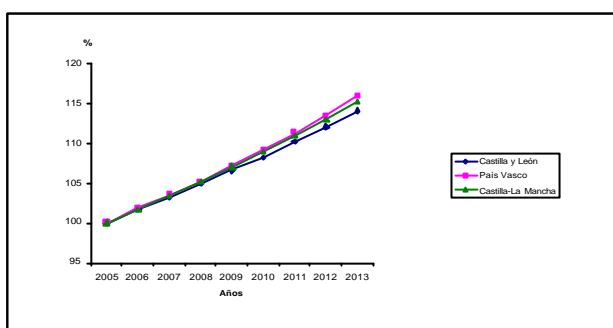
pueden incidir en los precios, sus posibles respuestas para el mantenimiento de rentas familiares pueden ser: a) Abandono de la actividad ovina. En caso de continuarla; b) Continuar la actividad con la misma dimensión de rebaño y sistema productivo; c) Incrementar la dimensión de rebaño para aprovechar economías de escala, y d) Mejorar la productividad física (y económica) unitaria, incidiendo en el sistema productivo.

En las condiciones establecidas en la hipótesis 1, las rentas de las explotaciones de las tres regiones experimentarán un crecimiento moderado en valores monetarios de cada año (Tabla 2). El de PV sería el más acusado con una tasa anual acumulativa del 2%. En CM y CL sería respectivamente del 1,9% y del 1,8%. Las diferencias están ligadas a los porcentajes establecidos de variación de precios. En PV se prevé una evolución más favorable de los pagos. CL tiene además una menor incidencia de las subvenciones respecto a CM. No obstante en un escenario de inflación durante el periodo previsto, habría un deterioro moderado de las rentas.

Tabla 2.

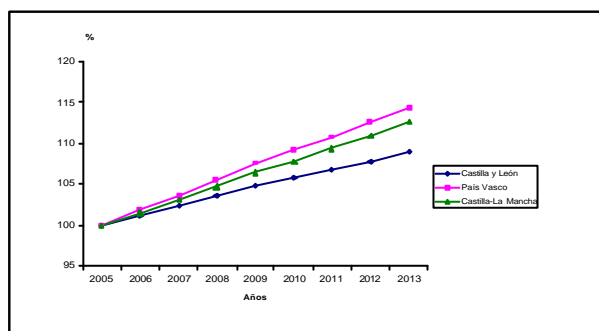
Evolución de la renta percibida en las condiciones de la hipótesis 1 (euros)

Año	Castilla León Renta	País Vasco Renta	Castilla La Mancha Renta
2005	46262,3	29977,1	49507,0
2006	47007,2	30520,0	50367,2
2007	47738,8	31028,8	51207,9
2008	48501,6	31569,6	52086,4
2009	49295,5	32142,2	53002,6
2010	50120,5	32746,0	53956,3
2011	50976,5	33380,9	54947,5
2012	51863,7	34046,5	55976,3
2113	52781,0	34742,6	57042,6



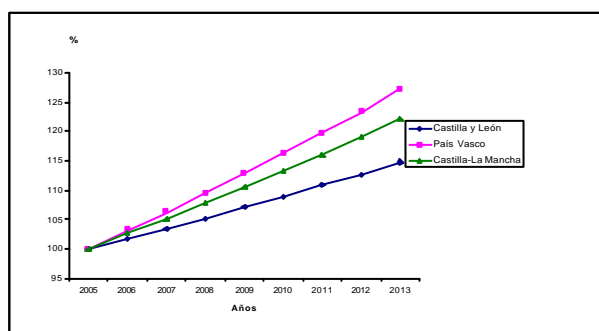
Evolución de la renta percibida en las condiciones de la hipótesis 2 (euros)

Año	Castilla León Renta	País Vasco Renta	Castilla La Mancha Renta
2005	10789,9	6658,0	15820,0
2006	10914,6	6779,8	16064,5
2007	11042,9	6900,3	16310,8
2008	11176,6	7028,7	16566,6
2009	11315,6	7165,0	16832,2
2010	11419,9	7269,0	17067,3
2011	11527,6	7378,0	17310,2
2012	11639,0	7494,9	17560,9
2113	11754,1	7616,0	17819,7



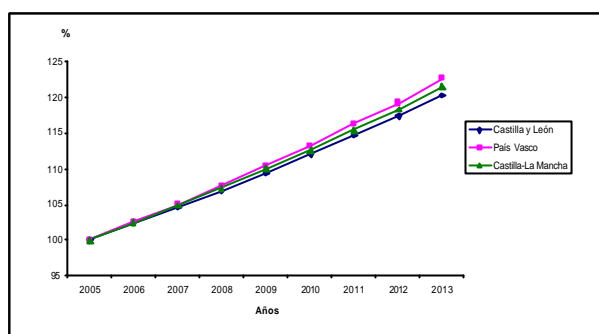
Evolución de la renta percibida en las condiciones de la hipótesis 3 (euros)

Año	Castilla León Renta	País Vasco Renta	Castilla La Mancha Renta
2005	52255,3	22570,4	21425,9
2006	53153,2	23294,9	21988,9
2007	54040,2	23988,7	22528,1
2008	54960,8	24717,8	23099,7
2009	55915,1	25482,2	23703,5
2010	56872,4	26228,2	24274,6
2011	57863,5	27008,9	24877,6
2012	58888,4	27823,9	25512,4
2113	59947,2	28673,2	26178,9



Evolución de la renta percibida en las condiciones de la hipótesis 4 (euros)

Año	Castilla León Renta	País Vasco Renta	Castilla La Mancha Renta
2005	47795,6	31052,4	51140,4
2006	48885,6	31837,2	52366,9
2007	49977,0	32598,2	53590,7
2008	51114,8	33402,0	54868,4
2009	52299,5	34248,6	56200,6
2010	53531,5	35137,0	57587,6
2011	54811,4	36070,1	59030,1
2012	56139,8	37045,1	60528,6
2113	57517,3	38063,1	62083,8



Con la hipótesis 2 las rentas familiares de las explotaciones experimentarían un crecimiento aún más moderado. La tasa media anual acumulativa de crecimiento en PV sería del 1,8%; la de CM 1,6% y la de CL sólo del 1,1%. Las diferencias entre los sistemas regionales se explica por las mismas consideraciones de la hipótesis anterior. Además, como el salario percibido es el mismo, su incidencia es mayor en el PV dados sus menores ingresos agrícolas. Esta proyección conduce a considerar improbable el abandono de la actividad como consecuencia directa del impacto de la reforma.

Con un aumento de la dimensión del rebaño (hipótesis 3), el crecimiento de las rentas es más acusado. En PV supondría un 3,4% anual y en CL un 1,8%. Este crecimiento depende del grado de crecimiento del rebaño; pero parece desprenderse que para ser significativo deberá ser notable. En todo caso sólo sería factible sin modificar los costes de los factores fijos.

También se obtienen resultados positivos incidiendo en la mejora técnica (Hipótesis 4). Por ejemplo, mediante un programa de selección, con técnicas de manejo reproductivo, etc., El crecimiento de las rentas durante el periodo sería bastante uniforme (entre 2,82% anual en PV y 2,4% en CL).

Se ha calculado el valor actual (2005) de los resultados económicos en las condiciones de las hipótesis 3 y 4 considerando la actividad ganadera desde una óptica inversora. En ambas hipótesis, la evolución de los resultados en valor actual es desfavorable en los tres sistemas ovinos. En el caso de CL la pérdida anual sería mayor con el aumento del rebaño (-3,3% frente a -2,9% en condiciones de aumento de la productividad). En las otras regiones, el aumento de rebaño es opción más favorable. En PV la pérdida en los resultados sería -2,4% anual frente a 2,7% en la hipótesis 4; mientras en CL la pérdida anual sería respectivamente -2,7% y -2,8%

Bibliografía

COMISIÓN EUROPEA (2004) Resumen de la reforma de la PAC. Estudios Agrosociales y Pesqueros. 201: 221-240.

GIL, J. M., PERDIGUERO, A., BEN KAABIA, M. (2003) Factores determinantes de las expectativas de futuro de los ganaderos aragoneses de ovino. Revista Estudios Agrosociales 198: 151:181.

MASSOT, A. (2003) La reforma de la PAC de 2003 hacia un nuevo modelo de apoyo para las explotaciones agrarias. Estudios Agrosociales y Pesqueros 199: 11-60.

Mc GREGOR, J. J., WILLOCK, J., DENT, J. B. Et al (1996) Links between psychological factors and farmers decisions making. Farmers Management, 9: 228-239.

RCAN (2004) Red Contable Agraria Nacional. Metodología y resultados empresariales 2002. MAPA. Secretaría General Técnica. Madrid.

THE ECONOMIC INCIDENCE OF THE DECOUPLING AND MODULATION OF CAP SUBSIDIES ON REGIONAL DAIRY SHEEP SYSTEMS.

Summary

Decoupling and modulating of subsidies are key aspects of the latest CAP reform. The reform's potential implications for farm income in different scenarios is analysed using data (from the Farm Accountancy Data Network) pertaining to a sample of farms in three regions with dairy sheep systems (Castile-La Mancha, Castile-León and the Basque Country). Increasing flock size or improving productivity would appear to be viable options to mitigate the loss of total farm income.

Keywords: Agricultural policy, Decoupling, Dairy sheep systems, Farms income.