

PASTOS: FUENTE NATURAL DE ENERGÍA



*reunião ibérica
de pastagens
e forragens*
3-6 Maio 2010

*reunión ibérica
de pastos
y forrajes*
3-6 Mayo 2010

Zamora - Miranda do Douro



S.E.E.P.

Alfredo Calleja Suárez
Ricardo García Navarro
Ángel Ruiz Mantecón
Rodrigo Peláez Suárez
(Coordinadores)

PASTOS:
FUENTE NATURAL DE ENERGÍA

PASTOS: FUENTE NATURAL DE ENERGÍA

Alfredo Calleja Suárez

Ricardo García Navarro

Ángel Ruiz Mantecón

Rodrigo Peláez Suárez

(Coordinadores)



UNIVERSIDAD DE LEÓN

Área de publicaciones

2010

Reunión Ibérica de Pastos y Forrajes (4ª. 2010. Zamora, Miranda do Douro)

Pastos : fuente natural de energía : 4ª Reunión Ibérica de Pastos y Forrajes, 3-6 mayo 2010, Zamora – Miranda do Douro = [4ª] Reunião Ibérica de Pastagens e forragens, 3-4 maio 2010, [Zamora-Miranda do Douro] / Alfredo Calleja Suárez ... [et. al.] (coord..). – [León] : Universidad de León, Área de Publicaciones ; [España] : Sociedad Española para el Estudio de los Pastos, 2010

548 p. : graf., tablas ; 28 cm.

Índice por autores. – Bibliograf. Al final de cada cap. – Textos en castellano, portugués e inglés

ISBN 978-84-9773-502-5

1. Pastos-Explotación-Congresos. I. Calleja Suárez, Alfredo. II. Universidad de León. Área de Publicaciones. III. Sociedad Española para el Estudio de los Pastos. IV. Reunião Ibérica de Pastagens e Forragens (4ª. 2010. Zamora)

633.2(063)

© Los autores

Edita: Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino

Edición coordinada por Alfredo Calleja Suárez, Ricardo García Navarro,
Ángel Ruiz Mantecón, Rodrigo Peláez Suárez

ISBN: 978-84-9773-502-5

Depósito legal: LE-667-2010

Impresión: Servicio de imprenta de la Universidad de León

INDICE**PRIMERA PARTE: BOTÁNICA Y ECOLOGÍA**

A. PENAS Y S. DEL RIO	3
Bioclimas y vegetación potencial de la Península Ibérica	
C. MADRUGA, J. BARTOLOMÉ Y J. PLAIXATS	9
Resultados preliminares de distintos métodos para la recuperación de pastos en un encinar aclarado y desbrozado del parque natural de Montseny (NE España)	
M.P. RODRÍGUEZ-ROJO, J. MADRIGAL, G. CRESPO Y F. FERNÁNDEZ-GONZÁLEZ	15
Tipología de los prados y pastizales calcícolas de la serranía de Cuenca (Sistema Ibérico).	
S. FERNÁNDEZ-LUGO, L. DE NASCIMENTO Y J. R. ARÉVALO	23
Efectos del pastoreo en la riqueza de especies en función de la escala: estudio de cinco años en pastos de Tenerife (Islas Canarias)	
S. FERNÁNDEZ-LUGO, L. DE NASCIMENTO, A. NARANJO, L. A. BERMEJO Y J. R. ARÉVALO	29
El banco de semillas del suelo de un pasto de La Gomera (Islas Canarias). Variación estacional y relación con la cubierta vegetal	
M.J. BANDE CASTRO, M.J. SAINZ OSÉS Y M.E. LÓPEZ MOSQUERA	37
Uso de lodos de depuradora de industria láctea como fertilizantes en praderas: efectos en la producción y composición botánica.	
L. SAN EMETERIO, R.M. CANALS, V. FERRER, E. VILLANUEVA Y A. IRIARTE	43
Compatibilidad del uso ganadero con la conservación de la riqueza de anfibios en balsas ganaderas.	
J. ASCASO, M. ALCUBILLA, A. BROCA, M. MAESTRO Y C. FERRER	49
Relaciones entre comunidades vegetales y sustrato edáfico en pastos de puerto del Pirineo Central.	
J.A. GONZÁLEZ OREJA, S. MENDARTE E I. ALBIZU	57
Especies indicadoras de cambios en la fertilidad del suelo causados por la actividad del ganado en pastos de montaña.	
J. MIRA POTES	65
A sustentabilidade ambiental do ecossistema montado.	
G. DA SILVA MÉNDEZ Y C. AGUIAR	75
Ecología de los “Lameiros” en una aldea del planalto de Miranda, Tras-Os-Montes, Portugal.	
E. L. PEREIRA E M. ARROBAS	81
Caracterização da fertilidade química de Lameiros do Nordeste Transmontano	
C. AGUIAR, J. PIRES, M. ÂNGELO RODIGUES E M ^a ESTER FERNÁNDEZ-NUÑEZ	87
Pastagens permanentes semeadas biodiversas ricas em leguminosas: composição florística ao longo de um gradiente mesotopográfico	
M.A. CASTELO BRANCO, I. SARAIVA, M.G. SERRÃO, A. GUERREIRO, M. L. FERNANDES, J.C. MARTINS; A. VARELA, F.P. PIRES E A. DORDIO	95
Produção e composição florística de pastagens naturais e semeadas, no baixo alentejo, por efeito da aplicação de lama residual urbana e da adubação e calagem	

SEGUNDA PARTE: PRODUCCIÓN VEGETAL

A.R. MANTECÓN Y P. LAVÍN	103
Uso de los pastos y sistemas ganaderos.	
A. GARCÍA-CIUDAD, C. PETISCO, B. R. VÁZQUEZ-DE-ALDANA, L. GARCÍA-CRIADO Y B. GARCÍA-CRIADO	115
Producción de semilla y contenido de proteína de colza cultivada en el Oeste español,	
J. J. GORGOSO-VARELA, J. A. OLIVEIRA-PRENDES Y E. AFIF-KHOURI	121
Modelización de la producción de un corte de biomasa de <i>Lolium×hybridum</i> en Asturias usando la distribución Weibull	
L. CAMPO, A.B. MONTEAGUDO Y J. MORENO-GONZÁLEZ	127
Evaluación agronómica de genotipos de maíz forrajero para su introducción en cultivo ecológico.	
L. CAMPO, P. CASTRO Y J. MORENO-GONZÁLEZ.	135
Ecuaciones de calibración preliminares para la evaluación de la biomasa en plantas de maíz por NIRS.	
A.I. ROCA FERNÁNDEZ, E. VIDAL VÁZQUEZ Y A. PAZ GONZÁLEZ	141
Contenido de macro- micronutrientes y metales pesados en el suelo por la adición de compost de residuos sólidos urbanos.	
I. MIJANGOS, C. GARBISU, L. EPELDE, J.A. GONZÁLEZ E I. ALBIZU	149
Evolución de la producción de maíz forrajero y las propiedades biológicas del suelo durante cinco años bajo no-laboreo y abonado con purín.	
A. MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ, A. SOLDADO, A. ARGAMENTERIA A. GONZÁLEZ, N. PEDROL Y A. MARTÍNEZ MARTÍNEZ	155
Comparación de dos sistemas de manejo en una pradera de raigrás inglés-trébol blanco.	
A. MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ, A. SOLDADO, A. GONZÁLEZ, S. MODROÑO Y B. DE LA ROZA-DELGADO	161
Transferencia de ecuaciones desarrolladas en equipos de laboratorio (<i>AT-LINE</i>) a equipos portátiles para el control de calidad en campo de ensilados de hierba.	
M. MURILLO, F. GONZÁLEZ LÓPEZ, J. PAREDES Y P. M. PRIETO	169
Evaluación y selección de mezclas de leguminosas pratenses anuales.	
O. SANTAMARÍA, M.J. POBLACIONES, L. OLEA, S. RODRIGO, F.J. VIGUERA Y T. GARCÍA-WHITE	177
Efecto de fertilizantes sobre la producción de biomasa y parámetros de calidad en pastos herbáceos de dehesa después de tres años continuados de aplicación.	
S. RODRIGO, M.J. POBLACIONES, N. PINHEIRO, L. OLEA, B. MAÇAS, O. SANTAMARÍA Y T. GARCÍA-WHITE.	183
Dinámica productiva de forrajes de diferentes cultivares de triticales y avenas como suplemento de los pastos de dehesa y pastizales del S.O: de la Península Ibérica.	
R. REINÉ, C. CHOCARRO, A. JUÁREZ, O. BARRANTES, M. MAESTRO, A. BROCA Y C. FERRER	189
Riqueza específica de prados pirenaicos y su incidencia en el valor nutritivo.	
A. ALDEZABAL, N. MANDALUNIZ, A. CAMPOS, M. AZPIROZ Y L. URIARTE	197

INDICE

Evaluación del índice de vegetación de la diferencia normalizada (NDVI) como indicador de la biomasa aérea del pasto denso (Hábitat 6320)	
E. CHINEA, J. L. MORA Y R. PEREZ-GALDONA	203
Evaluación de diferentes métodos de escarificación en semillas de leguminosas arbustivas forrajeras.	
L. GARCÍA CRIADO, L.F. LORENZO MARTÍN, B.R. VÁZQUEZ-DE-ALDANA, A. GARCÍA-CIUDAD, C. PETISCO Y B. GARCÍA-CRIADO	209
Producción de 26 variedades de alfalfa en el Oeste español durante cinco años.	
R. FANLO, J. LLOVERAS Y C. CHOCARRO	215
Consecuencia de la aplicación de herbicida en la producción y calidad forrajera de la alfalfa.	
J. PASTOR Y ANA J. HERNÁNDEZ	221
Pastizales del occidente de la comunidad de Madrid: su importancia como referentes para acciones de recuperación de sistemas degradados.	
S. PEREIRA-CRESPO, B. FERNÁNDEZ-LORENZO, J. VALLADARES-ALONSO, A. GONZÁLEZ-ARRÁEZ, Y G. FLORES-CALVETE	229
Variación del valor nutritivo de variedades de triticale para forraje en función de la fecha de corte.	
A.B. MONTEAGUDO, L.CAMPO, B. SALLERES, J. MORENO	235
Estudio preliminar del rendimiento y la calidad nutritiva de híbridos de maíz forrajero en cultivo ecológico.	
F. MAROTO MOLINA, A. GÓMEZ CABRERA, J.E. GUERRERO GINEL, A. GARRIDO VARO Y D. PÉREZ MARÍN	241
Gestión de información sobre alimentos en los laboratorios: propuestas del programa CALIFA	
I. DELGADO, F. MUÑOZ Y D. ANDUEZA	247
Evaluación de cultivares de alfalfa según su grado de reposo invernal.	
S. DEMDOUM, I. DELGADO Y F. MUÑOZ.	253
Efecto del corte sobre la producción de forraje y composición química de uan colección de esparcetas (<i>Onobrychis Viciifolia</i> SCOP.)	
J. M. MANGADO	259
Cronometría del ensilado de sorgo para forraje en silo montón.	
J. PIÑEIRO, N. DÍAZ, M.J. BANDE-CASTRO Y J. FERNÁNDEZ-PAZ.	265
Guisante, veza y haboncillo como cultivos forrajeros de invierno en explotaciones ganaderas de Galicia.	
M.J. BANDE-CASTRO, J. FERNÁNDEZ-PAZ Y J. PIÑEIRO-ANDIÓN	273
Efecto de la fecha del corte del maíz forrajero sobre el contenido en almidón, fibra ácido detergente y fibra neutro detergente.	
P. CASTRO, D. BAEZ Y A. I. ROCA	279
Análisis de macronutrientes en muestras de pradera mediante espectroscopía NIR	
R. GARCÍA, C. VALDÉS, R. PELÁEZ Y A. CALLEJA.	285
El balance del fósforo en prados de montaña y su relación con parámetros de diversidad y composición botánica.	

PASTOS: FUENTE NATURAL DE ENERGÍA

- A. LOURO, D. BÁEZ, M.I. GARCÍA Y J. CASTRO. 291
Emisiones de óxido nitroso en un suelo cultivado con maíz tras el aporte de distintos tipos de fertilizantes.
- B. SABUGOSA-MADEIRA 299
O sistema “corn-corn double crop” e a optimização da produção forrageira nas zonas de regadio.
- B. SABUGOSA-MADEIRA 305
Milheto pérola ou painço forrageiro (*Pennisetum glaucum*).
Pasto tropical de elevada produção.
- N.M. SIMÕES, I. DUARTE, J.P. CARNEIRO E M.M. TAVARES-DE-SOUSA 311
Produção e eficiência do uso da água em gramíneas pratenses
- J. P. CARNEIRO, J. COUTINHO E H. TRINDADE 317
Aplicação ao sol de resíduos orgânicos: produção de silagem de milho e recuperação de azoto.
- C. AGUIAR, J. PIRES, M. A. RODRIGUES, J. HONRADO E M^a E. FERNÁNDEZ-NUÑEZ 323
Efeito da fertilização mineral e orgânica e do uso de misturas simples e complexas de sementes na instalação de pastagens anuais em leguminosas.
- M.G. SERRÃO, J.C. MARTINS, T. RAMOS, N.L. CASTANHEIRA, F.P. PIRES, M.L. FERNANDES, M.R. MENINO E M.C. GONÇALVES 331
Produção de sorgo sacarino em função da adubação azotada e da salinidade da água de rega.

TERCERA PARTE: PRODUCCIÓN ANIMAL

- RUI J.B. BESSA 339
Eficiência energética na produção animal
- J. GONZÁLEZ CANO, X. PEPA, J. M. ARROYO MARTÍNEZ, J. GUEVARA GONZÁLEZ, M. R. ALVIR MORENCOS, M. AYED Y A. HEDI 347
Efectos del modelo de tránsito sobre las estimas de degradabilidad ruminal *in situ* de forrajes verdes y secos.
- J. GONZÁLEZ CANO, J. RUBIO ARGÜELLO Y J. M. ARROYO MARTÍNEZ 353
Efectos de la relación veza: avena sobre la utilización ruminal de estos henos en ovinos.
- A. I. ROCA FERNÁNDEZ, C. P. FERRIS, E. R. VANCE Y A. GONZÁLEZ RODRÍGUEZ 359
Comportamiento animal de vacas Holstein-Friesian en dos sistemas de pastoreo y estabulación.
- J.M. MANGADO, I. ITURRIAGA, J. GUEMBE 365
Influencia de los equipos de aplicación sobre el valor fertilizante del purín de vacuno de leche en cultivos forrajeros monolitos en ambiente atlántico.
- M.L. LÓPEZ DÍAZ, G. MORENO MARCOS Y V. ROLO ROMERO 373
Influencia del arbolado y matorral en el contenido de nitrógeno del pasto herbáceo en la dehesa
- F.A. MORENO ELCURE Y M. P. FERNÁNDEZ REBOLLO 379

INDICE

Efecto del descanso temporal del pastoreo en la recuperación de variables físicas y químicas del suelo en la Dehesa	
I.A. ZNAÏDI, M.R. ALVIR, A. AÏSSA, M. HADJ AYED Y K.KRAIEM.	387
Valoración nutritiva de distintos cultivos forrajeros mediterraneos de invierno.	
A. I. ROCA FERNÁNDEZ, A. GONZÁLEZ RODRÍGUEZ Y J. A. SALVATIERRA RICO	393
Reposición del rebaño lechero: recría de novillas en pastoreo.	
B. YALLI HUAMANI, J. CONTRERAS PACO, H. GUILLÉN DOMÍNGUEZ Y J. BARTOLOMÉ FILELLA	399
Efecto de la presión de corte sobre la producción primaria neta y la calidad en pastos andinos del Perú.	
E. MORALES-ALMARÁZ, A. MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ, A. GONZÁLEZ, A. SOLDADO, B. DE LA ROZA-DELGADO Y F. VICENTE	405
Relación de los ácidos grasos de la leche con los productos intermediarios de la biohidrogenación de ácidos linoleico y linolénico en vacas en pastoreo.	
F. LÓPEZ-i-GELATS, X. SUCH, J. BARTOLOMÉ Y X. ALABERN	413
Seguimiento de una explotación ecológica en engorde de terneros a base de cultivos forrajeros y cerealistas.	
V. CAÑEQUE, C. LÓPEZ CARRASCO, O. LÓPEZ, S. LAUZURICA, C. PÉREZ, M.T. DÍAZ, M. RAMOS Y J. DE LA FUENTE	419
Efecto del sistema de crianza de corderos en producción ecológica sobre la composición en ácidos grasos de su carne.	
A. GONZÁLEZ RODRÍGUEZ, A. I. ROCA FERNÁNDEZ, O. P. VÁZQUEZ YÁÑEZ Y J. A. FERNÁNDEZ CASADO	425
Efecto del pastoreo sobre la composición de leche en sistemas sostenibles de producción en Galicia.	
MANCILLA-LEYTÓN, J.M., LLORENS, E., PAREJO, C. Y MARTÍN, A.	431
Balance energético de un rebaño de cabras en régimen semi- extensivo en el espacio natural de Doñana.	
H. AMMAR, M. KAMOUN, S. ANDRÉS, R. BODAS, J. S. GONZÁLEZ Y S. LÓPEZ	437
Valor nutritivo de henos de gramíneas y leguminosas forrajeras cultivadas en Tunes.	
A.T. BELO, J.M.F. RIBEIRO E C.C.BELO	443
A importância das leguminosas na alimentação e produção de ovelhas leiteiras.	
CUARTA PARTE: RECURSOS SILVOPASTORALES Y ECONOMÍA.	
R.F.M. TEIXEIRA, T. DOMINGOS	451
Preliminary assessment of the plot level carbon budget of natural and sown diverse grasslands	
M. D. CARBONERO MUÑOZ, I. CRISPÍN MURILLO, A. GARCÍA MORENO Y P. FERNÁNDEZ REBOLLO	469
Producción de bellota en dehesas de la comarca de los Pedroches (Córdoba) en función de la morfología de la bellota.	
M. D. CARBONERO MUÑOZ, I. CRISPÍN MURILLO, A. GARCÍA MORENO Y P. FERNÁNDEZ REBOLLO	475

Influencia de los factores ambientales en la productividad de bellota de encina en la comarca de los Pedroches (Córdoba)	
A. M. GARCÍA MORENO, J.R. LEAL MURILLO, M.D. CARBONERO MUÑOZ Y P. FERNÁNDEZ REBOLLO.	481
Estado nutritivo de la encina en las dehesas y su relación con la producción de bellota y con estado de vigor del árbol.	
J. RUIZ-MIRAZO, A.B. ROBLES Y J.L. GONZÁLEZ-REBOLLAR	487
Efecto de la colocación de terrones de sal sobre el ramoneo del estrato arbustivo en áreas de pasto-cortafuegos de Andalucía.	
R. BENAVIDES, S. ROIG, R. ALONSO PONCE Y C. LÓPEZ-CARRASCO	493
Modelización de la producción de pastos herbáceos en una dehesa del centro peninsular	
A. RIGUEIRO-RODRÍGUEZ, P. ASENSIO-CARPENTE, S. RODRÍGUEZ-BARREIRA Y M. R. MOSQUERA-LOSADA	501
Producción de pasto y crecimiento de <i>Pinus radiata</i> D. Don en sistemas silvopastorales encalados y fertilizados con lodos de depuradora urbana. Efecto residual	
A. RIGUEIRO, J. J. SANTIAGO-FREIJANES, R. MOUHBI, S. MURR, E. FERNÁNDEZ-NÚÑEZ, M. GARCÍA-FERNÁNDEZ Y M. R. MOSQUERA	507
Sistemas silvopastorales en prevención de incendios en Galicia: 507 Red de experiencias piloto de transferencia de tecnología	
J. J. SANTIAGO-FREIJANES, M. R. MOSQUERA-LOSADA Y A. RIGUEIRO-RODRÍGUEZ	513
Establecimiento de sistemas silvopastorales mediante siembra de pratenses en suelos incendiados con fertilización de lodos de depuradora de industria alimentaria	
R. CUIÑA-COTARELO, M. R. MOSQUERA-LOSADA, E. FERNÁNDEZ-NÚÑEZ Y A. RIGUEIRO-RODRÍGUEZ	519
Efecto de la aplicación de enmiendas calizas y lodos de depuradora urbana sobre la fertilidad del suelo en sistemas silvopastorales establecidos con <i>Pinus radiata</i>	
N. FERREIRO-DOMÍNGUEZ, M.R. MOSQUERA-LOSADA, E. FERNÁNDEZ-NÚÑEZ. Y A.RIGUEIRO-RODRÍGUEZ	525
Efecto del tipo de fertilizante sobre el contenido de calcio en suelo y pasto y la producción de pasto en un sistema silvopastoral de <i>Fraxinus excelsior</i> L.	
M. R.MOSQUERA-LOSADA, D. MORÁN-ZULOAGA Y A. RIGUEIRO-RODRÍGUEZ	531
Estudio de la fertilidad edáfica en un sistema silvopastoral bajo chopo tras el aporte de cal y lodos de depuradora urbana en el noroeste de España	
J. A. BRAVO FERNÁNDEZ, A. RUBIO CUADRADO, P. AROCA FERNÁNDEZ, R. SERRADA HIERRO Y S. ROIG GÓMEZ	537
Diagnos y distribución espacial del sobrepastoreo mediante SIG. Caso del monte “Cabeza de Hierro” (Rascafría, Madrid)	
INOCÊNCIO SEITA COELHO	543
Economia da montanha, multifuncionalidade dos sistemas e sustentabilidade dos Montados	

PRIMERA PARTE:

BOTÁNICA Y ECOLOGÍA

BIOCLIMAS Y VEGETACIÓN POTENCIAL DE LA PENÍNSULA IBÉRICA

A. PENAS y S. del RÍO

Departamento de Biodiversidad y Gestión Ambiental (Área de Botánica). Facultad de Ciencias Biológicas y Ambientales, Instituto de Ganadería de Montaña (Centro Mixto ULE-CSIC). Campus de Vegazana s/n. Universidad de León. 24071 León (España)

angel.penas@unileon.es

Palabras clave: bioclimas, vegetación potencial. Península Ibérica

INTRODUCCIÓN

La Bioclimatología, que podría denominarse también Fitoclimatología, es una ciencia ecológica que estudia la relación entre el clima y la distribución de los seres vivos y sus comunidades en la Tierra. Esta disciplina comenzó a estructurarse al relacionar los valores medios del clima (temperatura y precipitación) con los areales de las plantas y de sus formaciones vegetales, para incorporar en las últimas décadas información de las biogeocenosis y conocimientos procedentes de la fitosociología dinámico-catenal, es decir de los sigmetum, geosigmetum y geopermasigmetum (series, geoserias y geopermaseries de vegetación) (Rivas-Martínez, 2006 y 2007).

Las clasificaciones bioclimáticas que hasta ahora se han propuesto y utilizado con intención ecológica globalizadora no han sido numerosas (Köppen, 1936; Thornthwaite, 1931, 1933, 1984; Emberger, 1954; Gaussen, 1955; Walter, 1985; Troll & Paffen, 1964; Holdridge, 1967; Box, 1981). A pesar de la bondad de muchas de ellas y en ocasiones de su amplia aceptación, estimamos que en algunos aspectos importantes aún no se ha dado respuesta a ciertas situaciones que acaecen en la Tierra

Sin embargo el conocimiento cada vez más detallado de la distribución de la vegetación sobre la Tierra, así como de las modificaciones en el aspecto y composición de la vegetación potencial y de sus etapas de sustitución, está permitiendo que cada día puedan reconocerse con mayor precisión y objetividad las fronteras bioclimáticas y vegetacionales, así como el cálculo estadístico de los valores numéricos umbrales que las definen. De este modo, progresivamente, se han ido delimitando y ajustando los espacios correspondientes a las unidades bioclimáticas (macrobioclimas, bioclimas, termotipos y ombrotipos). Los modelos biofísicos así establecidos han demostrado tener una elevada reciprocidad en el binomio clima-vegetación, lo que está permitiendo realizar mapas bioclimáticos y biogeográficos bastante precisos en todo el mundo. (Rivas-Martínez 2007)

El macrobioclima es la unidad tipológica suprema de esta de clasificación bioclimática desarrollada por Rivas-Martínez desde el año 1991. Se trata de un modelo biofísico ecléctico, delimitado por determinados valores climáticos y vegetacionales, que posee una amplia jurisdicción territorial y que está relacionado con los grandes tipos de climas, de biorregiones, de biomas y de regiones biogeográficas que se admiten en la Tierra. Siguiendo la tradición europea, los cinco macrobioclimas se denominan: tropical, mediterráneo, templado, boreal y polar. Cada uno de ellos, y cada una de sus respectivas unidades subordinadas o bioclimas, está representado por un conjunto de formaciones vegetales, biocenosis y comunidades vegetales propias. En cada bioclima, a su vez, se ha reconocido un cierto número de variaciones en los ritmos estacionales de precipitación o variantes bioclimáticas, así como en los valores térmicos u ombrotérmicos (pisos bioclimáticos: termotipos y ombrotipos), lo que

supone se eleve a más de cuatrocientos el número de los isobioclimas o bioclimas básicos que tienen representación territorial en la geobiosfera.

BIOCLIMAS IBÉRICOS

En la Península Ibérica, siguiendo la propuesta de Rivas-Martínez (2007), se reconocen, dos macrobioclimas: Mediterráneo, que representa aproximadamente cinco sextas partes de la misma y Templado que se extiende por la sexta parte restante.

Tabla resumen de los macrobioclimas y bioclimas de la Península Ibérica

Macrobioclima	Bioclimas	Intervalos bioclimáticos	
		Ic	Io
Mediterráneo Zona cálida: subtropical y templada eutemplada (23° a 52° N & S), con sequía $P < 2T$, al menos bimestral tras el solsticio de verano: $Ios_2 \leq 2$, $Iosc_4 \leq 2$.	Me. Pluviestacional Oceánico	≤ 21	> 2.0
	Me. Pluviestacional Continental	> 21	> 2.0
	Me. Xérico Oceánico	≤ 21	1.0-2.0
	Me. Xérico Continental	> 21	1.0-2.0
	Me. Desértico Oceánico	≤ 21	0.2-1.0
Templado Zona cálida: subtropical y templada (23° a 66° N & 23° a 54° S). De 23° a 35° N & $Sa < 200$ m, al menos dos valores: $T < 21^\circ$, $M < 18^\circ$, $Itc < 470$. $Ios_2 > 2$, $Iosc_4 > 2$.		Ic	Io
	Te. Hiperocéánico	≤ 11	> 3.6
	Te. Oceánico	11-21	> 3.6
	Te. Xérico	> 21	> 3.6

siendo P = precipitación, T = temperatura media, Ic = índice de continentalidad, Io = índice ombrotérmico anual, M = temperatura media de las máximas del mes más frío, Itc = índice de termicidad compensado, Ios_2 índice ombrotérmico estival bimestral, $Iosc_4$ = índices ombrotérmico estival compensado cuatrimestral

Y dentro de ellos, como se aprecia en la tabla anterior, cinco bioclimas mediterráneos y tres bioclimas templados. En el macrobioclima Mediterráneo, los bioclimas Pluviestacional Oceánico que representa, del total del macrobioclima, el 80% del territorio Peninsular ibérico, el Pluviestacional Continental un 6%, el Xérico Oceánico un 11%, el Xérico Continental un 1% y el Desértico Oceánico un 3%. En cuanto al macrobioclima Templado, se presentan los bioclimas: Hiperocéánico que ocupa un 17% del total, el Oceánico que representa el 80% y el Xérico que está en un área del 3%.

Se reconocen también a nivel de la Península Ibérica dos variantes bioclimáticas: Submediterránea y Esteparia. La primera de ellas, la Submediterránea, sólo se presenta en los territorios de macrobioclima templado, sea este de bioclima hiperocéánico, oceánico o xérico, donde ocupan del total del área submediterránea, un 15%, un 82% y un 3% respectivamente; mientras que la variante Esteparia, por el contrario, se presenta en el macrobioclima templado, sólo en los bioclimas templado oceánico y templado xérico y nunca en el templado hiperocéánico; así mismo también está presente en el macrobioclima mediterráneo, bien sea en el bioclima pluviestacional oceánico, en el pluviestacional continental o en el xérico oceánico, repartiéndose el área total de la variante esteparia del modo siguiente, un 55% en el pluviestacional oceánico, un 43% en el xérico oceánico y un 2% en el pluviestacional continental aproximadamente.

De otra parte en esta clasificación bioclimática se diferencian, en función de la temperatura positiva anual, del índice de termicidad (It) o de termicidad compensado (Itc), diferentes termotipos; así como en razón del índice ombrotérmico anual, distintos ombrotipos, que en su conjunto constituyen los denominados pisos bioclimáticos.

Tabla resumen de los pisos bioclimáticos (termotipos y ombrotipos) de la Península Ibérica

Pisos bioclimáticos: termotipos		Pisos bioclimáticos: ombrotipos		
Mediterráneo				
	It (Itc)	Tp		Io
Inframediterráneo	450-580	> 2400	Árido	0.4-1.0
Termomediterráneo	350-450	> 2100	Semiárido	1.0-2.0
Mesomediterráneo	220-350	> 1500	Seco	2.0-3.6
Supramediterráneo	< 220	> 900	Subhúmedo	3.6-6.0
Oromediterráneo	-	450-900	Húmedo	6.0-12.0
Crioromediterráneo	-	1-450	Hiperhúmedo	12.0-24.0
Templado				
	It (Itc)	Tp		Io
Termotemplado	290-410	> 2000	Subhúmedo	3.6-6.0
Mesotemplado	190-290	> 1400	Húmedo	6.0-12.0
Supratemplado	< 190	> 800	Hiperhúmedo	12.0-24.0
Orotemplado	-	380-800	Ultrahiperhúmedo	>24.0
Criorotemplado	-	1-380		

siendo It=índice de termicidad, Itc=índice de termicidad compensado, Tp=Temperatura media positiva, Io= índice ombrotérmico anual.

Se distinguen por tanto en la Península Ibérica los siguientes pisos bioclimáticos: En el macrobioclima mediterráneo 18 pisos bioclimáticos diferentes, que en razón de sus termotipos y ombrotipos van desde el Inframediterráneo árido en las áreas de bioclimas Desértico Oceánico y Xérico Oceánico hasta el Crioromediterráneo Hiperhúmedo que siempre está en los territorios de bioclima Pluviestacional Oceánico o Pluviestacional Continental.

Tipo	Tipo
Inframediterráneo árido	Mesomediterráneo subhúmedo
Inframediterráneo semiárido	Mesomediterráneo húmedo
Inframediterráneo seco	Supramediterráneo seco
Termomediterráneo árido	Supramediterráneo subhúmedo
Termomediterráneo semiárido	Supramediterráneo húmedo
Termomediterráneo seco	Supramediterráneo hiperhúmedo
Termomediterráneo subhúmedo	Oromediterráneo húmedo
Mesomediterráneo semiárido	Oromediterráneo hiperhúmedo
Mesomediterráneo seco	Crioromediterráneo hiperhúmedo

Tabla resumen de los pisos bioclimáticos mediterráneos de la Península Ibérica

En las áreas con macroclima templado se distinguen 15 pisos bioclimáticos, que en su caso, van desde el Termotemplado subhúmedo siempre en áreas de bioclima hiperocéánico, hasta el Criorotemplado ultrahiperhúmedo que aparece en las altas cumbres pirenaicas de bioclima oceánico, con un caso singular que está representado por el piso supratemplado seco, que aparece en territorios de bioclima xérico en la variante bioclimática esteparia.

Tipo	Tipo
Termotemplado subhúmedo	Supratemplado húmedo
Termotemplado húmedo	Supratemplado hiperhúmedo
Termotemplado hiperhúmedo	Orotemplado húmedo
Mesotemplado subhúmedo	Orotemplado hiperhúmedo
Mesotemplado húmedo	Orotemplado ultrahiperhúmedo
Mesotemplado hiperhúmedo	Criorotemplado hiperhúmedo
Supratemplado seco	Criorotemplado ultrahiperhúmedo
Supratemplado subhúmedo	

Tabla resumen de los pisos bioclimáticos templados de la Península Ibérica

RELACIONES ENTRE LA TIPOLOGIA BIOCLIMATICA Y LA VEGETACIÓN CLIMATÓFILA POTENCIAL IBÉRICA: UN EJEMPLO LOS TERRITORIOS DE MACROBIOCLIMA TEMPLADO

Las relaciones entre la bioclimatología y la vegetación ibérica a la que nos referiremos, se centrará en la correspondiente a los bosques, los matorrales y los pastizales climax de las áreas de la Península Ibérica donde el macrobioclima es templado, dejándolo por ser excesivamente prolijo, las relaciones existentes en las áreas con macrobioclima mediterráneo, además de la enumeración de las propias en ámbitos como los sistemas dunares, lacustres, fluviales, palustres, halófilos, etc., así como las de los sistemas turbícolas, casmofíticos, comofíticos, pedregosos, rupestres, entre otros.

En los territorios de macrobioclima templado podemos apreciar como la vegetación potencial de los pisos Criorotemplado hiperhúmedo y ultrahiperhúmedo, se corresponde con céspedes, donde dependiendo del tipo de suelo, así como de la biogeografía, se hacen dominantes plantas como *Carex curvula*, *Festuca airoides*, *Oxytropis foucadii*, y sobre todo *Kobresia myosuroides* y *Oreochloa blanka*, y también *Oxytropis halleri* y *Oxytropis neglecta*, que en algunos casos llegan a alcanzar el piso Orotemplado.

En el piso Orotemplado húmedo, hiperhúmedo e incluso en el ultrahiperhúmedo son frecuentes dos tipos de comunidades vegetales, bien sean fruticedas dominadas preferentemente por *Juniperus communis* subsp. *alpina*, y donde en función del sustrato y la biogeografía son frecuentes *Vaccinium microphyllum* o *Daphne cantabrica*, o bien sean bosques, nada infrecuentes, dominados por coníferas como *Abies alba* o *Pinus uncinata* que van acompañadas por especies herbáceas o arbustivas como *Rhododendron ferrugineum*, *Pulsatilla fontqueri* o *Arctostaphylos uva-ursi*, según los casos.

Si existe submediterraneidad en el piso Orotemplado, se hace entonces notable la presencia de fruticedas con especies como *Genista sanabrensis*, *Vaccinium myrtillus*, o *Avenella iberica*, etc., siendo también frecuentes los bosques de *Pinus sylvestris* var *iberica* o de *Pinus uncinata* y no infrecuentes algunos céspedes de *Festuca eskia* o *Festuca aragonensis* con o sin *Teesdaliopsis conferta*

Los pisos termotemplado, mesotemplado y supratemplado son las áreas donde el desarrollo como vegetación potencial climatófila es siempre un bosque. Así en el termotemplado y mesotemplado son frecuentes los bosques mixtos dominados por *Fraxinus excelsior*, aunque si existe la variante submediterránea, son normales los bosques de *Quercus rotundifolia* y *Quercus gracilis*, los de *Quercus ilex*, e incluso relictualmente los de *Olea europea* subsp. *sylvestris*, si bien más en el primero de

ellos, es decir en el termotemplado, que en el segundo, el mesotemplado, donde los bosques de *Quercus robur*, que pueden estar presentes en el piso termotemplado y los de *Quercus petraea*, son los más abundantes, si bien estos alcanzan también y son frecuentes en el piso supratemplado. Penetran ya en los territorios mesotemplados los bosques de *Fagus sylvatica*, que sin embargo prefiere y es dominante en el piso supratemplado, como también ocurre con los de *Quercus pubescens* y los de *Pinus sylvestris* var. *catalaunica*, *Pinus nigra* subsp. *salzmanii*, *Abies alba* o *Pinus sylvestris* var. *pyrenaica*, junto a otros bosques como los de *Betula pubescens*, que alcanza en no pocas ocasiones el piso Orotemplado, al igual que los bosques de *Quercus orocantabrica*.

Además de los bosques reseñados en el piso Supratemplado están presentes y son en algunos casos muy abundantes, los de *Quercus pyrenaica*, que son en gran medida los que, junto a los sabinas relictos de *Juniperus thurifera*, nos indican un alto nivel de submediterraneidad, al igual que los de *Quercus rotundifolia* que también alcanzan este piso, pero siempre de forma relictiva y por tanto ocupando exposiciones sur.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BOX, E.O. (1981): Macroclimate and plant forms: an introduction to predictive modeling in Phytogeography. *Tasks for Vegetation Science*, **1**: 1-258. Junk Publ. La Haya.
- EMBERGER, L. (1954): Projet d'une classification biogéographique des climats. Les divisions écologiques du monde. *Colloques Internationaux du C.N.R.S.*, Paris.
- GAUSSEN, H. (1955): Les climats analogues à l'échelle du monde. *C. R. Acad. Agr.* 41, Paris.
- HOLDRIGE, L.R. (1967).- *Life zone ecology*. 206 pp. San José
- KÖPPEN, W. (1936).- *Grundriss der Klimakunde*. 2 Aufl. 388 pp + 9 tables. Berlin & Leipzig.
- RIVAS-MARTÍNEZ, S. (2006): *Series, geoseries y geopermaseries de vegetación de España*. Acto Acad. Invest. Doctores Honoris Causa: 55-145. 84-9773-253-7. Publ. Univ. León.
- RIVAS-MARTÍNEZ, S. (2007): Mapa de series, geoseries y geopermaseries de vegetación de España. Memoria del mapa de vegetación potencial de España. Parte 1. *Itinera Geobot.* **17**: 1-222.
- THORNTHWAITE, C.W. (1931).- The climates of North America according to a new classification. *Geogr. Rev.* **21**: 633-655.
- THORNTHWAITE, C.W. (1933).- The climates of the Earth. *Geogr. Rev.* **23**: 433-440.
- THORNTHWAITE, C.W. (1984): An approach towards a rational classification of climate. *Geogr. Rev.* **38**: 55-94.
- TROLL, C. & K. PAFFEN (1964): *Die Jahreszeitenklimate der Erde. (The seasonal climates of the Earth)*. *Erkunde*, **18**: 5-28 + map.
- WALTER, H. (1985): *Vegetation of the Earth and Ecological Systems of the Geo-biosphere*. 3rd. ed. Springer-Verlag. Berlin.

RESULTADOS PRELIMINARES DE DISTINTOS MÉTODOS PARA LA RECUPERACIÓN DE PASTOS EN UN ENCINAR ACLARADO Y DESBROZADO DEL PARQUE NATURAL DEL MONTSENY (NE ESPAÑA)

C. MADRUGA ANDREU, J. BATOLOMÉ FILELLA Y J. PLAIXATS BOIXADERA

Grup de Recerca en Remugants (G2R). Departament de Ciència Animal i dels Aliments. Universitat Autònoma de Barcelona. Ed. - V, Campus de la UAB. 08193 - Cerdanyola del Vallès (España).

RESUMEN

Los cambios en el uso del suelo y en la gestión de los pastos mediterráneos han dado lugar al proceso de colonización por especies leñosas, provocando la homogeneización del paisaje, la reducción de la biodiversidad y un aumento del riesgo de incendio. Actualmente, uno de los objetivos de la gestión del Parque Natural del Montseny es la restauración y conservación de áreas de pastoreo. Durante el 2008 se inició un experimento de campo para evaluar diferentes tratamientos de restauración después del aclareo de pies y desbrozado de matorral. Estos tratamientos incluyeron el triturado o rastreado del material desbrozado (mulch) y el efecto del pastoreo de cabras y ovejas en cada tratamiento. Después del primer año de aplicación, se han obtenido resultados de la implantación del estrato herbáceo, del rebrote de las especies leñosas encina (*Quercus ilex L.*) y brezo de escobas (*Erica scoparia L.*) y de la colonización por helechos (*Pteridium aquilinum L.*). A corto plazo, el tratamiento de doble triturado fue efectivo sobre la reducción de la superficie de *E. scoparia* (65%) y sobre el control de la colonización por helechos (reducción del 60%). El tratamiento de pastoreo fue el más efectivo en el control del crecimiento de los rebrotes de brezo y encina, tanto en altura (reducción aprox. 70%) como en superficie (reducción aprox. 50%).

Palabras clave: restauración de pastos, matorral, helechos, pastos leñosos.

INTRODUCCIÓN

Desde la segunda mitad del siglo pasado, los ecosistemas pastorales están siendo alterados por diferentes causas como la intensificación agraria, la alteración y destrucción directa causada por trabajos de ingeniería civil (carreteras, pistas de esquí, presas etc.), pero también por el abandono de las tierras y de las prácticas tradicionales que acaban provocando la colonización de los pastos por las especies arbustivas (Green, 1990).

Por este último motivo, la existencia de los pastos en la zona Mediterránea está siendo amenazada. Los cambios en el uso y la gestión del suelo, han dado lugar a una rápida extensión de las especies más competitivas, herbáceas y leñosas, que se caracterizan por ser altamente resistentes y productivas. Desde el punto de vista ecológico, esta colonización implica la homogeneización del paisaje y el consecuente incremento del riesgo de incendios, así como una pérdida de la biodiversidad asociada a estos hábitats agrícolas - pastorales (Bernués *et al.*, 2005; Lasanta *et al.*, 2006). Desde el punto de vista ganadero, implica la pérdida directa de los recursos pastorales tanto en extensión como en producción y valor nutritivo (Zarovali *et al.*, 2007). La restauración de estos ecosistemas conlleva el rejuvenecimiento de la cubierta vegetal mediante tratamientos de desbroce, siega y/o pastoreo (Muller *et al.*, 1998).

En el macizo del Parque Natural del Montseny y Reserva de la Biosfera (NE de Cataluña), como en otras áreas mediterráneas protegidas, se ha producido el proceso de colonización por especies

leñosas (Bartolomé y Plaixats, 2004; Bartolomé *et al.* 2005b). La Diputación de Barcelona, órgano gestor del parque, viene realizando actuaciones de desbroce, con objetivota finalidad de hacer frente a este proceso. En el año 2008, se inició un ensayo de campo con diferentes tratamientos de restauración (triturado o retirada de los restos de material desbrozado y pastoreo), con el objetivo de evaluar los tratamientos que mejoran y agilizan la implantación de la vegetación herbácea y retrasan la colonización de las especies arbustivas y de los helechos. En este trabajo se muestran los resultados preliminares después de un año de aplicación de los tratamientos.

MATERIAL Y MÉTODOS

Área de estudio

El presente estudio de restauración se lleva a cabo en el Parque Natural y Reserva de la Biosfera del Montseny, dentro de la región mediterránea en el Noreste de la Península Ibérica. La zona de estudio se encuentra ubicada entre los 1 200-1 300 m de altitud sobre el nivel del mar, en el altiplano del Pla de la Calma (entre los 41°44' y 41°47' de latitud norte y los 2°18' y 2°22' de longitud oeste). Este altiplano tiene un clima mediterráneo húmedo, con una precipitación media anual de aproximadamente 700 mm y una temperatura media anual de 10°C. El emplazamiento topográfico y la circulación de humedad producen una situación general que favorece la vegetación atlántica dominada por pastos y landas de brecina (*Calluna vulgaris*), brezos (*Erica arborea* y *E. scoparia*) y retama de escobas (*Sarothammus scoparius*). El valor de la zona de La Calma se refleja en su biodiversidad, en su rica flora nativa, que alcanza una cifra de 513 especies de plantas vasculares (Bolòs, 1986). En las últimas décadas estos pastos han sido parcialmente colonizados por encinas y robles (*Quercus humilis*) (Bartolomé *et al.*, 2005a).

Tratamientos de restauración

Durante la primavera – verano del 2008, un encinar joven con sotobosque de brezos de escobas y retamas de escobas se desbrozó con la intención de recuperar la zona como pasto leñoso. Se talaron encinas y robles (dejando aproximadamente 200 pies/ha), se desbrozó el matorral y a continuación se fresó con una desbrozadora de martillos oscilantes. Posteriormente, se instalaron 3 parcelas experimentales (réplicas) de 25 m x 20 m distribuidas al azar. Estas parcelas fueron divididas en seis subparcelas (8 m x 10 m) que recibieron distintos tratamientos post-desbroce y de pastoreo, tal y como muestra el siguiente esquema:

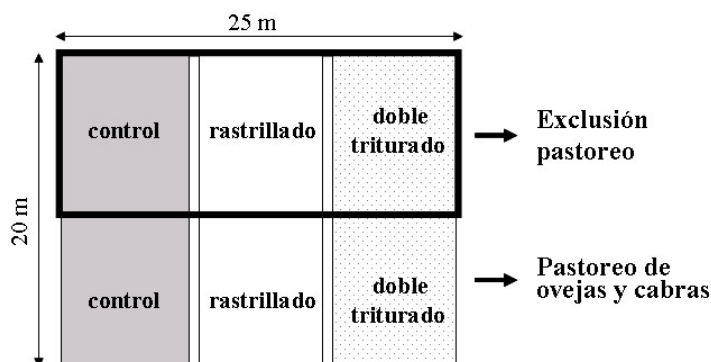


Figura 1. Esquema experimental.

En el tratamiento “doble triturado”, la cubierta de restos generados por el desbroce (mulch) se trituró de nuevo y en el tratamiento “rastrillado” la capa de mulch fue retirada parcialmente con la

ayuda de un rastrillo. El pastoreo se realizó desde el inicio del experimento con un rebaño mixto de 50% ovejas y 50% cabras de razas rústicas (ovejas ripollesas y cabras de rasquera) durante todo el año sobre una superficie de 100 ha, con una carga ganadera total de 0,5 UGM ha⁻¹ año⁻¹.

Muestreo de la vegetación

El muestreo, después del primer año de actuación, se realizó durante los meses de junio y julio. Para el seguimiento de la cobertura del estrato herbáceo y la colonización de los helechos se siguió el método de Le Duc *et al.* (2000). En cada subparcela se marcaron tres cuadrados de 1 m² distribuidos al azar y se determinó el porcentaje de cobertura de todas las especies vegetales y el de suelo desnudo. Dentro de la misma superficie se estableció un cuadrado concéntrico de 0,25 m² donde todos los frondes de los helechos presentes fueron cortados a ras de suelo, contados, medidos en longitud y posteriormente secados a 80 °C durante 48h para determinar su biomasa por unidad de superficie.

Por otra parte, el control del rebrote de las especies leñosas se llevó a cabo en toda la superficie de cada subparcela mediante el registro de todos los individuos de las únicas dos especies rebrotadas (*Q. ilex* y *E. scoparia*) y la medida de su altura y de los diámetros mayor y menor de copa.

Todos los resultados obtenidos se sometieron a un análisis estadístico, mediante el paquete estadístico SAS v. 9.1, utilizando un análisis de la varianza (Anova) de dos factores (tratamiento post-desbroce y pastoreo). Para la comparación de medias entre tratamientos se empleó el test de comparaciones múltiples de Tukey del mismo paquete estadístico.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Un año después de la actuación de restauración, todas las subparcelas presentaban un estrato herbáceo con una cobertura en torno al 40%, siendo ligeramente superior en las subparcelas que habían sido rastrilladas (Tabla 1), probablemente debido a la reducción del grosor de mulch que permitió una mayor entrada de luz (Krautzer y Helmut, 2006). El efecto del pastoreo no mostró diferencias significativas en la cobertura del estrato herbáceo.

Tabla 1. Porcentajes de cobertura del estrato herbáceo en función de los tratamientos post-desbroce y pastoreo.

		% Cobertura herbácea	
No pastado	Doble Triturado	43,93 ± 3,88	ab
	Rastrillado	46,51 ± 2,10	a
	Control	39,47 ± 0,84	b
Pastado	Doble Triturado	38,71 ± 2,40	ab
	Rastrillado	48,72 ± 1,33	a
	Control	36,68 ± 0,50	b

n = 9; Valores = media ± desviación estándar; Letras diferentes (a, b) denotan diferencias significativas entre las medias (*p*<0,05).

El promedio de individuos rebrotados de las dos especies leñosas se muestra en la Tabla 2. Se observa que en todas las subparcelas la especie *E. scoparia* es la dominante. Las medidas estructurales obtenidas de cada rebrote, mostraron un efecto de control del tratamiento de doble triturado sobre la superficie de copa de *E. scoparia*.

Tabla 2. Número de individuos rebrotados de *Erica scoparia* y *Quercus ilex* por parcela (50 m²) para cada tratamiento.

		<i>E. scoparia</i>	<i>Q. ilex</i>
No pastado	Doble Triturado	11,50 ± 6,80	6,17 ± 2,79
	Rastrillado	14,50 ± 5,01	8,50 ± 3,83
	Control	16,00 ± 5,29	9,00 ± 5,00
Pastado	Doble Triturado	9,17 ± 3,19	3,50 ± 2,43
	Rastrillado	15,83 ± 5,12	5,50 ± 1,52
	Control	14,33 ± 6,43	11,33 ± 4,93

n=3; Valores = media ± desviación estándar

Sin embargo, el efecto clave en el control del fitovolumen (superficie de copa y altura) en las dos especies fue el tratamiento de pastoreo, como se muestra en la Figura 2. El pastoreo de cabras y ovejas resultó claramente beneficioso para regular los procesos de colonización de especies leñosas después de la actuación, resultados que concuerdan con los obtenidos por Celaya *et al.* (2005) en zonas desbrozadas de brezal-tojal.

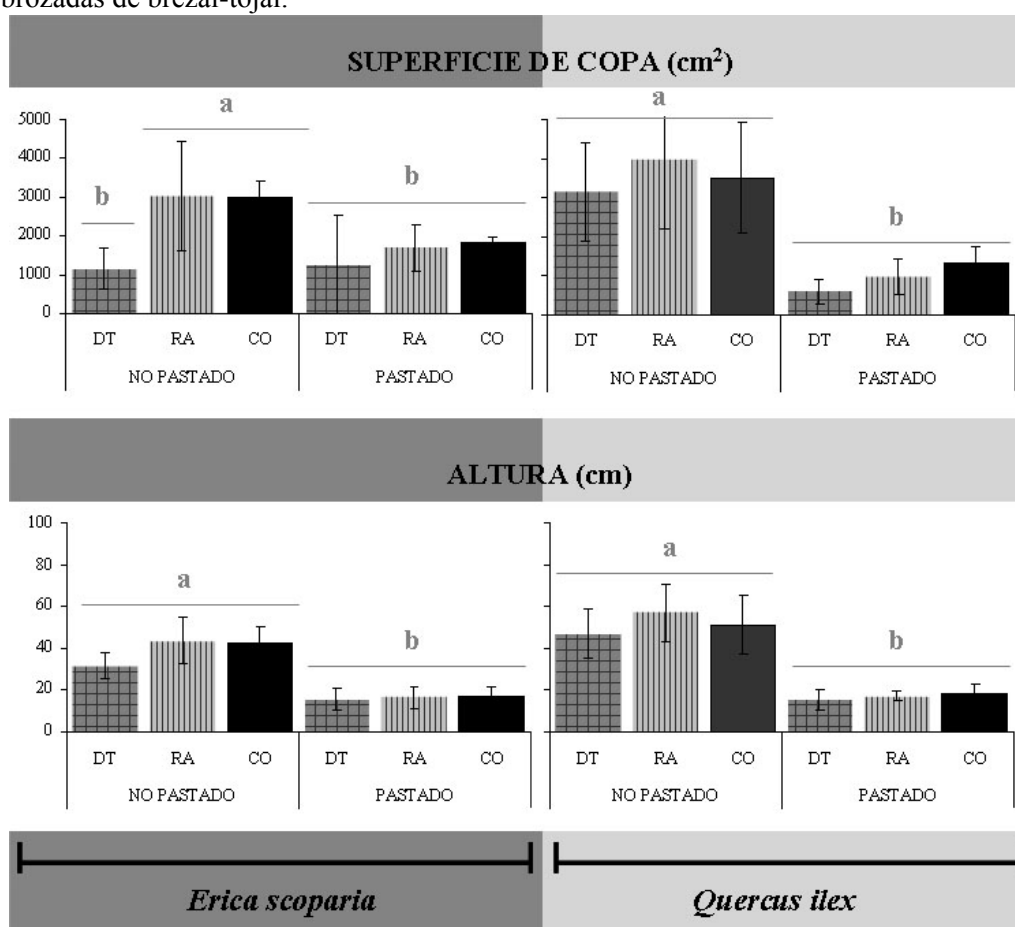


Figura 2. Comparación de los valores de superficie de copa y altura de los rebrotes de *E. scoparia* y *Q. ilex* entre cada tratamiento post-desbroce y de pastoreo. Los tratamientos son: (DT) = doble triturado; (RA) = rastrillado y (CO) = control. Letras diferentes (a, b) denotan diferencias significativas entre las medias (p<0,05).

Finalmente, el análisis estadístico aplicado (Anova) para ver el efecto de los tratamientos sobre el control de la colonización de los helechos, mostró diferencias significativas para las cuatro variables estudiadas (porcentaje de cobertura, número de frondes, altura del fronde y biomasa por superficie) entre los tratamientos post-desbroce (p < 0,0001). En las parcelas doblemente trituradas la pre-

sencia de helechos fue mucho menor que en las parcelas rastrilladas y a la vez éstas presentaron menos helechos que las parcelas control (Tabla 3). Sin embargo no se encontraron diferencias entre los mismos tratamientos pastados y no pastados, probablemente debido a que la carga ganadera no fue lo suficientemente elevada para que el efecto del pisoteo fuese eficaz en el control de helechos (Popay y Field, 1996).

Tabla 3. Comparación de los valores de porcentajes de cobertura, número de frondes, altura y biomasa de los helechos entre tratamientos.

			% Cobertura	Nº de frondes	Altura (cm)	Biomasa (kg MS/ha)	
No pastado	Doble Triturado	c	6,26 ± 4,68	2,40 ± 1,25	31,60 ± 9,02	438,28 ± 235,88	
	Rastrillado	b	30,88 ± 8,10	5,03 ± 1,49	58,27 ± 10,66	1713,44 ± 514,43	
	Control	a	47,58 ± 21,17	6,34 ± 2,26	70,37 ± 13,35	2665,07 ± 1334,78	
Pastado	Doble Triturado	c	4,39 ± 2,96	1,72 ± 0,96	31,12 ± 4,14	389,95 ± 188,10	
	Rastrillado	b	34,37 ± 11,72	5,23 ± 1,25	56,59 ± 10,41	2050,86 ± 812,16	
	Control	a	54,53 ± 9,36	7,23 ± 1,98	62,98 ± 8,56	3446,61 ± 1212,99	

n = 9; Valores = media ± desviación estándar; Letras diferentes (a, b, c) denotan diferencias significativas entre los tratamientos para todas las variables medidas (*p* < 0,05).

CONCLUSIONES

Después de una actuación para la recuperación de pastos mediante el desbroce y aclarado de pies, técnicas como el doble triturado de los restos vegetales y el pastoreo pueden ser factores claves en el mantenimiento de la actuación, al menos a corto plazo. El tratamiento de doble triturado puede controlar la colonización de los pastos por helecho, mientras que el pastoreo con razas rústicas puede controlar el crecimiento de los rebrotes en superficie y altura de *E. scoparia* y de *Q. ilex*.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio se llevó a cabo gracias al equipo del Parque Natural del Montseny y a la financiación del Servicio de Parques Naturales de la Diputació de Barcelona.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARTOLOMÉ, J.; PLAIXATS, J., 2004. Perspectives of heathland-pastures in the Montseny Natural Park, Spain. *Cahiers Options Méditerranéennes*, **62**, 307-310.
- BARTOLOMÉ, J.; PLAIXATS, J.; FANLO, R.; BOADA, M., 2005 a. Conservation of isolated Atlantic heathlands in the Mediterranean region: effects of land-use changes in the Montseny biosphere reserve (Spain). *Biological Conservation*, **122** (1), 81-88.
- BARTOLOMÉ, J.; LÓPEZ, Z.G.; BRONCANO, M.J.; PLAIXATS, J., 2005 b. Grassland colonization by *Erica scoparia* (L.) in the Montseny Biosphere Reserve (Spain) after land use changes. *Agriculture Ecosystems and Environment*, **111**, 253-260.
- BERNUÉS, A.; RIEDEL, J. L.; ASENSIO, M.A.; BLANCO, M.; SANZ, A.; REVILLA, R.; CASASÚS, I., 2005. An integrate approach to studying the role of grazing livestock systems in the conservation of rangelands in a protected natural park (Sierra de Guara, Spain). *Livestock Production Science*, **96**, 75-85.
- BOLÒS, O., 1986. Flora vascular del Montseny. En: *El patrimoni biològic del Montseny*. Diputació de Barcelona, Servei de Parcs Naturals. Barcelona (España), 41-92.
- CELAYA, R.; GARCÍA, U.; JÁUREGUI, B.M.; OSORO, K., 2005. Efectos del pastoreo de vacuno y ovino con o sin caprino sobre la vegetación de zonas desbrozadas de brezal-tojal. En: *Producciones*

agroganaderas: Gestión eficiente y conservación del medio natural (I), K. OSORO et al. (Eds.). AsturGraf S.L. Gijón (España), 315-321.

GREEN, B.H., 1990. Agricultural intensification and the loss of habitat, species and amenity in British grasslands: a review of historical change and assessment of future prospects. *Grass and Forage Science*, **45**, 365-372.

KRAUTZER, B.; HELMUT, W., 2006. Restoration of alpine ecosystems. En: *Restoration Ecology: The New Frontier*. J.V. Andel y J. Aronson (Eds.). Blackwell Publishing. Malden (USA), 208-223.

LASANTA, T.; GONZALEZ-HIDALGO, J.C.; VICENTE-SERRANO, S.M.; SFERI, E., 2006. Using landscape ecology to evaluate an alternative management scenario in abandoned Mediterranean mountain areas. *Landscape and Urban Planning*, **78**, 101-114.

LE DUC, M.G.; PAKEMAN, R.J.; PUTWAIN, P.D.; MARRS, R.H., 2000. The variable responses of bracken fronds to control treatments in Great Britain. *Annals of Botany*, **85 (B)**, 17-29.

MULLER, S.; DUTOIT, T.; ALARD, D.; GRÉVILLIOT, F., 1998. Restoration and Rehabilitation of Species-Rich Grassland Ecosystems in France: a Review. *Restoration Ecology*, **6 (1)**, 94-101.

POPAY, I.; FIELD, R., 1996. Grazing Animals as Weed Control Agents. *Weed Technology*, **10 (1)**, 217-231.

ZAROVALI, M.P.; YIAKOULAKI M.D.; PAPANASTASIS V.P., 2007. Effects of shrub encroachment on herbage production and nutritive value in semi-arid Mediterranean grasslands. *Grass and Forage Science*, **62**, 355-363.

PRELIMINARY RESULTS OF DIFFERENT METHODS FOR GRASSLAND RECREATION ON CLEARED HOLM OAK FOREST IN THE MONTSENY BIOSPHERE RESERVE (NE SPAIN).

SUMMARY

The changes in land use and management in Mediterranean grasslands have led to extensive revegetation with significant spread of shrubs and forests. This process causes landscape homogenization, biodiversity reduction and increase in fire risk. Nowadays, one main management objective of the Montseny Biosphere Reserve is the restoration and conservation of grazing areas. In 2008 a field experiment was conducted to evaluate different restoration treatments undertaken after tree and scrub clearing. These treatments included the effect of grinded or partial raked of the plant debris cleared (mulch) and the influence of the absence or presence of grazing by goats and sheep on each treatment. After the first year of the experiment, results of herbaceous cover, regrowth of woody species (*Quercus ilex L.* and *Erica scoparia L.*) and colonization of ferns (*Pteridium aquilinum L.*) have been observed. Short-term results showed that grinding treatment was effective in reducing heather (65%) surface area and also the colonization of brackens (<60% compared to control). Moreover, grazing treatment was more effective in controlling growth in height (<70% approx.) and in surface area (<50% approx.) of both heather and holm oak sprouts.

Key words: grassland restoration, scrub, brackens, woody pastures.

TIPOLOGÍA DE LOS PRADOS Y PASTIZALES CALCÍCOLAS DE LA SERRANÍA DE CUENCA (SISTEMA IBÉRICO).

M.P. RODRÍGUEZ-ROJO, J. MADRIGAL, G. CRESPO Y F. FERNÁNDEZ-GONZÁLEZ.

Instituto de Ciencias Ambientales, Universidad de Castilla-La Mancha, E-45071,

Toledo (España).

RESUMEN

Se presenta una revisión florística y fitocenológica de los prados y pastizales calcícolas de la Serranía de Cuenca utilizando métodos de análisis multivariable, así como un análisis del valor diagnóstico de las especies que caracterizan estos tipos de vegetación. Se resalta el valor ecológico de las turberas calcáreas y los pastizales psicroxerófilos oro-submediterráneos por ser hábitats relacionados con especies diagnósticas interesantes por su grado de amenaza, endemidad o distribución en la Península Ibérica.

Palabras clave: hábitats, análisis cluster, fidelidad, valor diagnóstico.

INTRODUCCIÓN

Pocos son los estudios fitosociológicos sobre los prados y pastizales de la Serranía de Cuenca, y en general, del Sistema Ibérico suroccidental. Se cuenta básicamente con la obra de referencia de López González (1978), en la que se plasma la gran diversidad de comunidades vegetales de interés pascícola de la Serranía de Cuenca, muchas de ellas protegidas bajo la normativa vigente de Castilla-La Mancha o catalogadas como hábitats de interés comunitario según la Directiva Habitat: prados higrófilos de *Molinia caerulea*, pastizales psicroxerófilos oro-submediterráneos calcícolas, prados de diente mesófilas (submediterráneas) calcícolas y turberas calcáreas. Algunos de estos hábitats están experimentando regresiones importantes debido al abandono de las prácticas ganaderas, y son vulnerables a los efectos del cambio climático, por lo que es importante mejorar el conocimiento de su caracterización florística, su tipología y su distribución.

Los análisis sobre el grado de preferencia de una especie hacia un tipo de vegetación, conocidos como análisis de fidelidad, permiten determinar especies diagnósticas para la identificación de ese tipo de vegetación. Desvelar estas relaciones de una manera objetiva, además de facilitar el reconocimiento de las distintas comunidades vegetales de un territorio, tiene su importancia para el conocimiento de la composición y estructura de las comunidades vegetales y por tanto de los principios en que basar su sistemática (Chytrý *et al.*, 2002). En la última década, se han formulado y comparado varios índices de valor diagnóstico, explorando su dependencia del tamaño del conjunto de datos de referencia, el tamaño relativo de la unidad de vegetación y la presencia de sesgos en las bases de datos (Chytrý *et al.*, 2002; Knollová *et al.*, 2005; Tichý y Chytrý, 2006; Crespo, 2009).

El principal objetivo de esta comunicación es revisar la clasificación de los pastos herbáceos de la Serranía de Cuenca, describir la tipología de su biodiversidad e identificar las especies diagnósticas que caracterizan la composición y la estructura de estos prados y pastizales calcícolas.

MATERIAL Y MÉTODOS

El territorio muestreado se sitúa en la transición entre el macrobioclima mediterráneo en las partes más bajas y el macrobioclima templado submediterráneo, generalizado en el resto de la Serranía. La presencia de climas supra- y orotemplados submediterráneos húmedos confiere una notable

singularidad al territorio dentro del marco regional. La litología es variada, calcárea y silíceas (pizarras, conglomerados, areniscas rodenas, limonitas rojas, calizas, dolomías, margas, arcillas rojas, etc.). Biogeográficamente se ubica entre los sectores Maestracense y Celtibérico-Alcarreño de la subprovincia Oroibérica (provincia Mediterránea Ibérica Central; Rivas-Martínez *et al.*, 2002).

Se realizó un muestreo siguiendo la metodología fitosociológica con el fin de disponer de datos actualizados sobre los prados y pastizales calcícolas de la Serranía de Cuenca. El tamaño de la parcela de muestreo fue de 100 m² para casi todos los tipos de vegetación, excepto en algunos casos en los que el tipo de vegetación no llegaba a tener esta extensión, como en los casos de las turberas y los pastizales oro-submediterráneos. En total, se levantaron 100 inventarios fitosociológicos sobre los que se aplicaron análisis de clasificación utilizando el método de la mínima varianza (método de Ward) y la distancia Euclídea relativa, como procedimientos que establecen buenas dicotomías y evitan la distorsión de las propiedades métricas del espacio multivariante (McCune y Grace, 2002). Previamente los datos de cobertura se transformaron por la raíz cuadrada para evitar distorsiones ocasionadas por la influencia de valores muy altos. Las especies presentes en menos de tres inventarios se eliminaron del análisis.

El análisis del valor diagnóstico produce valores indicadores para cada especie en cada grupo, por lo tanto, requiere definir *a priori* los grupos. El número óptimo de grupos de una clasificación puede determinarse, a su vez, a partir del análisis del valor diagnóstico teniendo en cuenta que será aquel que permita el mayor número de especies diagnósticas para un nivel de significación determinado. Se ha utilizado el Valor Indicador de Dufrêne y Legendre (Indicator Value, IV) que se define como el producto de la abundancia relativa de especies y la frecuencia relativa. Dufrêne y Legendre (1997) proponen un método de tipo Monte Carlo para evaluar la significación estadística del Valor Indicador máximo (IV_{max}) obtenido para cada especie. Este test de significación reasigna aleatoriamente los inventarios a los diferentes tipos de vegetación un elevado número de veces, manteniendo la estructura de los grupos. El número de permutaciones realizadas fue de 1000 y el nivel de significación considerado para cada especie en cada grupo es de $p \leq 0,05$.

El análisis de clasificación y el cálculo de los Valores Indicadores se llevó a cabo mediante el programa orientado al análisis de datos ecológicos PC-ORD 5 (McCune y Mefford 1999).

Los datos corológicos de cada especie se han tomado de la Flora de Bolós y Vigo (1984-2001).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La determinación del número de grupos resultantes del dendrograma (Fig. 1) se ha llevado a cabo teniendo en cuenta la aplicación del método de Dufrêne y Legendre (1997) y criterios sintaxonómicos. De acuerdo con este último, 9 grupos de clasificación recogen el mayor número de especies diagnósticas con un valor de $p \leq 0,05$ (124 especies diagnósticas para 9 grupos). Asimismo, los grupos obtenidos se han interpretado sintaxonómicamente a nivel de alianza del modo siguiente: pastizales de suelos arcillosos calcáreos de *Deschampsion mediae* (grupo 1), prados de diente de fondos de valle de *Cynosurion cristati* (grupo 2), prados mesofíticos de *Brachypodium phoenicoidis* (grupo 3), turberas calcáreas de *Caricion davallianae* (grupo 4), prados higroturbosos de *Molinion caeruleae* (grupo 5), prados de diente submediterráneos calcícolas de *Potentillo montanae-Brachypodium rupestris* (grupos

6-7) y pastizales psicroxerófilos oro-submediterráneos calcícolas de *Sideritido fontquerianae-Arenarion aggregatae* (grupos 8-9).

En la tabla 1 se muestran los valores diagnósticos (IV) de cada una de las especies para cada grupo. Estos valores indican las especies características (o diferenciales) de cada uno de los grupos, los cuales, a su vez, corresponden a alianzas. El grupo 6 se ha asignado a la alianza *Potentillo-Brachypodion*, aunque también comparte con *Sideritido-Arenarion* algunas especies (*Koeleria vallsiana*, *Helianthemum incanum*), lo que indica una situación transicional entre ambas alianzas; sin embargo, tiene identidad propia por caracterizarse por la mayor presencia o abundancia de especies diagnósticas (*Ononis cristata*, *Jasonia tuberosa*, *Hippocrepis comosa*, *Carex halleriana*). Este tipo de vegetación se asocia a suelos algo arcillosos y margosos en laderas de fuerte pendiente con una gran intensidad de pastoreo ovino. Por otra parte, se han diferenciado dos grupos en los pastizales de *Sideritido-Arenarion* (grupos 8 y 9): un grupo con especies diagnósticas como *Anthyllis vulnerarioides*, *Arenaria erinacea*, *Artemisia pedemontana*, *Fumana procumbens*, *Paronychia kapela*, *Festuca hystrix* e *Inula montana*, consideradas fitosociológicamente como características de los pastizales xerofíticos calcícolas de la clase *Festuco hystricis-Ononidetia striatae*; y otro con presencia escasa o nula de estas especies, pero en el que, en cambio, *Poa ligulata* tiene un alto valor diagnóstico y, junto con ella, otras especies como *Poa bulbosa*, *Bromus squarrosus*, *Petrorhagia prolifera*, *Arenaria obtusiflora*, *Anthemis arvensis*. La caracterización florística de este último grupo indica que se trata de una comunidad intensamente pastoreada y relacionada con situaciones topográficas de las crestas de las muelas y sierras calcáreas, con afluencia importante tanto de ganado ovino como de ungulados silvestres.

Los pastizales oro-submediterráneos han resultado ser los que presentan mayor número de especies diagnósticas, y a la vez los que contienen el mayor número de endemismos ibéricos, lo que se relaciona con el espectro corológico realizado sobre el conjunto de todas las especies (Figura 3). También destacan aquellas cuya distribución en la Península Ibérica tiene en la Serranía de Cuenca sus límites meridionales de distribución, como el endemismo iberolevantino *Carduus assoi*, la orófito mediterránea *Minuartia rubra* y la orófito eurosiberiana *Anthyllis vulnerarioides*. Las turberas calcáreas (grupo 1), a pesar de ser el grupo con menor riqueza de especies (en términos absolutos), constituyen el tercer grupo con mayor número de especies diagnósticas y además muestran una gran proporción de elementos eurosiberianos (Fig. 2), pero el principal valor ecológico de este hábitat se refleja en que a él se asocian las 7 especies diagnósticas protegidas legalmente en Castilla-La Mancha encontradas en el conjunto de los inventarios (*Carex davalliana*, *C. disticha*, *C. nigra*, *Triglochin palustre*, *Eriophorum latifolium*, *Juncus pyrenaicus* y *Parnassia palustris*).

CONCLUSIONES

El análisis cluster junto con el análisis del valor diagnóstico de las especies características sobre el conjunto de los inventarios permite conocer la tipología de los prados y pastizales calcáreos en la Serranía de Cuenca que se ha descrito a nivel de alianza. En el caso de las alianzas *Potentillo-Brachypodion* y *Sideritido-Arenarion* podrían definirse dos subtipos de vegetación en cada una que se caracterizan por un conjunto de especies diagnósticas propias.

El análisis del valor diagnóstico de las especies, además de ser importante para el conocimiento de la composición y estructura de las comunidades vegetales, tiene también aplicaciones en el campo de la conservación de la biodiversidad, a la hora de identificar los tipos de vegetación o hábitats en

los que las especies endémicas o amenazadas tienen su óptimo. Sin embargo, hay que tener en cuenta que los valores diagnósticos obtenidos se refieren de forma exclusiva a la región estudiada y dentro de ella a los datos del conjunto de inventarios de vegetación analizados. En este caso, el análisis sólo se ha aplicado a los prados y pastizales calcáreos y no a todos los tipos de vegetación existentes en el territorio, de modo que sólo se pueden extraer conclusiones sobre especies características de un tipo de hábitat, mientras que para conocer objetivamente el hábitat óptimo de una determinada especie sería necesario disponer de datos de todos los tipos de hábitats presentes en el territorio.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo se ha desarrollado gracias a la concesión de un Ayuda a la Investigación de la Universidad de Castilla-La Mancha en el 2009 (TC20091114).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BOLÓS, O.; VIGO, J. 1984-2001. *Flora dels Països Catalans*. 4 vols. Ed. Barcino. Barcelona.
- CRESPO, G., 2009. *Procedimientos de validación y aplicaciones de los bancos de inventarios de vegetación: análisis comparado de índices de valor diagnóstico de las especies en la vegetación de la sierra de Gredos (Sistema Central, España)*. Proyecto fin de carrera. 205 pp. Universidad de Castilla-La Mancha.
- CHYTRY, M.; TICHY, L.; HOLT, J.; BOTTA-DUKAT, Z., 2002. Determination of diagnostic species with statistical fidelity measures. *Journal of Vegetation Science*, **13(1)**, 79-90.
- DUFRENE, M.; LEGENDRE, P., 1997. Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. *Ecological Monographs*, **67(3)**, 354-366.
- KNOLLOVA, I.; CHYTRY, M.; TICHY, L.; HAJEK, O., 2005. Stratified resampling of phytosociological databases: some strategies for obtaining more representative data sets for classification studies. *Journal of Vegetation Science*, **16(4)**, 479-486.
- LÓPEZ GONZÁLEZ, G., 1978. Contribución al conocimiento fitosociológico de la Serranía de Cuenca, II. *Anales Inst. Bot. Cav.*, **34(2)**, 597-702.
- MCCUNE, B.; GRACE, J.B., 2002. *Analysis of ecological communities*. MjM Software, 300 pp. Gleneden Beach, Oregon (USA).
- MCCUNE, B.; MEFFORD, M.J., 1999. *PC-ORD: Multivariate Analysis of Ecological Data* (MjM Software Design, Gleneden Beach, OR) Ver 5.
- RIVAS-MARTÍNEZ, S.; DÍAZ, T.E; FERNÁNDEZ-GONZÁLEZ, F.; IZCO, J.; LOIDI, J.; LOUSÃ, M.; PENAS, A., 2002. Vascular plant communities of Spain and Portugal. Addenda to the syntaxonomical checklist of 2001. *Itinera Geobot.*, **15(1/2)**, 5-92.
- TICHY, L.; CHYTRY, M., 2006. Statistical determination of diagnostic species for site groups of unequal size. *Journal of Vegetation Science*, **17**, 809-818.

Apéndice florístico

Se relacionan a continuación con indicación de su rango taxonómico completo los táxones infraespecíficos abreviados citados en el texto y en la tabla 1.

Allium rotundum: *A. scorodoprassum* subsp. *rotundum*

Anthyllis vulneraria subsp. *vulnerarioides*

Armeria matritensis : *A. alliacea* subsp. *matritensis*

Asperula scabra: *A. aristata* subsp. *scabra*

Avenula iberica. *A. pratensis* subsp. *iberica*

Carduus assoi: *C. nigrescens* subsp. *assoi*

Deschampsia subtriflora: *D. cespitosa* subsp. *subtriflora*

Dianthus brachyanthus : *D. pungens* subsp. *brachyanthus*

Galium leioclados: *G. estebanii* var. *leioclados*

Helianthemum incanum: *H. oleandicum* subsp. *incanum*

Juncus pyrenaicus: *J. balticus* subsp. *pyrenaicus*

Ononis australis : *O. spinosa* subsp. *australis*

Phleum bertolonii: *P. pratense* subsp. *bertolonii*

Plantago serpentina : *P. maritima* subsp. *serpentina*

Ranunculus aleae: *R. bulbosus* subsp. *aleae*

Ranunculus despectus: *R. acris* subsp. *Despectus*

TYOLOGY OF THE CALCAREOUS PASTURES AND GRASSLANDS OF THE SERRANÍA DE CUENCA (IBERIAN RANGE SYSTEM)

SUMMARY

This paper reports a floristic and phytocenologic review of the calcareous pastures and grasslands of the Serranía de Cuenca based on numerical analysis and indicator species analysis. Base-rich fens and oro-submediterranean calcareous grasslands resulted to be habitats related to diagnostic species with an important value because are endangered species, endemics or have a limited distribution in the Iberian Peninsula.

Keywords: Habitats, cluster analysis, fidelity measures, diagnostic value

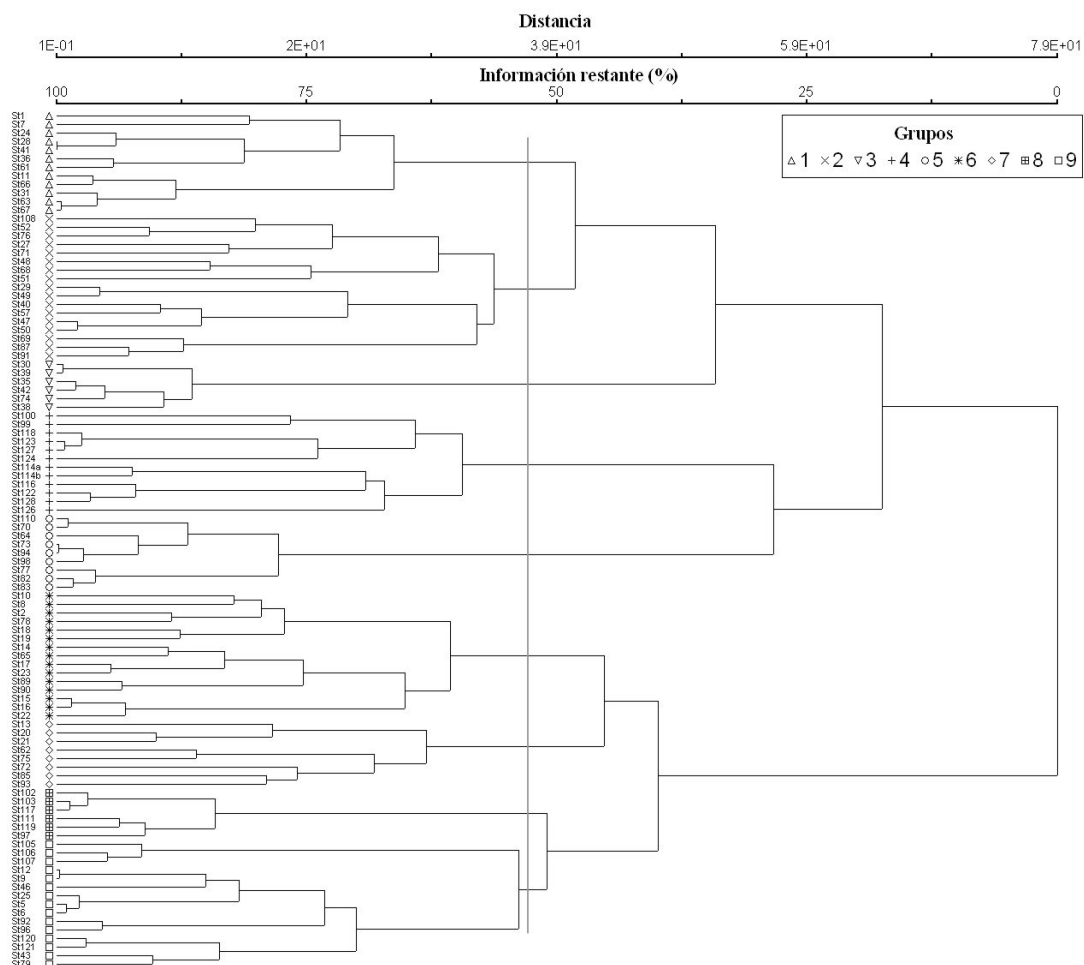


Figura 1. Dendrograma resultante de la clasificación de los 100 inventarios. El nivel de corte del dendrograma se ha establecido en 9 grupos teniendo en cuenta el método de Dufrêne y Legendre (1997).

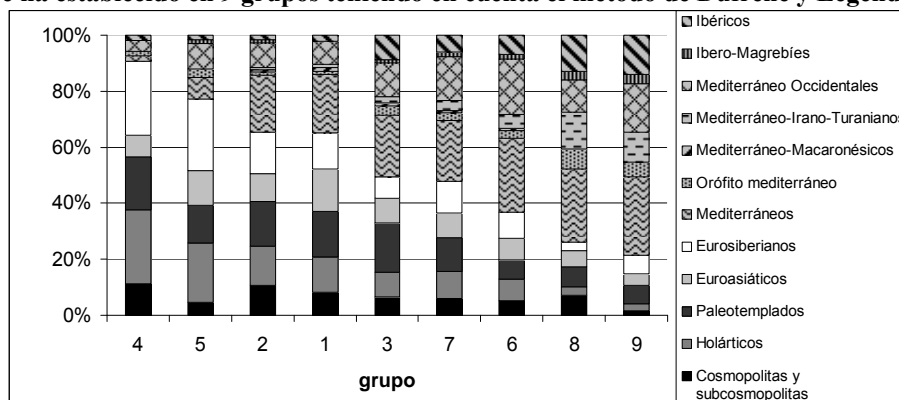


Figura 2. Diagrama de barras del espectro corológico de los 9 tipos de vegetación resultantes de la clasificación de prados y pastizales de la Serranía de Cuenca. 4: *Caricion davallianae*, 5: *Molinion caeruleae*, 2: *Cynosurion cristati*; 1: *Deschampsion mediae*, 3: *Brachypodion phoenicoidis*, 6-7: *Potentillo montanae-Brachypodion rupestris*, 8-9: *Sideritido fontquerianae-Arenarion aggregatae*. El orden de los grupos representado sigue una gradación ecológica desde las comunidades más higrófilas (turberas) a las más xerófilas (pastizales psicroxerófilos).

Tabla 1. Tabla de especies con valor diagnóstico significativo ($p \leq 0,05$). IE, Vu: especies catalogadas como de Interés Especial o Vulnerables en Castilla-La Mancha; Eur: elemento eurosiberiano, Ib, IbL: endemismo ibérico o iberolevantino; *: límite meridional en la Serranía de Cuenca (ver también leyenda de Figura 2).

Nº grupo clasificación	4	5	2	1	3	7	6	8	9	Nº grupo clasificación	4	5	2	1	3	7	6	8	9
Nº inventarios	12	9	17	12	6	8	15	6	15	<i>Bromus erectus</i>	0	0	0	0	3	52	3	0	3
Nº especies	68	76	113	86	91	114	119	71	121	<i>Achillea odorata</i>	0	0	0	1	5	39	8	3	7
Nº especies diagnósticas	17	11	14	7	10	15	11	19	20	<i>Hieracium pilosella</i>	0	1	8	21	7	33	12	0	2
<i>Carex lepidocarpa</i>	83	0	0	0	0	0	0	0	0	<i>Medicago sativa</i>	0	0	0	0	0	32	12	0	0
<i>Carex nigra</i> (IE)	83	0	0	0	0	0	0	0	0	<i>Eryngium campestre</i>	0	0	1	3	7	30	20	12	16
<i>Carex davalliana</i> (IE, Eur)	81	0	0	0	0	0	0	0	0	<i>Thymus pulegiodes</i>	0	1	5	0	1	29	0	0	0
<i>Juncus articulatus</i>	80	0	0	1	0	0	0	0	0	<i>Salvia pratensis</i> (Eur)	0	0	0	0	0	28	0	0	4
<i>Potentilla erecta</i> (Eur)	72	9	0	0	0	0	0	0	0	<i>Polygala monspeliaca</i>	0	0	0	0	2	27	2	0	0
<i>Triglochin palustre</i> (IE *)	67	0	0	0	0	0	0	0	0	<i>Agrostis castellana</i>	0	0	10	1	0	26	0	1	0
<i>Pinguicula vulgaris</i> (*)	67	0	0	0	0	0	0	0	0	<i>Trifolium campestre</i>	0	0	3	18	13	26	6	0	0
<i>Eriophorum latifolium</i> (Vu)	58	0	0	0	0	0	0	0	0	<i>Trifolium ochroleucon</i> (Eur)	0	1	4	1	0	24	1	0	0
<i>Prunella vulgaris</i>	43	3	0	0	0	0	0	0	0	<i>Potentilla neumanniana</i> (Eur)	0	0	0	0	0	24	18	11	7
<i>Parnassia palustris</i> (IE, Eur)	42	0	0	0	0	0	0	0	0	<i>Plantago lanceolata</i>	0	0	11	5	5	23	9	0	0
<i>Carex disticha</i> (IE, Eur)	42	0	0	0	0	0	0	0	0	<i>Cirsium acaule</i>	0	1	3	10	9	22	15	0	0
<i>Juncus pyrenaicus</i> (Vu, Ib*)	42	0	0	0	0	0	0	0	0	<i>Tanacetum corymbosum</i>	0	0	0	0	0	18	16	0	0
<i>Succisa pratensis</i> (Eur)	40	2	0	0	0	0	0	0	0	<i>Coronilla minima</i>	0	0	0	0	2	11	47	1	3
<i>Equisetum palustre</i>	40	0	0	0	0	0	0	0	0	<i>Carduncellus monspelliensium</i>	0	0	0	0	1	17	35	0	9
<i>Carex mairii</i>	37	14	0	0	0	0	0	0	0	<i>Helianthemum incanum</i>	0	0	0	0	2	0	33	1	20
<i>Carex panicea</i> (Eur)	38	17	0	0	0	0	0	0	0	<i>Koeleria vallesiana</i>	0	0	0	0	0	13	32	22	27
<i>Linum catharticum</i>	24	4	0	0	0	2	0	0	0	<i>Hippocrepis comosa</i>	0	0	0	0	0	4	30	0	0
<i>Molinia caerulea</i>	16	77	0	0	0	0	0	0	0	<i>Galium leiocladus</i>	0	2	0	3	19	18	28	0	0
<i>Juncus inflexus</i>	0	58	7	1	0	0	0	0	0	<i>Jasonia tuberosa</i>	0	0	0	0	0	0	27	0	0
<i>Senecio carpetanus</i> (Ib)	0	56	0	0	0	0	0	0	0	<i>Ononis cristata</i>	0	0	0	0	0	8	26	0	0
<i>Ranunculus despectus</i> (Eur)	0	44	0	0	0	0	0	0	0	<i>Carex halleriana</i>	0	0	0	0	0	0	20	0	0
<i>Agrostis stolonifera</i>	5	42	0	0	0	0	0	0	0	<i>Ononis australis</i>	0	2	0	0	4	15	18	1	0
<i>Ranunculus repens</i>	5	37	0	0	0	0	0	0	0	<i>Poa ligulata</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	79
<i>Cirsium arvense</i>	7	35	0	0	3	0	0	0	0	<i>Bromus squarrosus</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	74
<i>Teucrium scordium</i>	0	33	0	0	0	0	0	0	0	<i>Xeranthemum inapertum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	68
<i>Carum verticillatum</i> (Eur)	22	29	23	1	1	0	0	0	0	<i>Poa bulbosa</i>	0	0	0	4	0	1	0	0	63
<i>Geum rivale</i>	1	28	0	0	0	0	0	0	0	<i>Petrorhagia prolifera</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	62
<i>Carex flacca</i>	7	26	1	3	15	0	1	0	0	<i>Arenaria obtusiflora</i> (IbL)	1	1	0	0	0	0	0	0	58
<i>Cynosurus cristatus</i>	0	0	67	0	0	1	0	0	0	<i>Anthemis arvensis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	44
<i>Trifolium repens</i>	0	0	35	22	1	2	0	0	0	<i>Alyssum simplex</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	56
<i>Hypochoeris radicata</i>	0	0	31	6	2	6	0	0	0	<i>Marrubium supinum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	34
<i>Phleum bertolonii</i>	0	0	31	7	21	8	1	0	0	<i>Bombacillaena erecta</i>	0	0	0	0	0	1	1	31	
<i>Trifolium dubium</i> (Eur)	0	0	29	0	0	0	0	0	0	<i>Cynosurus elegans</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	31
<i>Gaudinia fragilis</i>	0	0	29	13	0	0	0	0	0	<i>Ononis pusilla</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	29
<i>Trifolium pratense</i>	6	5	24	1	1	16	0	0	0	<i>Minuartia rubra</i> (*)	0	0	0	0	0	0	0	0	28
<i>Danthonia decumbens</i>	0	3	23	8	0	3	0	0	0	<i>Androsace maxima</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	28
<i>Galium verum</i>	0	3	23	18	18	12	1	2	1	<i>Sedum amplexicaule</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	28
<i>Leontodon carpetanus</i>	0	0	22	10	0	1	5	0	0	<i>Armeria matritensis</i> (Ib)	0	0	0	1	3	2	0	0	25
<i>Lolium perenne</i>	0	0	21	7	0	0	0	0	0	<i>Silene legionensis</i>	1	2	0	0	0	0	0	0	25
<i>Centaurea jacea</i> (Eur)	0	13	20	8	0	2	0	0	0	<i>Allium rotundum</i>	0	0	2	0	0	0	0	0	21
<i>Holcus lanatus</i>	1	14	19	0	1	0	0	0	0	<i>Carduus assoi</i> (IbL*)	0	0	0	0	0	0	1	0	18
<i>Hordeum murinum</i>	0	0	18	0	0	0	0	0	0	<i>Anthyllis vulnerarioides</i> (Eur*)	0	0	0	0	0	0	0	0	6
<i>Plantago serpentina</i>	0	1	1	57	0	0	19	0	0	<i>Arenaria erinacea</i> (Ib)	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Bellis perennis</i>	0	0	21	40	4	0	1	0	0	<i>Artemisia pedemontana</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	40
<i>Plantago media</i>	2	4	24	38	5	3	1	0	0	<i>Thymus bracteatus</i> (Ib)	0	0	0	0	0	1	9	19	40
<i>Deschampsia subtriflora</i>	0	14	31	35	3	1	0	0	0	<i>Fumana procumbens</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	38
<i>Festuca trichophylla</i>	3	10	10	32	11	11	2	0	0	<i>Convolvulus lineatus</i>	0	0	0	0	1	0	2	0	38
<i>Ranunculus aleae</i>	0	3	25	29	21	0	1	0	0	<i>Dianthus brachyanthus</i>	0	0	0	0	0	4	0	1	37
<i>Lotus corniculatus</i>	4	8	18	26	10	19	7	0	0	<i>Alyssum montanum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	4
<i>Brachypodium phoenicoides</i>	0	0	0	0	91	1	0	0	0	<i>Festuca hystrix</i>	0	0	0	0	0	3	33	25	34
<i>Koeleria macrantha</i> (Eur*)	0	0	0	0	67	0	0	0	0	<i>Sideritis hirsuta</i>	0	0	0	0	0	0	2	0	34
<i>Potentilla reptans</i>	0	1	11	0	32	1	0	0	0	<i>Teucrium expassum</i> (IbL)	0	0	0	0	2	2	17	0	33
<i>Ornithogalum narbonense</i>	0	0	0	0	28	0	1	0	0	<i>Asphodelus cerasiferus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	9
<i>Polygala calcarea</i>	0	0	0	1	26	2	0	0	0	<i>Bupleurum semicompositum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	27
<i>Lathyrus angulatus</i>	0	0	0	0	24	3	0	0	0	<i>Stipa barbata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	27
<i>Arabis hirsuta</i>	0	0	0	0	23	2	2	0	0	<i>Globularia vulgaris</i>	0	0	0	0	0	0	2	0	23
<i>Allium vineale</i>	0	0	3	1	23	0	0	0	0	<i>Asperula scabra</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	20
<i>Avenula iberica</i>	0	0	0	0	20	19	16	0	5	<i>Crucianella angustifolia</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	20
<i>Seseli montanum</i>	0	1	6	0	17	1	0	0	0	<i>Inula montana</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	20
										<i>Melica ciliata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	20
										<i>Paronychia kapela</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	20
										<i>Thymelaea pubescens</i> (Ib)	0	0	0	0	0	0	0	0	20

EFECTOS DEL PASTOREO EN LA RIQUEZA DE ESPECIES EN FUNCIÓN DE LA ESCALA: ESTUDIO DE CINCO AÑOS EN PASTOS DE TENERIFE (ISLAS CANARIAS)

S. FERNÁNDEZ-LUGO, L. DE NASCIMENTO Y J. R. ARÉVALO.

Departamento de Ecología, Facultad de Biología, Universidad de La Laguna, 38206 La Laguna, España.

RESUMEN

En este estudio se analiza el efecto de la exclusión del pastoreo por cabras en la riqueza de especies a diferentes escalas espaciales. La riqueza de especies se midió en parcelas pastoreadas y excluidas al ganado en superficies de 0,01 m² a 100 m², en pastos sometidos a pastoreo extensivo en el Parque Rural de Teno (Tenerife, Islas Canarias), durante un periodo de cinco años. Se estudió la relación entre número de especies y área mediante la función de Arrhenius ($S=cA^z$) y la riqueza acumulada de especies en cada escala espacial mediante curvas de rarefacción.

La exclusión del pastoreo no afectó significativamente a la relación especies-área, aunque las constantes c y z mostraron diferencias interanuales. Las curvas de rarefacción reflejaron que a pequeña escala (entre 0,01 m² y 10 m²) existe una mayor cantidad de especies en las parcelas pastoreadas, debido a la creciente heterogeneidad ambiental resultante; en otras palabras, el pastoreo provoca un incremento de la riqueza en especies.

Palabras clave: curva de rarefacción; exclusión; pasto; relación especies-área.

INTRODUCCIÓN

Aunque generalmente se piensa que la acción de los herbívoros tiende a aumentar la diversidad de los ecosistemas, son muchos los estudios que muestran resultados contradictorios. Sin embargo, conocer el papel que juegan los herbívoros en el mantenimiento de la diversidad es necesario para la correcta gestión de los ecosistemas pastorales (Olf y Ritchie, 1998). Debido a que la riqueza de especies es dependiente del área de estudio (Magurran, 2004), siendo la relación especies-área uno de los índices más consistentes de la ecología (Rosenzweig, 1995), el estudio de los efectos del pastoreo sobre la diversidad de especies debe llevarse a cabo mediante una aproximación multi-escala.

Las hipótesis de trabajo que pretendemos probar en el presente trabajo son: 1) el pastoreo extensivo aumenta la diversidad de especies del pasto y 2) estos efectos no son consistentes a lo largo de varias escalas espaciales (entre 0,01 m² y 100 m²).

MATERIAL Y MÉTODOS

Este estudio se ha llevado a cabo en el Parque Rural de Teno, en el sector noroccidental de Tenerife (Islas Canarias). El área de trabajo es la meseta de Teno, con una superficie de unos cinco km², situada entre 500 m s.n.m. y 900 m s.n.m., con pendientes del 10 %, y suelos tipo vertisol, bajo un clima mediterráneo. La precipitación media anual es de 450 mm y la temperatura media anual de 14 °C. El ecosistema muestreado es un pasto subhúmedo sometido a pastoreo extensivo de cabras, con una carga ganadera promedio de 0,21 UA ha⁻¹ día⁻¹ ± 0,18 UA ha⁻¹ día⁻¹. En él dominan las especies anuales como *Anagallis arvensis*, *Brachypodium distachyon*, *Briza maxima*, *Medicago spp.*, *Sonchus*

oleraceus, *Stachys arvensis*, *Trifolium spp.*, *Silene spp.* o *Galactites tomentosa*, ésta última con un ciclo de vida bianual. Aunque también podemos encontrar especies perennes, entre las que destacan *Bituminaria bituminosa*, *Phalaris coerulescens* o *Phagnalon saxatile*.

En octubre de 2004 se delimitaron 16 parcelas cuadradas permanentes de 100 m² cada una de ellas, de las cuales ocho fueron excluidas al pastoreo mediante una valla metálica, mientras que las ocho restantes permanecieron abiertas al pastoreo. Siguiendo la metodología propuesta por Peet *et al.* (1998) en cada esquina de las parcelas de 100 m² se establecieron cuatro subparcelas cuadradas anidadas de 0,01 m², 0,1 m², 1 m², y 10 m² (Fig. 1-A), lo que supone un total de 64 subparcelas de cada una de las escalas mencionadas. Las especies presentes en cada subparcela, así como en las parcelas de 100 m², fueron anotadas cada primavera durante el quinquenio 2005-2009. Cabe destacar que durante el período 2005-2008 las precipitaciones oscilaron entre 345 mm y 519 mm (aún no disponemos de los datos de precipitación correspondientes al año 2009).

La relación especies-área se evaluó mediante la función de Arrhenius, $S=cA^z$ (Rosenzweig, 1995; Scheiner, 2003), donde S es el número de especies, A el área, y las constantes z y c indican la tasa de incremento de la riqueza con el área (expresada en m²) y el número de especies en una parcela de un tamaño determinado, respectivamente. Los parámetros c y z de la función se calcularon para cada parcela realizando el promedio de las cuatro esquinas muestreadas (subparcelas de 0,01 m² a 10 m²). El ajuste de los datos a la función fue evaluado mediante el coeficiente de determinación R^2 ($P<0,05$). Asimismo, se aplicó un test ANOVA de dos vías para testar el efecto del tratamiento (pastoreo vs. exclusión) y del año (quinquenio 2005-2009) en los parámetros c y z . En aquellos casos en los que el ANOVA mostró diferencias significativas, se aplicó el test a posteriori de Tukey para determinar dónde se encontraban éstas diferencias.

La rarefacción es un método estadístico que permite calcular el número medio esperado de especies en función del esfuerzo de muestreo, el cuál se puede medir tanto en número de individuos como en unidades de muestreo (Magurran, 2004). En este estudio el esfuerzo de muestreo se ha medido en términos del número de muestras (parcelas o subparcelas), o lo que es lo mismo, hemos realizado curvas de rarefacción basadas en muestras (Gotelli y Colwell, 2001). Hemos empleado éstas curvas para comparar cómo aumenta la riqueza esperada de especies según aumenta el número de parcelas o subparcelas en cada tratamiento a cada una de las escalas espaciales estudiadas, incluyendo todas las réplicas y los cinco años de estudio. Por consiguiente, los análisis de rarefacción se realizaron con un total de 160 unidades de muestreo para las subparcelas de 0,01 m² a 10 m² y 40 unidades de muestreo para las parcelas de 100 m². Los valores de riqueza obtenidos tras la rarefacción se compararon mediante el test de Signos ($P<0,05$). Las curvas de rarefacción se han realizado mediante el software EstimateS (Colwell, 2000), el resto de análisis estadísticos han sido implementados mediante el software SPSS 15.0 (Visauta, 2007).

RESULTADOS

El ajuste de los datos a la función especies-área ($S=cA^z$) fue significativo para todas las parcelas todos los años ($P<0,05$). Los parámetros c y z (Tabla 1) no se vieron significativamente afectados por el tratamiento o la interacción de éste con el año ($P>0,05$), pero sí por el año (c : $F_4=2,885$, $P<0,05$; z : $F_4=2,708$, $P<0,05$).

Tabla 1: Parámetros c y z la función de Arrhenius, $S=cA^z$. tra: tratamiento; pa: pastoreo; ex: exclusión.

Plot	tra	2005		2006		2007		2008		2009	
		z	c	z	c	z	c	z	c	z	c
1	pa	0,27	0,70	0,29	0,71	0,35	0,50	0,30	0,62	0,32	0,69
2	pa	0,28	0,65	0,32	0,57	0,32	0,51	0,29	0,53	0,32	0,64
3	pa	0,26	0,73	0,27	0,71	0,28	0,64	0,26	0,72	0,33	0,73
4	pa	0,19	0,69	0,21	0,69	0,21	0,59	0,24	0,60	0,27	0,57
5	pa	0,25	0,78	0,32	0,62	0,25	0,86	0,29	0,71	0,30	0,74
6	pa	0,24	0,80	0,33	0,56	0,32	0,62	0,27	0,71	0,26	0,83
7	pa	0,27	0,70	0,27	0,70	0,29	0,59	0,29	0,65	0,28	0,75
8	pa	0,27	0,54	0,29	0,42	0,32	0,37	0,30	0,44	0,31	0,57
1	ex	0,22	0,84	0,23	0,81	0,28	0,64	0,30	0,60	0,26	0,86
2	ex	0,30	0,67	0,27	0,70	0,26	0,71	0,32	0,55	0,32	0,64
3	ex	0,24	0,78	0,25	0,75	0,28	0,68	0,29	0,62	0,33	0,67
4	ex	0,31	0,36	0,22	0,58	0,29	0,34	0,24	0,61	0,29	0,55
5	ex	0,30	0,60	0,28	0,64	0,27	0,77	0,25	0,78	0,26	0,85
6	ex	0,24	0,68	0,37	0,44	0,28	0,61	0,33	0,53	0,27	0,77
7	ex	0,26	0,65	0,29	0,64	0,37	0,41	0,32	0,54	0,30	0,75
8	ex	0,24	0,77	0,32	0,51	0,33	0,45	0,36	0,37	0,37	0,52

Sin embargo, el test a posteriori de Tukey reflejó que este efecto no fue consistente entre los años de estudio, ya que no se encontraron diferencias entre años en el parámetro c y en el caso de parámetro z , éstas se encontraron únicamente entre el año 2005 y el 2009.

Las curvas de rarefacción reflejaron pequeñas diferencias entre tratamientos en la acumulación de especies en función del aumento de las unidades de muestreo (Fig. 1B-F), Éstas diferencias fueron consistentes para las escalas inferiores ($0,01\text{ m}^2$ - 10 m^2), donde el test de Signos reveló valores significativamente mayores de la riqueza de especies en las parcelas pastoreadas ($P<0,01$). Si bien a la escala de 10 m^2 los valores de riqueza son muy similares entre tratamientos, la curva de rarefacción de las parcelas pastoreadas siempre se sitúa por encima de la curva de rarefacción de las parcelas excluidas al ganado.

DISCUSIÓN

Aunque el pastoreo puede afectar a la relación especies-área (De Bello *et al.*, 2007; Olff y Ritchie, 1998), en los pastos estudiados los parámetros c y z de la función de Arrhenius no se vieron significativamente afectados por la exclusión del mismo; sin embargo, el año de muestreo afectó significativamente a ambos parámetros. La variabilidad climática interanual del área de estudio (Arévalo *et al.*, 2007), y no el pastoreo, parece ser el principal factor de variación de la composición de especies de los pastos estudiados (Fernández-Lugo *et al.*, 2009). Dicha variabilidad interanual puede ejercer sobre la vegetación un efecto más intenso que el pastoreo, llegando a enmascarar o anular los efectos de este último (Biondini *et al.*, 1998; Ellis y Swift, 1988). Sin embargo, la inconsistencia del efecto del año sobre los parámetros c y z , junto con las características de la zona de estudio: baja presión ganadera y dominio de especies anuales de origen mediterráneo evolucionadas bajo presión de herbívoros, ambas relacionadas con la intensidad de la respuesta de los ecosistemas al pastoreo o a la ausencia del

mismo (Milchunas y Lauenroth, 1993), nos llevan a pensar que puede ser necesario un mayor lapso temporal para que dichos parámetros se vean afectados por la exclusión del pastoreo.

No obstante, las curvas de rarefacción mostraron que a pequeña escala (entre 0,01 m² y 10 m²) la riqueza de especies es significativamente mayor bajo pastoreo, mientras que a escala media (100 m²) este patrón desaparece. En efecto, diversos estudios han detectado incrementos de la riqueza a pequeña escala como consecuencia del pastoreo (de Bello *et al.*, 2007; Dupré y Diekman, 2001; Olf y Ritchie, 1998); sin embargo los resultados a mayor escala suelen ser contradictorios, detectándose aumento (De Bello *et al.*, 2007), disminución (Olf y Ritchie, 1998) y diferencias insignificantes o nulas (Dupré y Diekman, 2001). Ello nos indica que los diferentes factores condicionantes del cambio de la vegetación operan con mayor o menor eficacia a distintas escalas (Wiens, 1989).

Las curvas de rarefacción ofrecen resultados diferentes a los de la función especies-área porque se generaron usando de forma conjunta los datos de los cinco años de estudio. Puesto que la composición de especies en un lugar determinado varía con el tiempo (Alder y Lauenroth, 2003), la mayor riqueza acumulada de las parcelas pastoreadas podría interpretarse en términos de una mayor variabilidad interanual en la composición de especies debido al pastoreo. En el caso de áreas pastoreadas, los herbívoros disminuyen los procesos de exclusión competitiva, aumentan la heterogeneidad espacial y generan microambientes favorables para la germinación y el establecimiento de las especies (Olf y Ritchie, 1998), éstos efectos unidos al hecho de que la variabilidad climática determina en gran medida la composición de especies de las comunidades de plantas anuales, favoreciendo unos grupos de especies frente a otros (Espigares y Peco, 1995; Peco *et al.*, 1998), pueden contribuir a una mayor variación temporal de la composición y el número de especies bajo condiciones de pastoreo, explicando así la mayor riqueza de especies de las parcelas pastoreadas. Otro factor que puede estar afectando a la diferencia de riqueza encontrada entre tratamientos es el tiempo acumulado de exclusión al pastoreo, es decir, la ausencia de pastoreo puede implicar una disminución de la riqueza (Olf y Ritchie, 1998) que puede ser lenta y progresiva y por lo tanto no haber sido detectada hasta analizar de forma conjunta los diferentes años de estudio, ya que de ésta manera se refleja la acumulación del efecto de la exclusión al pastoreo con el tiempo.

CONCLUSIONES

La relación especies-área y la riqueza de especies de los pastos de anuales estudiados en el NW de Tenerife están controladas en primera instancia por la variabilidad climática. El pastoreo generó una mayor variación temporal de la composición de especies de las parcelas a lo largo de un período de cinco años, determinando que éstas presentasen una mayor riqueza acumulada de especies a pequeña escala. Mientras algunos estudios afirman que en las Islas Canarias el pastoreo extensivo de cabras perjudica seriamente a la vegetación (Carrete *et al.*, 2009; Gangoso *et al.*, 2006), nuestros resultados indican que es necesario estudiar el impacto del pastoreo en cada caso concreto, evitando las generalizaciones.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación (CGL2006-06471 y beca FPU) y la Universidad de La Laguna. Agradecemos al personal del Parque Rural de Teno, a la Concejalía de Cultura y Medio Ambiente del Ayuntamiento de Buenavista y al Cabildo de Tenerife que nos hayan permitido aprovechar sus infraestructuras y su apoyo al proyecto; a los pastores del parque su

colaboración y a los alumnos del Departamento de Ecología y la Facultad de Biología (Universidad de La Laguna) su ayuda en el trabajo de campo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALDER, P.B.; LAUENROTH, W.K., 2003. The power of time: spatiotemporal scaling of species diversity. *Ecology Letters*, **6(8)**, 749-756.
- ARÉVALO, J. R.; CHINEA, E.; BARQUÍN, E., 2007. Pasture management under goat grazing on Canary Islands. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, **118(3)**, 291-296.
- BIONDINI, M. E.; PATTON, B. D.; NYREN, P. E. 1998. Grazing intensity and ecosystem processes in a Northern mixed-grass Prairie, USA. *Ecological Applications*, **8(2)**, 469-479.
- CARRETE, M.; SERRANO, D.; ILLERA, J.C.; LÓPEZ, G.; VÖGELI, M.; DELGADO, A.; TELLA, J., 2009. Goats, birds, and emergent diseases: apparent and hidden effects of exotic species in an island environment. *Ecological Applications*, **19(4)**, 840-853.
- COLWELL, R.K., 2000. *EstimateS: Statistical Estimation of Species Richness and Shared Species from Samples (Software and user's guide)*. <http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates>
- DE BELLO, F.; LEPŠ, J.; SEBASTIÀ, M. T., 2007. Grazing effects on species-area relationship: variation along a climatic gradient in NE Spain. *Journal of Vegetation Science*, **18(1)**, 25-34.
- DUPRÉ, C.; DIEKMANN, M., 2001. Differences in species richness and life-history traits between grazed and abandoned grassland in southern of Sweden. *Ecography*, **24(3)**, 275-286.
- ELLIS, J. E.; SWIFT, D. M., 1988. Stability of African pastoral ecosystems: alternate paradigms and implications for development. *Journal of Range Management*, **41(6)**, 450-459.
- ESPIGARES, T.; PECO, P., 1995. Mediterranean annual pasture dynamics: impact of autumn drought. *The Journal of Ecology*, **83 (1)**, 135-142.
- FERNÁNDEZ-LUGO, S.; DE NASCIMENTO, L.; MELLADO, M.; BERMEJO, L. A.; ARÉVALO, J. R., 2009. Vegetation change and chemical soil composition after four years of goat grazing exclusion in a Canary Islands pasture. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, **132(3-4)**, 276-282.
- GANGOSO, L.; DONAZAR, J.; SCHOLZ, S.; PALACIOS, C.J.; HIRALDO, F., 2006. Contradiction in Conservation of Island Ecosystems: Plants, Introduced Herbivores and Avian Scavengers in the Canary Islands. *Biodiversity and Conservation*, **15(7)**, 2231-2248.
- GOTELLI, N.J.; COLWELL, R.K., 2001. Quantifying biodiversity: procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness. *Ecology Letters*, **4(4)**, 379-391.
- MAGURRAN, A. E., 2004. *Measuring biological diversity*. Blackwell Publication, 256 pp. Oxford (UK).
- MILCHUNAS, D.G.; LAUENROTH, W.K., 1993. Quantitative effects of grazing on vegetation and soil over a global range of environments. *Ecological Monographs*, **63(4)**, 327-366.
- OLFF, H.; RITCHIE, M. E., 1998. Effects of herbivores on grassland plant diversity. *Trends in Ecology and Evolution*, **13(7)**, 261-265.
- PECO, B.; ESPIGARES, T.; LEVASSOR, C., 1998. Trends and fluctuations in species abundance and richness in Mediterranean pastures. *Applied Vegetation Science*, **1(1)**, 21-28.
- PEET, R.; WENTWORTH, T. R.; WHITE, P. S., 1998. A flexible, multipurpose method for recording vegetation composition and structure. *Castanea*, **63(3)**, 262-274.

ROSENZWEIG, M. L., 1995. *Species diversity in space and time*. Cambridge University Press, 436 pp. Nueva York (USA).

SCHEINER, S. M., 2003. Six types of species–area curves. *Global Ecology and Biogeography*, **12**(6), 441-447.

VISAUTA, B., 2007. *Análisis estadístico con SPSS 14*. McGraw Hill, 281 pp. Madrid (España).

WIENS, J. A., 1989. Spatial scaling in ecology. *Functional Ecology*, **3**(4), 385-397.

GRAZING EFFECTS ON SPECIES RICHNESS DEPENDS ON SCALE: A 5 YEAR STUDY IN TENERIFE PASTURES (CANARY ISLANDS)

SUMMARY

We analyzed how the cessation of grazing by goats affects diversity parameters at different spatial scales. Species richness was measured in grazed and excluded plots of different size (from 0.01 m² to 100 m²) over a five year period in pastures under extensive goat grazing in the Teno Rural Park (Tenerife, Canary Islands). Parameters of the Arrhenius function were calculated to study the relationship between species number and study area. Species richness was also analyzed along the spatial scale by means of the rarefaction curves.

Goat grazing exclusion did not significantly affect species-area curves, although the parameters *c* and *z* changed between studied years. Rarefaction curves were greater under grazing than under goat exclusion at the smaller scales (from 0.01 m² to 10 m²). Results indicate grazing is affecting species richness, contributing to a moderately increase of small scale species diversity.

Key words: Grazing exclusion; Pastures; Rarefaction curves; Species-area relationship.

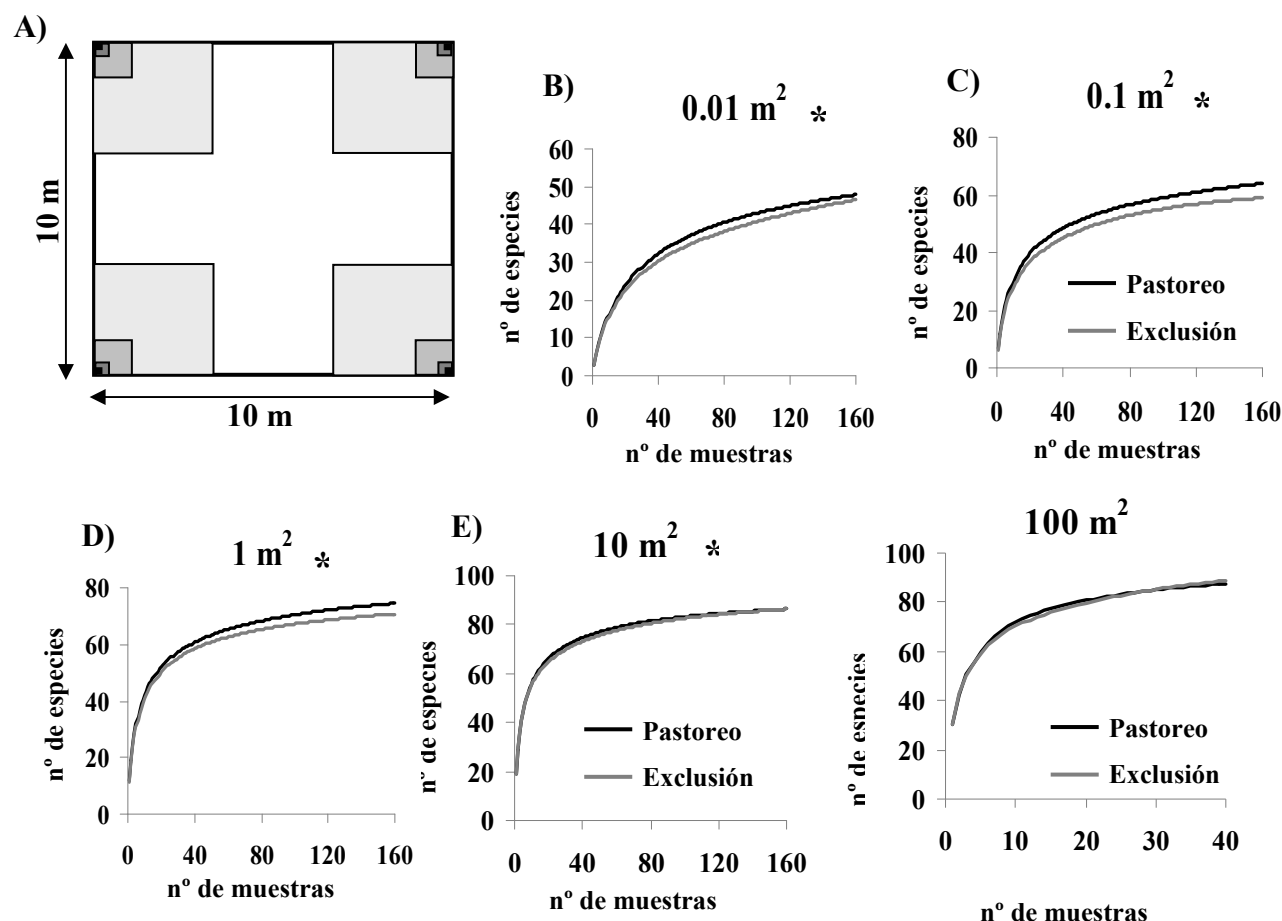


Figura 1: A) Esquema de una parcela con sus respectivas subparcelas: □ 100 m²; ■ 10 m²; ■ 1 m²; ■ 0,1 m²; ■ 0,01 m². B-F) Curvas de rarefacción para las diferentes escalas, los asteriscos indican diferencias significativas: B) 0,01 m² (n=160; Z=-11,135; P<0,05); C) 0,1 m² (n=160; Z=-11,173; P<0,05); D) 1 m² (n=160; Z=-11,101; P<0,05); E) 10 m² (n=160; Z=-9,103; P<0,05); F) 100 m² (n=40; Z=-1,685; P>0,05).

EL BANCO DE SEMILLAS DEL SUELO EN UN PASTO DE LA GOMERA (ISLAS CANARIAS). VARIACIÓN ESTACIONAL Y RELACIÓN CON LA CUBIERTA VEGETAL

S. FERNÁNDEZ-LUGO¹, L. DE NASCIMENTO^{1,3}, A. NARANJO², L. A. BERMEJO³ Y J. R. ARÉVALO¹

¹Departamento de Ecología, Facultad de Biología, Universidad de La Laguna, 38206 La Laguna, España ²Departamento de Geografía, Facultad de Geografía e Historia, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, 35003 Las Palmas de Gran Canaria, España ³Departamento de Ingeniería, Producción y Economía Agrarias, Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agraria, Universidad de La Laguna, 38201 La Laguna, España.

RESUMEN

La composición cuantitativa y cualitativa del banco de semillas viables del suelo han sido estudiadas en un pasto semiárido de La Gomera (Islas Canarias). Se tomaron muestras de suelo en las diferentes estaciones del año y se identificaron y cuantificaron las semillas viables mediante la puesta en germinación en condiciones controladas durante un período de 12 meses. La composición florística de la cubierta vegetal se determinó en parcelas de un m² durante la primavera del mismo año.

Se identificaron 41 especies en el banco de semillas y 47 especies en la cubierta vegetal. El índice de Sørensen fue de 0,6. Las especies anuales dominaron tanto en el pasto como el banco de semillas, siendo el grupo agronómico “otras familias” (ni gramíneas ni leguminosas) el más abundante en número de especies y semillas viables. La mayor parte de las especies presentaron un banco de semillas tipo I (*transitorio de verano*) o tipo IV (*permanente*). El verano, después de la lluvia de semillas, fue la estación con mayor riqueza y número de semillas viables, mientras que el invierno y la primavera, después de la germinación, presentaron un número significativamente menor de semillas y de especies.

Palabras clave: composición de especies; DCA; número de semillas; riqueza; similitud.

INTRODUCCIÓN

El banco de semillas del suelo juega un papel fundamental en la dinámica de las comunidades vegetales, especialmente en ecosistemas dominados por especies anuales como los pastos mediterráneos (Espigares y Peco, 1993; Russi *et al.*, 1992). Su estudio aporta información sobre la historia reciente de la vegetación, de la cual depende en gran medida su composición (Marañón, 2001), y asimismo permite predecir qué especies dominarán la comunidad vegetal tras una perturbación (Roberts, 1981). Por consiguiente, para la completa descripción de la vegetación establecida conviene estudiar el banco de semillas del suelo (Major y Pyott, 1966).

Los objetivos de este trabajo son: 1) determinar la composición cuantitativa y cualitativa del banco de semillas del suelo de un pasto canario, 2) estudiar su variabilidad estacional, 3) relacionarla con el tipo de banco de semillas de acuerdo con la clasificación de Thompson y Grime (1979), y 4) determinar el grado de similitud del banco de semillas del suelo con la vegetación epigea.

MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se ha llevado a cabo en el Lomo de la Mérica, situado en el Parque Rural de Valle Gran Rey, en la región suroccidental de la isla de La Gomera (Islas Canarias). El área de estudio com-

prende aproximadamente 32 ha, se encuentra a 740 m s.n.m., está expuesta al SE, su pendiente es moderada (c. 10 %) y presenta suelos tipo vertisol. El clima es mediterráneo, con precipitación media anual de 234,3 mm y temperatura media de 20 °C. La comunidad vegetal estudiada es un pasto herbáceo semiárido sometido a pastoreo semiextensivo de cabras. En él dominan especies arvenses como *Galactites tomentosa*, *Cynara cardunculus*, *Medicago polymorpha*, *Ajuga iva*, *Plantago lagopus* y *Anagallis arvensis*.

En cada una de las estaciones del año 2008 se establecieron aleatoriamente cuatro transectos de 10 m de longitud en la zona de estudio (16 transectos en total). Mediante una sonda manual de cinco cm de diámetro y cinco cm de profundidad, se tomaron en cada uno de ellos cinco submuestras (una muestra cada dos m) para obtener una muestra compuesta por transecto. Las semillas viables se identificaron y cuantificaron mediante la puesta en germinación bajo condiciones controladas durante 12 meses. La composición florística de la zona de estudio se determinó mediante 20 parcelas cuadradas de un m² la primavera del mismo año. Las especies identificadas se agruparon según formas biológicas, siguiendo la clasificación de Raunkiaer (Mueller-Dombois y Ellenberg, 1974), y en tres grupos agronómicos: gramíneas, leguminosas y otras familias (Roberts, 1981). Cabe destacar que durante el período de estudio se observaron precipitaciones otoñales tempranas, caracterizadas por comenzar en septiembre y continuar durante la estación húmeda (Peco, 1989).

Se utilizó el test de Kruskal-Wallis (Zar, 1984) para determinar si existían diferencias en número de semillas y riqueza de especies entre las diferentes estaciones. Una vez detectadas las diferencias se empleó el test no-paramétrico de Tukey (Zar, 1984) para averiguar cuáles eran las estaciones que diferían significativamente entre sí. De acuerdo con Thompson y Grime, (1979), para asociar cada especie a un tipo de banco de semillas se compararon sus densidades de semillas en otoño y en primavera mediante el test U de Mann-Whitney. De esta manera, las especies cuyas semillas sólo aparecen en otoño poseen un banco de semillas tipo I (*transitorio de verano*), las especies cuyas semillas son significativamente más abundantes en primavera, aunque también aparecen en otoño, poseen un banco de semillas tipo II (*transitorio de invierno*), las especies que presentan una densidad de semillas significativamente mayor en otoño, pero cuyas semillas también aparecen en primavera, poseen un banco de semillas tipo III (*transitorio de verano con una fracción de semillas permanente*), y por último, las especies cuya densidad de semillas no difiere significativamente entre primavera y otoño, poseen un banco de semillas tipo IV (*permanente*) (Thompson y Grime, 1979). El grado de similitud entre la cubierta vegetal y el banco de semillas se determinó mediante el índice de similitud de Sørensen, $C_s = 2j/a+b$ (Magurran, 2004), donde j es el número de especies halladas tanto en el banco de semillas como en la cubierta vegetal, a el número de especies halladas en el banco de semillas y b el número de especies halladas en la cubierta vegetal. Los análisis previamente mencionados se implementaron mediante el software SPSS 15.0 (Visauta, 2007).

Debido a que las técnicas de ordenación son una herramienta de gran utilidad a la hora de evaluar cómo varía la composición de especies en el tiempo y en el espacio (ter Braak and Šmilauer, 1998), realizamos un análisis de correspondencias corregido (Detrended Correspondence Analysis; DCA) (Digby y Kempton, 1987) para estudiar de forma conjunta los gradientes de variación de la composición específica del pasto y del banco de semillas del suelo. El análisis se realizó con el software CANOCO (ter Braak and Šmilauer, 1998).

RESULTADOS

Se identificaron 41 especies en el banco, a partir de las 582 semillas viables encontradas. Las especies más abundantes fueron *Stipa capensis* (12,7 % de las semillas viables), *Anagallis arvensis* (12 %), *Medicago minima* (9,5 %) y *M. polymorpha* (9,2 %); el resto de las especies dio porcentajes inferiores al 5%. Los terófitos o plantas anuales dominaron cualitativa y cuantitativamente el banco de semillas del suelo (85,37 % de las especies y 93,6 % de las semillas viables), mientras que el grupo agronómico dominante fue el de otras familias (82,9 % de las especies y 60,3 % de las semillas viables) (Tabla 1).

La riqueza de especies ($n=4$; $\chi^2=11,8$; $P<0,05$) y el número de semillas viables ($n=4$; $\chi^2=10,4$; $P<0,05$) alcanzaron valores máximos en verano y mínimos durante el invierno y la primavera. Las muestras de otoño presentaron un número intermedio de especies, aunque el número de semillas viables no presentó diferencias significativas con el invierno y la primavera (Fig. 1).

Tabla 1: Porcentajes de semillas viables y de especies pertenecientes a las formas biológicas de Raunkiaer (Th: terófitos; H: hemicriptófitos; G: geófitos; Ch: caméfitos; Nph: nanofanerófitos) y a los diferentes grupos agronómicos (Gra: gramíneas; Leg: leguminosas; Otr: otras familias).

	Formas biológicas					Grupos agronómicos		
	Th	H	G	Ch	Nph	Gra	Leg	Otr
Banco de semillas								
% de semillas	93,6	3,7	0,4	0,7	0,9	20,4	19,3	60,3
% de especies	85,4	2,4	2,4	2,4	7,3	0,8	7,3	82,9
Cubierta vegetal								
% de especies	80,8	6,4	4,3	6,4	2,1	8,5	17,0	74,5

Siguiendo la clasificación de Thompson y Grime (1979) se encontró que la mayoría de las especies poseen un banco de semillas tipo I o tipo IV. Como ejemplo de especies con banco de semillas tipo I tenemos las gramíneas *Hyparrhenia hirta*, *Bromus rubens* y *Avena barbata*, así como las arvenses *Matthiola parviflora*, *Misopates orontium*, *Ajuga iva* o *Centaurea melitensis*. Entre las especies con banco de semillas tipo IV se encuentran *Anagallis arvensis*, *Sherardia arvensis*, *Silene gallica* y *Medicago polymorpha*. Sólo dos especies (*Stipa capensis* y *Medicago minima*) poseen un banco de semillas tipo III.

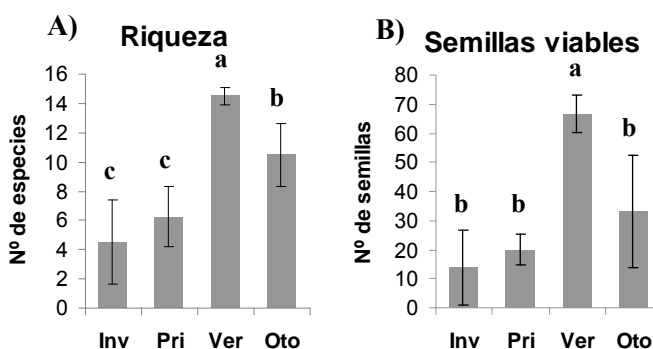


Fig. 1: Banco de semillas: A) Número medio de especies por estación; B) Número medio de semillas viables por estación. Las barras de error representan la desviación estándar de la media.

Las letras representan diferencias significativas entre grupos.

En el pasto se identificaron 47 especies, de las cuales el 80,8% fueron terófitos y, por otra parte, el 74,5% pertenecieron a otras familias (Tabla 1). Las especies más abundantes fueron *Stipa capensis*, *Matthiola parviflora*, *Medicago minima* y *M. Polymorpha*; todas ellas aparecen en más del 70% de las parcelas. El índice de similitud de Sørensen entre el banco de semillas y la cubierta vegetal fue de 0,6. El primer eje del DCA reflejó un claro gradiente de variación entre las parcelas de la cubierta vegetal por una parte y las muestras del banco de semillas, por otra, situándose a la izquierda del eje las especies detectadas solamente en el pasto (*Cynara cardunculus*, *Convolvulus althaeoides*, *Sinapsis arvensis*, *Ononis reclinata*, etc.) y a la derecha las que aparecieron únicamente en el banco de semillas (*Aizoon canariense*, *Papaver rhoeas*, *Ageratina adenophora*, *Campanula erinus*, etc.). No obstante, la distancia entre ambos grupos se mostró reducida, reflejando similitud en su composición específica. El segundo eje del DCA mostró la alta variabilidad existente en la composición de especies del banco de semillas. Aunque ésta fue mayor entre muestras tomadas en distintas estaciones del año, también se apreció entre muestras recolectadas el mismo mes (Fig. 2).

DISCUSIÓN

La riqueza y el tamaño del banco de semillas siguen la dinámica temporal detectada en los pastos mediterráneos, es decir, valores máximos en verano y mínimos en primavera e invierno (Russi *et al.*, 1992). La lluvia de semillas, producida a finales de la primavera, determina que en verano se encuentre la mejor representación cuantitativa y cualitativa del banco de semillas. Las precipitaciones otoñales tempranas son las responsables de la disminución significativa que experimentaron ambas variables en esta estación, tal y como han observado otros autores (Peco, 1989). Estas lluvias provocan la germinación de buena parte de las semillas (Espigares y Peco, 1993), por lo que su número -y el de las especies a que pertenecen- disminuye considerablemente en invierno y primavera.

La mayoría de las especies presentaron un banco de semillas *transitorio* (Tipo I), característico de ecosistemas que sometidos a una sequía estacional deben regenerarse anualmente a partir del banco de semillas durante la estación favorable (Thompson y Grime, 1979). El número de especies con banco de semillas *permanente* (Tipo IV) también fue apreciable; su reservorio de semillas, en parte independiente de la producción del año anterior y capaz de permanecer en el suelo hasta que se den las condiciones favorables para su germinación, otorga al ecosistema una mayor capacidad de regeneración ante perturbaciones (Marañón, 2001). Únicamente dos especies presentaron un banco de semillas tipo III (*transitorio de verano con una fracción permanente*), a pesar de que mantener una parte de las semillas viables durante uno o varios años resulte ventajoso en los pastos mediterráneos, debido a la impredecible distribución de las citadas lluvias otoñales (Ortega *et al.*, 1997). El hecho de que las especies con mayor número de semillas (*Stipa capensis*, *Anagallis arvensis*, *Medicago minima* y *M. polymorpha*) posean un banco *permanente* (tipo III o IV), nos lleva a pesar que su abundancia es resultado de la acumulación de sus semillas en años previos.

La estrecha relación entre el banco de semillas del suelo y la cubierta vegetal ha sido ampliamente estudiada en pastos mediterráneos (Ortega *et al.*, 1997), encontrándose índices de similitud superiores a 0.7. La menor semejanza encontrada en este pasto semiárido de La Gomera puede atribuirse a la presencia de una vegetación heterogénea con una importante participación de especies raras, difíciles de detectar en el banco de semillas, así como a la propia heterogeneidad del banco de

semillas, la cual puede estar relacionada con aquélla y con la variabilidad de las propiedades químicas del suelo (Árvalo y China, 2009).

CONCLUSIONES

El banco de semillas del suelo está dominado por especies con un ciclo de vida anual, mientras que el grupo agronómico dominante es el de otras familias. Este patrón se repite en la cubierta vegetal con la cuál presenta una notable similitud. La riqueza en especies y el tamaño del banco de semillas experimentan fluctuaciones estacionales significativas, siendo el verano la época en la que se puede encontrar una mejor representación del mismo al hallarse en él especies con banco de semillas *permanente* (tipo I) y *transitorio* (tipo IV), ambas dominantes en el banco de semillas estudiado.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación (proyecto CGL2006-06471 y beca FPU). Agradecemos la colaboración de la Consejería de Agricultura del Cabildo Insular de La Gomera, de Francisco González Valdés y de los estudiantes que nos han asistido en el trabajo de campo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARÉVALO, J. R.; CHINEA, E., 2009. Pastures seed bank composition in relation to soil nutrient content in areas under goat grazing management (Tenerife). *Journal of Food, Agriculture and Environment*, **7(3-4)**, 710-716.
- DIGBY, P. G. N.; KEMPTON R. A., 1987. *Multivariate analysis of ecological communities*. Chapman and Hall, 206 pp. New York (USA).
- ESPIGARES, T.; PECO, B., 1993. Mediterranean pasture dynamics: the role of germination. *Journal of Vegetation Science*, **4(2)**, 189-194.
- MAGURRAN, A. E., 2004. *Measuring biological diversity*. Blackwell Publication, 256 pp. Oxford (UK).
- MAJOR, J.; PYOTT, W. T., 1966. Buried viable seeds in two California bunch grass sites and their bearing on the definition of the flora. *Vegetatio*, **13**, 253-282.
- MARAÑÓN, T., 2001. Ecología del banco de semillas y dinámica de comunidades mediterráneas. En *Ecosistemas mediterráneos, análisis funcional*, 153-180. Ed. R. ZAMORA, F. I. PUGNAIRE. CSIC-AEET. Granada (España).
- MUELLER-DOMBOIS, D.; ELLENBERG, H., 1974. *Aims and methods of vegetation ecology*. John Wiley & Sons, 547 pp. New York (USA).
- ORTEGA, M.; LEVASSOR, C.; PECO, B., 1997. Dynamics of Mediterranean pasture seed bank along environmental gradients. *Journal of Biogeography*, **24(2)**, 177-195.
- PECO, B., 1989. Modelling Mediterranean pasture dynamics. *Vegetatio*, **83(2)**: 269-276.
- ROBERTS, H. A., 1981. Seeds banks in soils. *Advances in Applied Biology*, **6(1)**, 1-55.
- RUSSI, L.; COCKS, P. S.; ROBERTS, E. H., 1992. Seed bank dynamics in a Mediterranean grassland. *Journal of Applied Ecology*, **29(3)**, 763-771.
- TER BRAAK C. J. F.; ŠMILAUER, P., 1998. *CANOCO Reference Manual and User's Guide to Canoco for Windows: Software for Canonical Community Ordination (version 4)*. Microcomputer Power, 352 pp. New York (USA).

THOMPSON, K.; GRIME, J. P., 1979. Seasonal variation in the seed banks of herbaceous species in ten contrasting habitats. *Journal of Ecology*, **67(3)**, 893-921.

VISAUTA, B., 2007. *Análisis estadístico con SPSS 14*. McGraw Hill, 281 pp. Madrid.

ZAR, J.H., 1984. *Biostatistical analysis*. Prentice-Hall, 718 pp. New Jersey (USA).

SOIL SEED BANK SEASONAL VARIATION AND SIMILARITY WITH THE STANDING VEGETATION IN A PASTURE OF LA GOMERA (CANARY ISLANDS)

SUMMARY

The qualitative and quantitative composition of the germinable soil seed bank and its seasonal variability were studied in a semiarid pasture of La Gomera (Canary Islands). Composed soil samples were collected in each season and the soil seed bank composition was determined by greenhouse germination during twelve months. The species composition of the standing vegetation was recorded in 1 m² plots.

We identified a total of 41 species in the soil seed bank and 47 species in the standing vegetation. Sørensen similarity index between one another was 0.63. Therophytes species dominated both, the soil seed bank and the standing vegetation, being the agronomic group 'other families' (neither grasses nor leguminous) the most abundant. Most of the species had a transient type of seed bank (Type I) or persistent one (Type IV). Summer (after the seed rain) was the season with the highest number of seeds and species richness, whereas winter and spring (after germination exploitation following autumnal precipitations) were the seasons with the lowest germinable seeds and number of species.

Key words: DCA; richness; seed number; similarity; species composition.

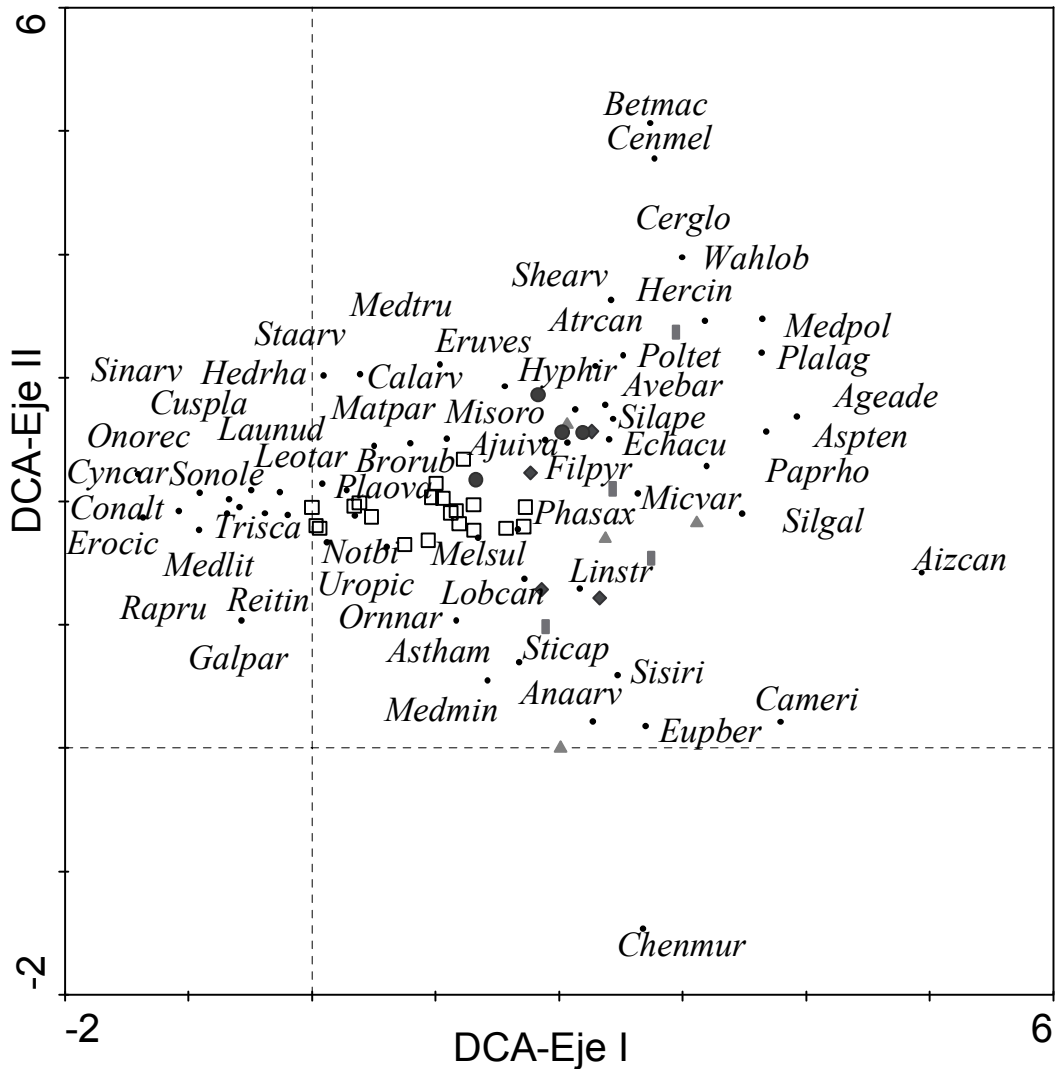


Fig. 2: Análisis de correspondencias corregido (Detrended Correspondence Analysis, DCA) basado en la presencia de especies en el banco de semillas del suelo y en la vegetación aérea. Las especies están representadas por las tres primeras letras del género y del epíteto específico; □ Parcelas de la cubierta vegetal (pasto); ● Banco de semillas de verano; ▲ Banco de semillas de primavera; ◆ Banco de semillas de otoño; ▮ Banco de semillas de invierno. Autovalor para el eje I: 0,394; autovalor para el eje II: 0,280; porcentaje acumulado de la inercia para los ejes I y II: 16,6.

USO DE LODOS DE DEPURADORA DE INDUSTRIA LÁCTEA COMO FERTILIZANTES EN PRADERAS: EFECTOS EN LA PRODUCCIÓN Y COMPOSICIÓN BOTÁNICA

M.J. BANDE CASTRO^{1,2}, M.J. SAINZ OSÉS¹ Y M.E. LÓPEZ MOSQUERA¹

¹Departamento de Producción Vegetal. Universidad de Santiago de Compostela. Campus Universitario s/n. 27002 Lugo (España). ²Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo. Instituto Gallego de Calidad Alimentaria. Apartado 10. 15080 A Coruña (España)

RESUMEN

Se realizó un ensayo en Villalba-Lugo (NO España) durante dos años en parcelas experimentales de 400 m² para estudiar el potencial fertilizante de los lodos procedentes de depuradora de industria láctea en la producción y composición botánica de una pradera. Los tratamientos aplicados fueron: parcelas sin fertilizar, fertilizadas con lodos, con lodos suplementados con sulfato potásico y parcelas con abonado mineral. Los resultados demostraron el interés de este residuo como fertilizante, ya que se obtuvieron buenas producciones en cortes de silo y pastoreos, comparables a las obtenidas con el abonado mineral. Además de suponer el reciclado del residuo, la introducción de lodos de industria láctea como fertilizante en praderas puede suponer un ahorro al agricultor en fertilizantes químicos y la formación de un ciclo cerrado de producción, saliendo de la fábrica y volviendo a ella en forma de leche cuando es empleado en explotaciones lecheras, lo que, desde el punto de vista medioambiental y de desarrollo sostenible, es la postura más viable y adecuada.

Palabras clave: abonado orgánico, rendimiento de forraje, raigrás, trébol, holco.

INTRODUCCIÓN

La vía de eliminación más aceptada de los lodos de distintos orígenes es su reciclaje como fertilizantes en terrenos agrícolas, forestales o espacios degradados, ya que, además de eliminar un residuo, se aprovechan los elementos fertilizantes y compuestos orgánicos que poseen, mejorando la capacidad productiva de los suelos (Sommers, 1977; Khaleel *et al.*, 1981) y convirtiéndose así en recursos.

Dentro de los residuos industriales se incluyen los lodos procedentes de agroindustrias, como las industrias transformadoras y envasadoras de leche. Estas factorías generan efluentes compuestos por restos de leche, agua y productos de limpieza de las instalaciones, que han sido y son ampliamente utilizados directamente para el riego y fertilización de terrenos agrícolas (Brown *et al.*, 1990; López Mosquera *et al.*, 1998a), actuando el suelo como sistema depurador (Buson, 1992). Para reducir su volumen, antes de su aplicación en campo, los efluentes normalmente son tratados en las propias industrias a través de un sistema de depuración, generándose un lodo semilíquido rico en macronutrientes, especialmente N y P, y bajo contenido en metales (De Lauzanne y Merillot, 1986).

En Galicia (noroeste de España), donde se genera el 37% de la producción láctea nacional, las industrias transformadoras y envasadoras de productos lácteos originan grandes volúmenes de lodos, parte de los cuales se han venido aplicando regularmente en praderas de explotaciones de vacuno de leche próximas a la industria generadora durante los últimos 18 años (Moirón *et al.*, 1997; López Mosquera *et al.*, 1998a; López Mosquera *et al.*, 1998b). Eliminando así los lodos, se consigue un ciclo cerrado de producción: los lodos de la industria láctea fertilizan las praderas cuyo forraje alimentará al

ganado vacuno que producirá la leche transformada por la empresa. El objetivo de este trabajo fue estudiar el potencial fertilizante de los lodos procedentes de depuradora de industria láctea en la producción y composición botánica de una pradera en los dos primeros años de producción.

MATERIAL Y MÉTODOS

Diseño del ensayo de campo

Se llevó a cabo un ensayo de campo en una parcela de 1 ha situada en una explotación de vacuno en Villalba (Lugo, España 43°19'42,5''N, 7° 37'7,1''W). El suelo de cultivo era un Cambisol húmico, de textura franco-arenosa, con una pendiente menor del 2%, en el que se implantó una pradera de raigrás inglés (*Lolium perenne* L. var. Barbestra) y trébol blanco (*Trifolium repens* L. var. Huia), para realizar un corte de silo en primavera y pastoreo el resto del año.

Tras el establecimiento en otoño, a la salida del invierno se delimitaron 16 subparcelas de 10 m x 40 m cada una, tamaño elegido para que los lodos pudiesen ser esparcidos con cisterna en un único pase. En las subparcelas se establecieron los siguientes tratamientos distribuidos al azar (4 réplicas por tratamiento): T0 (parcelas control sin fertilizar), T1 (lodos de industria láctea), T2 (lodos de industria láctea suplementados con potasio) y T3 (abonado mineral NPK). La dosis de lodo utilizada fue de 160 m³ ha⁻¹ y se fraccionó en dos aplicaciones iguales (marzo y junio). La suplementación con potasio del tratamiento T2 consistió en la aplicación de 175 kg ha⁻¹ de sulfato potásico (50% K₂O) en marzo y 120 kg ha⁻¹ en junio. Para el abonado NPK se usó el complejo 15-15-15 en marzo (675 kg ha⁻¹) y nitrato amónico del 20,5%N (290 kg ha⁻¹) con sulfato potásico del 50% K₂O (120 kg ha⁻¹) en junio.

El lodo fue suministrado por la industria envasadora de leche UHT Lactalis-Leche de Galicia, S.A., ubicada en las proximidades de la explotación. Sus principales características se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Principales características químicas y fisicoquímicas y contenido en metales del lodo empleado en el ensayo en las tres fechas de fertilización.

Propiedades generales	1 ^{er} año		2 ^o año	Metales	1 ^{er} año		2 ^o año	Límite U.E.*
	Marzo	Junio	Marzo		Marzo	Junio	Marzo	
Extracto seco (g L⁻¹)	11,8	15,4	12,4	Cr (mg kg⁻¹)	17,3	20,2	12,7	1000
pH	7,3	7,3	7,0	Ni (mg kg⁻¹)	8,9	12,9	19,0	300
C.E. (dS m⁻¹)	2,2	3,7	3,3	Cu (mg kg⁻¹)	47,8	65,9	28,5	1000
C (%)	33,9	33,7	33,8	Zn (mg kg⁻¹)	427,2	475,1	443,8	2500
S (%)	0,2	0,2	—	Cd (mg kg⁻¹)	0,2	0,4	1,0	20
N (%)	6,4	6,1	6,0	Hg (mg kg⁻¹)	0,3	0,1	—	16
C/N	5,3	5,5	5,6	Pb (mg kg⁻¹)	13,7	15,3	19,0	750
P (%)	1,4	1,5	2,5					
K (%)	1,3	1,1	0,9					
Na (%)	4,4	3,1	3,8					
Ca (%)	2,0	2,2	2,1					
Mg (%)	0,3	0,3	0,4					

*Para suelos con pH<7 (Directiva 86/278/CEE, 1986).

El lodo presentaba importantes contenidos en N, P y Ca, altos en Na y elevada conductividad eléctrica. La relación C/N era baja, lo que indicaba que se trataba de un residuo fácilmente mineralizable. Los niveles de metales estaban muy por debajo de los límites permitidos por la legislación europea para aplicación de lodos de depuración en el sector agrario.

Estimación de la producción y composición botánica

Se estimó la producción de forraje en el corte de silo de primavera del primer y segundo año de producción de la pradera y en dos pastoreos realizados el primer año (septiembre y noviembre). En el centro de cada parcela se cortó con rotativa el forraje correspondiente a una superficie de 5 m², que se pesó en fresco en campo con un dinamómetro, recogiendo también una muestra de 500-1000 g. Para la estimación del forraje en pastoreo, se realizó el corte inmediatamente antes de meter al ganado. Para estimar la producción de materia seca, una submuestra de 100 g de cada parcela se secó en estufa a 65°C durante 48 horas. En otra submuestra de 100 g, se hizo separación botánica de las dos especies sembradas (raigrás inglés y trébol blanco) y de holco (*Holcus lanatus* L.), una arvense que se introdujo en muy alta proporción en el cultivo, y se determinó el peso seco de cada una.

Los datos fueron sometidos a un análisis de varianza de una vía, comparando las medias mediante el test de la diferencia mínima significatitva (DMS) para p<0,05.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

No hubo diferencias significativas en la producción de forraje en el corte de silo del primer año entre las parcelas fertilizadas con lodos, con o sin suplementación de K, y las que recibieron abonado mineral (Fig. 1). En el segundo año, la producción del corte de silo fue muy baja en todos los tratamientos, debido principalmente a que la pradera sufrió un fuerte ataque de túpula en marzo y a que cayeron escasas precipitaciones, sobre todo en comparación con el año anterior; en este segundo año, las parcelas abonadas con lodos con suplementación de K proporcionaron mayor producción que las de fertilización mineral (Fig.1).

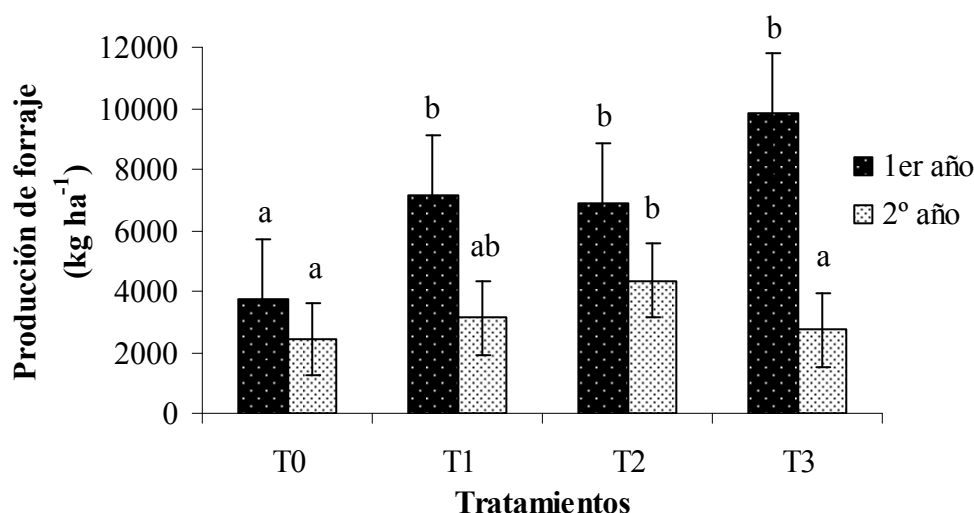


Figura 1. Producción de forraje en el corte de silo de primavera del primer y segundo año de producción de la pradera en los tratamientos T0: control, T1: lodo, T2: lodo suplementado con sulfato potásico, y T3: fertilización NPK. En cada año, barras con distinta letra indican diferencias significativas para p<0,05.

En el primer corte simulado de pastoreo, realizado en septiembre del primer año, los resultados de producción de forraje fueron similares a los del corte de silo, es decir idénticas producciones en los dos tratamientos con lodos y en el de abonado mineral (Fig. 2). El segundo corte simulado de pastoreo, llevado a cabo en noviembre, produjo menos de 1000 kg/ha de forraje en todos los tratamientos.

Las praderas cambian su composición botánica debido a las distintas relaciones de competencia que se establecen entre las especies que la componen, o por la aparición de otras en función de los distintos factores edafoclimáticos y de manejo a lo largo de tiempo. En el corte de silo del primer año, el forraje estuvo compuesto mayoritariamente por raigrás inglés, con escasa presencia del trébol, con excepción del tratamiento en el que se aplicaron lodos de láctea suplementados con K, que presentó porcentajes de trébol en el forraje significativamente superiores a los de los demás tratamientos (datos no mostrados). Es bien conocido que, en la asociación del raigrás inglés y el trébol blanco, el raigrás es el competidor más fuerte por el fósforo y el potasio (Dunlop *et al.*, 1979), por ello la aplicación de potasio puede favorecer el establecimiento e incrementar la proporción de trébol blanco en el forraje (Jones, 2006).

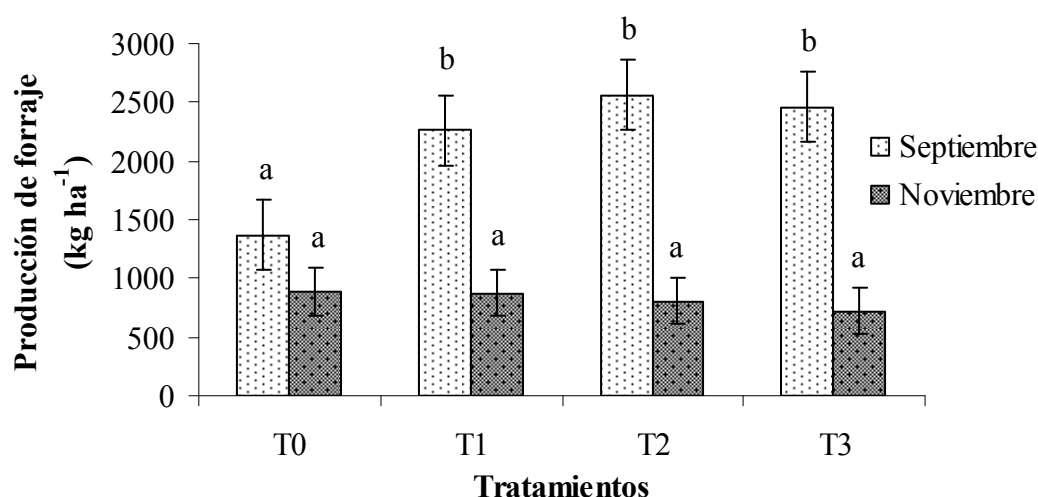


Figura 2. Producción de forraje en los cortes simulados de pastoreo del primer año de producción de la pradera en los tratamientos T0: control, T1: lodo, T2: lodo suplementado con sulfato potásico, y T3: fertilización NPK. En cada corte, barras con distinta letra indican diferencias significativas para $p < 0,05$.

En los dos cortes simulados de pastoreo, el trébol disminuyó notablemente en todos los tratamientos respecto a lo observado en el corte de silo, especialmente en las subparcelas que recibieron abonado mineral (datos no mostrados). Este descenso se relacionó con un periodo de sequía en el mes de agosto, que llevó a la introducción en el forraje de otoño de todos los tratamientos de holco, una mala hierba agresiva que puede llegar a ser dominante si no se controla y que tolera suelos de baja fertilidad (Barker y Collins, 2003).

De hecho, en el corte de silo del segundo año, se observó un descenso de las especies sembradas, raigrás inglés y sobre todo trébol blanco (que prácticamente desapareció), y un aumento del holco y otras malas hierbas, respecto al mismo corte del año anterior (Fig. 3). A la desaparición de trébol en

el forraje, probablemente contribuyó no solo la competencia del raigrás, el holco y otras malas hierbas, sino también la sequía del año anterior y el ataque de títula sufrido en marzo. Las parcelas que recibieron lodos de industria láctea sin suplemento de K presentaron mayor contenido en raigrás y menor en holco que las abonadas con lodos + K ó con fertilizantes minerales.

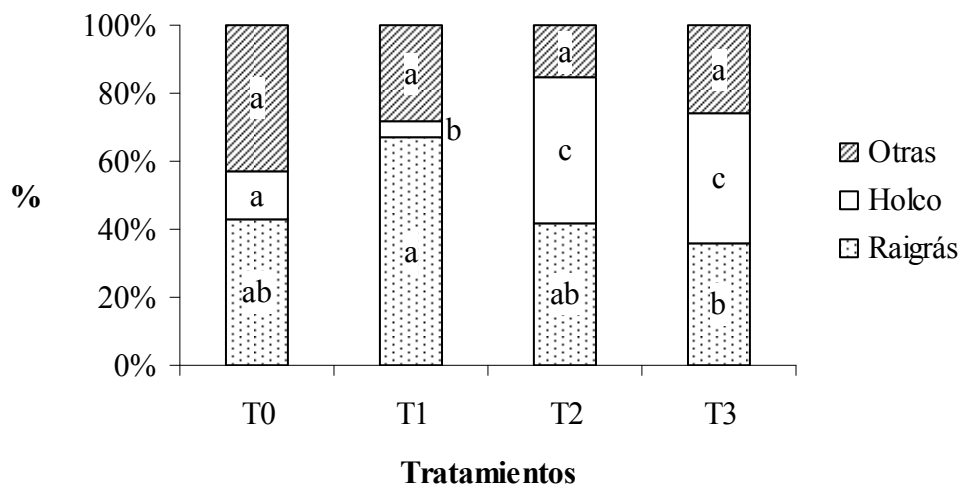


Figura 3. Composición botánica del forraje en el corte de silo del segundo año de producción de la pradera en los tratamientos T0: control, T1: lodo, T2: lodo suplementado con sulfato potásico, y T3: fertilización NPK. En cada tratamiento, porciones de barra de cada grupo botánico con distinta letra indican diferencias significativas para $p < 0,05$.

CONCLUSIONES

El lodo de industria láctea puede tener un alto valor fertilizante en praderas de raigrás inglés y trébol blanco, ya que puede proporcionar producciones comparables a las obtenidas con abonado mineral convencional y facilitar el establecimiento del trébol blanco cuando se suplementa con potasio, nutriente en el que es deficitario. Además de reciclar un residuo, la aplicación de lodos de lácteas en praderas puede suponer al agricultor un ahorro en fertilizantes químicos y el establecimiento de un ciclo cerrado de producción, saliendo de la fábrica y volviendo a ella en forma de leche.

AGRADECIMIENTOS

A la industria Lactalis-Leche de Galicia, S.A. por poner a nuestra disposición los lodos aplicados y a D. Moisés Carballeira por dejarnos una de las fincas de su explotación para realizar el ensayo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARKER D.K., COLLINS M., 2003. Forage fertilization and nutrient management. En: *Forages, an introduction to grassland agriculture*. Vol. 1. 6ª edición. Eds. R.F. BARNES, NELSON C.J.; COLLINS M.; MOORE K.J. Iowa State Press, A Blackwell Publishing Ltd., Ames, Iowa (USA), pp. 263-293.
- BROWN, J.R.; BOUGH, W.A.; HOENSHELL, C., 1990. Use of lime-stabilized dairy-plant waste for forage production. *Journal of Production Agriculture* 3, 340-344.
- BUSON CH., 1992. La station d'épuration agronomique. Hydraulique agricole. *Courants* 17, 2-7.
- DE LAUZANNE, R.; MERILLOT, J.M., 1986. La valorisation agricole des boues de laiterie. *Agence Nationale pour la Récupération et l'Élimination des Déchets (ANRED)*, France.

DUNLOP J., GLASS A.D.M., TOMKINS B.D. ,1979. The regularion of K^+ uptake by ryegrass and white clover roots in relation to their competition for potassium. *New Phytologist* **83**: 365-370.

JONES P.D., 2006. The effect of potassium on establishment and seedling vigour. *Grass and Forage Science* **20**: 255-257.

KHALEEL, R.; READDY, K.R.; OVERCASH, M.R., 1981. Changes in soil physical properties due to organic waste application: A review. *Journal of Environmental Quality* **10**, 133-141.

LÓPEZ MOSQUERA, M.E.; MOIRÓN, C.; CARRAL, E., 1998a. Effects of dairy-industry sludge fertilization on mixed field production and on their botanical composition. Seminar notes of Research Conference FAO/CIHEAM European 1998. *Lowland grasslands of Europe: Utilisation and development*. A Coruña. Spain.

LÓPEZ MOSQUERA, M.E.; MOIRÓN, C.; CARRAL, E., 1998b. Recycling of sludges comino from a dairy industry in agricultura areas. *Actas V Congreso Internacional de Química de la ANQUE. Solid, Liquid and Gaseous Wastes: their Best Destination (III)*. Tomo II, 205-214.

MOIRÓN, C.; CARRAL, E.; LOPEZ MOSQUERA, M.E., 1997. Métaux lourds contenus dans les sols fertilisés avec des boues d'une industrie agroalimentaire. *Deuxième Colloque Internacional de Recherche sue les sous-produits de traitement et d'épuation des fluides*. Tome 2, 382-393.

SOMMERS, L.E., 1977. Chemical composition of sewage sludges and analysis of their potencial use as fertilizers. *Journal of Environmental Quality* **6**, 225-232.

USE OF DAIRY SLUDGE AS FERTILIZER IN SOWN MEADOWS: EFFECTS ON FORAGE PRODUCTION AND BOTANICAL COMPOSITION

SUMMARY

A field trial was conducted during two years in experimental plots of 400 m² in Villalba (Lugo, NW Spain) to study the fertilizing potential fertilizer of dairy sludge on forage production and botanical composition of sown meadows. The treatments were: unfertilized plots, fertilized with sludge, sludge supplemented with potassium sulfate and mineral fertilizer plots. Results demonstrated the usefulness of this waste as fertilizer, since good yields were obtained in silage cuts and grazing, comparable to those achieved with mineral fertilization. Besides posing waste recycling, the introduction of dairy sludge as fertilizer in sown meadows can result in savings to farmers on chemical fertilizers and the formation of a closed cycle of production, leaving the factory and returning to it in the form of milk when employed on dairy farms, which, from the standpoint of environmental and sustainable development, is the most viable and appropriate posture.

Key words: organic fertilizer, forage yield, perennial ryegrass, clover, common velvetgrass.

COMPATIBILIDAD DEL USO GANADERO CON LA CONSERVACIÓN DE LA RIQUEZA DE ANFIBIOS EN BALSAS GANADERAS

L. SAN EMETERIO¹, R.M. CANALS¹, V. FERRER², E. VILLANUEVA¹ Y A. IRIARTE²

1 Dpto. Producción Agraria, Universidad Pública de Navarra, Campus Arrosadia s/n. 31006 Pamplona. 2 BELARDI Consultoría. C/Batondoa 3 entreplanta B. Burlada (Na)

RESUMEN

Las balsas construidas por el hombre con fines agroganaderos contribuyen al aumento de la riqueza de anfibios en zonas donde los humedales naturales son escasos. Esta doble funcionalidad requiere mantener las características de hábitat necesarias para la reproducción de los anfibios y al mismo tiempo asegurar un suministro de agua de calidad para el consumo del ganado. Una de las recomendaciones para lograr ambos fines es el cercado de las balsas para evitar el acceso directo del ganado. Este estudio valora la eficacia de esta medida y la compatibilidad del uso ganadero con el mantenimiento de la biodiversidad de anfibios en siete balsas de diferente diseño ubicadas en el Parque Natural Urbasa-Andia en Navarra.

Palabras clave: balsas ganaderas, calidad agua, anfibios, conservación

INTRODUCCION

En los últimos años ha surgido un inusitado interés por el papel que pueden desempeñar las balsas agroganaderas en la conservación de la vida salvaje, en especial referencia a las aves migratorias, los mamíferos y los anfibios (Knutson *et al.*, 2004). Aunque se trata de ecosistemas artificiales, proporcionan hábitats alternativos para la supervivencia de diversas especies de fauna en zonas donde la disponibilidad de humedales naturales es escasa.

Para que las balsas ganaderas cumplan esta doble funcionalidad, se requiere por una parte mantener las características adecuadas para la supervivencia de las especies salvajes, y al mismo tiempo asegurar un suministro de agua de calidad al ganado. En el caso de los anfibios, las balsas deben asegurar un hábitat adecuado para la reproducción y el desarrollo larval de las especies. En la actualidad, las poblaciones de anfibios se encuentran en declive mundial, en gran parte debido a la acción del hongo patógeno *Batrachochytrium dendrobatidis*. El éxito reproductivo y la supervivencia de los anfibios dependen además de otros factores como son la destrucción del hábitat, el cambio climático, los depredadores, los contaminantes y la introducción de especies exóticas (Blaustein y Kiesecker, 2002). La calidad del agua es también un factor importante. Así, los compuestos nitrogenados disueltos pueden afectar el desarrollo y la supervivencia de los anfibios, aunque el umbral de toxicidad del nitrógeno en agua depende de las especies implicadas.

Respecto al ganado doméstico, el agua es el nutriente más importante para su crecimiento y bienestar, por lo que un suministro de agua de calidad es esencial. Asegurar este suministro es problemático en muchos sistemas ganaderos extensivos, donde las aguas provienen de fuentes naturales no controladas y pueden permanecer estancadas en reservorios inadecuados durante largo tiempo. El consumo de agua de dudosa calidad microbiológica conlleva riesgos tanto para la salud animal como para la humana en caso de consumirse productos animales crudos. Además el agua de mala calidad ocasiona una disminución de la producción animal, al reducirse el consumo voluntario de agua y, consecuentemente, la ingesta de sólidos (Lardner *et al.*, 2005).

La Sierra de Urbasa es un marco ideal para examinar los conflictos que pueden surgir al gestionar una misma balsa con dos finalidades distintas. Ubicada en el sector occidental de Navarra a una altitud media de 950 m, cuenta con un alto valor medioambiental y una gran tradición pastoral. Su litología calcárea y la intensa precipitación han favorecido el desarrollo de paisajes kársticos, por lo que el área cuenta con un gran número de acuíferos pero con una escasez patente de aguas superficiales. La declaración en 1997 de Parque Natural, junto con la sierra de Andía, implicó un giro en la gestión hacia enfoques de conservación medioambiental. Así, en medios acuáticos, los esfuerzos conservacionistas se centraron en el tritón alpino (*Triturus alpestris*), especie emblemática que, aunque bien distribuida en el centro y este de Europa, está amenazada en la Península Ibérica. En la actualidad, el Parque recomienda la construcción de balsas naturalizadas que cumplan a la vez objetivos conservacionistas y ganaderos. Este estudio pretende valorar si los intereses ligados a la producción ganadera y los intereses de conservación de anfibios son compatibles en el diseño de las balsas ganaderas, y si realmente es posible mantener esta ambivalencia de usos.

MATERIAL Y MÉTODOS

Selección y descripción de las balsas

En la Sierra de Urbasa se encuentran 27 balsas de las 45 catalogadas en el Parque Natural. Doce de ellas están cercadas y conectadas a abrevaderos mientras que en las 15 restantes el ganado tiene libre acceso. Para el presente estudio se seleccionaron siete balsas de diferentes características constructivas, que se detallan en la Tabla 1.

Tabla1. Características de las balsas muestreadas

		Raso Urbasa	Bardoitza	Bekosare	Olaberri	Majadas Alsasua	Mármol	Ilusiar
Localiz.	Coordenadas	570677, 4741310	574725, 4741308	575460, 4746123	568035, 4744756	570365, 4743162	570924, 4745893	578803, 4744002
Características de la construcción	Año de construcción	antes de 1950	antes de 1950	antes de 1950	antes de 1950	antes de 1950	1998	2005
	Cercado	No	No	Alambre	Alambre	Muro de piedra	Malla y alambre Polietileno	Malla y alambre
	Sellado	No	No	No	No Lluvia,	No	Lluvia y	Bentonita
	Origen del agua	Lluvia	Lluvia y escorrentía	Lluvia y manantial	escorrentía manantial	Acuífero y lluvia	escorrentía	Manantial y lluvia
	Superficie (m ²)	875	825	1950	260	1200	540	1000
	Profundidad media (cm)	30	60	>130	>130	>130	>200	>200
	Permanencia	Temp.	Perm.	Perm.	Perm.	Perm.	Perm.	Perm.
	Número de abrevaderos	0	0	1	1	2	1	1
Vegetación acuática (%)	Flotante	0	0	<5	0	<25	0	0
	Sumergida	<25	25-75	<25	>75*	>75	>75*	<25
	Orilla	H* >75 A** <25	>75 <25	>75 <25	<25 >75	<25 >75	>75 <25	>75 <25
Comunidad circundante		Pasto herbáceo	Pasto herbáceo	Claro de bosque	Hayedo	Pasto herbáceo	Hayedo	Matorral
Predadores	Peces	0	0	0	1	0	0	0
	Crustáceos	0	0	1	0	0	0	0

*H, Herbácea; **A, Arbustiva

Muestras de agua y análisis de calidad

Se tomaron muestras de agua en dos periodos diferentes del año 2009: antes del acceso del ganado al Parque (abril- primeros mayo) y a mitad del periodo de pastoreo (finales julio-principios agosto). No fue posible recoger muestra de agua en verano en una de las balsas sin cierre ya que se secó. En total se tomaron 13 muestras en botellas esterilizadas de polipropileno de 1,5 L de capacidad. Las muestras se refrigeraron, se transportaron al laboratorio y se analizaron antes de las 24 horas. Se midieron distintos parámetros físicos, químicos y microbiológicos de los que presentamos en este estudio los compuestos inorgánicos nitrogenados y los valores de calidad microbiológica. (coliformes totales, enterococos, y los patógenos entéricos *Escherichia coli* y *Clostridium perfringens*). Los análisis fueron realizados por el Laboratorio de Salud Pública del Instituto de Salud Pública del Servicio Navarro de Salud, acreditado por la ENAC y según normativa estandarizada.

Riqueza de anfibios

Para conocer las especies de anfibios presentes en cada balsa se recopilaron los datos recogidos por distintos especialistas que han trabajado en la zona en los últimos veinte años (Alcalde y Patiño, 1989; Gosá *et al.*, 2004; Cárcamo, 2008).

RESULTADOS

Calidad de agua

Nitrógeno. El acceso del ganado a la balsa es un factor determinante del aumento de la concentración de nitrógeno en agua. En la figura 1 se comparan los valores de la balsa no cercada con la media de las balsas cercadas, tanto antes como durante el pastoreo. Los picos de máxima concentración de nitrato (1,5 mg/L) y amonio (5,7 mg/L) ocurren durante el verano en la balsa abierta. Los valores de nitrato están por debajo del límite recomendado para consumo de ganado (<44 mg/L). En cuanto a los nitritos, su concentración se mantiene por debajo de los 0,04 mg/L en todos los casos.

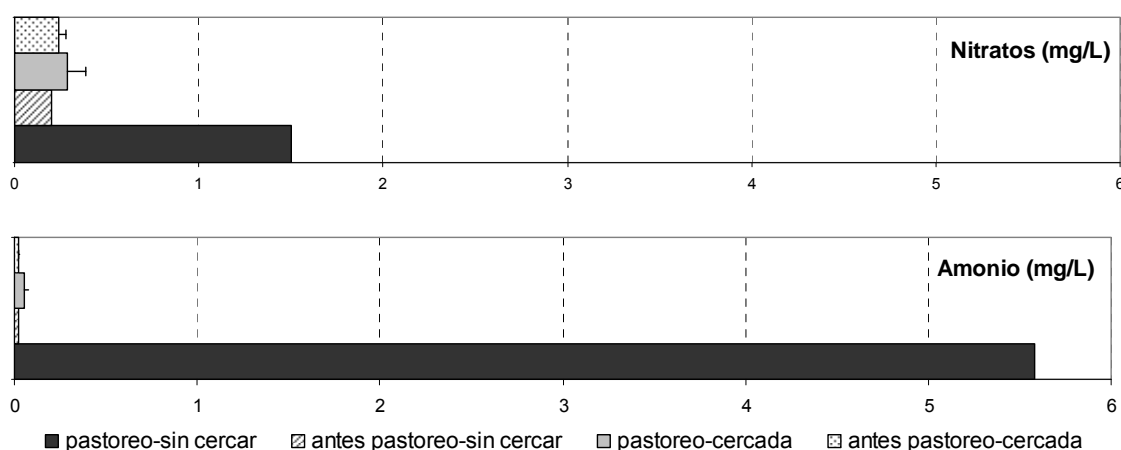


Figura 1. Concentraciones de nitratos y amonio en las balsas muestreadas antes y durante el pastoreo. Las barras de error indican un error estándar.

Parámetros microbiológicos. En términos generales la calidad microbiológica del agua es aceptable antes de la temporada de pastoreo. En plena temporada pastoral, sin embargo, se observan picos muy altos de coliformes totales (>20.000 unidades formadoras de colonias UFC/100mL), enterococos (>140 UFC/100mL) y *E. coli* (>2.000 UFC/100mL) tanto en balsas cercadas como en la no

cercada, pero siendo mucho más elevados en esta última (Figura 2). Todos estos valores están muy por encima de los valores de referencia recomendados para agua de bebida (<10 UFC/100mL). En el caso del anaerobio fecal *C. perfringens* se encuentran índices de contaminación relevantes tanto antes como durante el pastoreo y en balsas cercadas y sin cercar. Este comportamiento diferencial podría deberse a que *C. perfringens* forma esporas muy resistentes a estreses medioambientales, pudiendo persistir en el agua durante periodos más largos que otras bacterias indicadoras (Medema *et al.*, 1997).

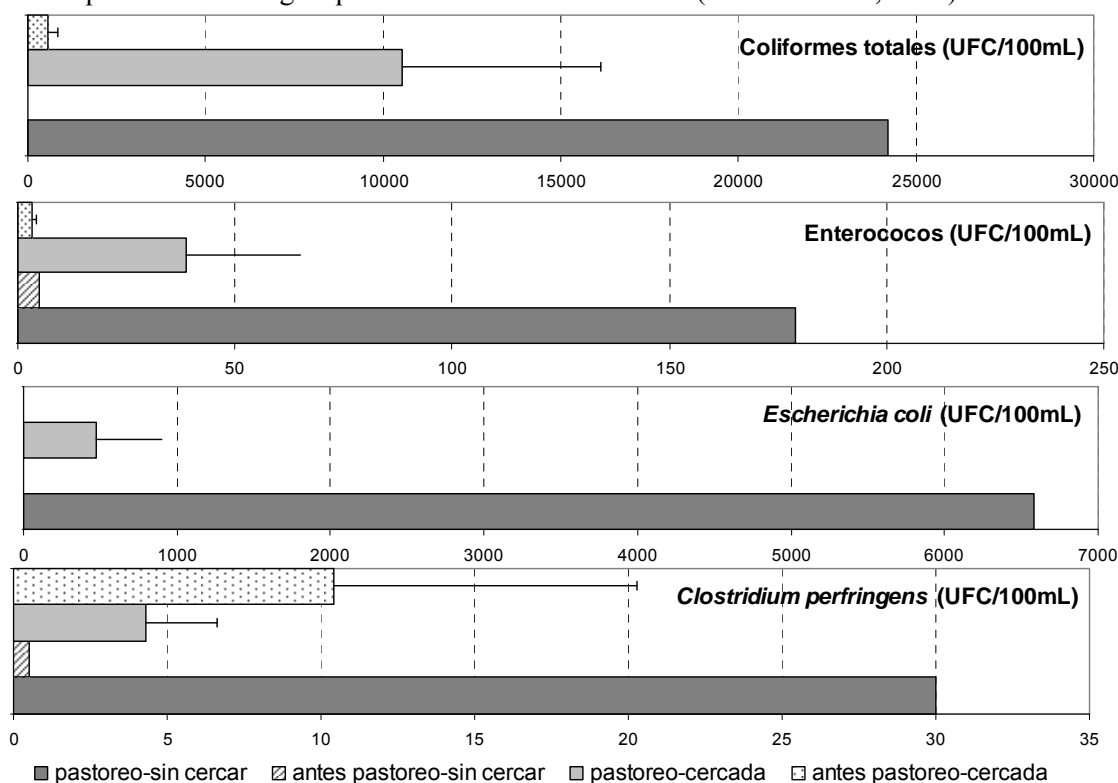


Figura 2. Calidad microbiológica del agua de las balsas muestreadas antes y durante el pastoreo.

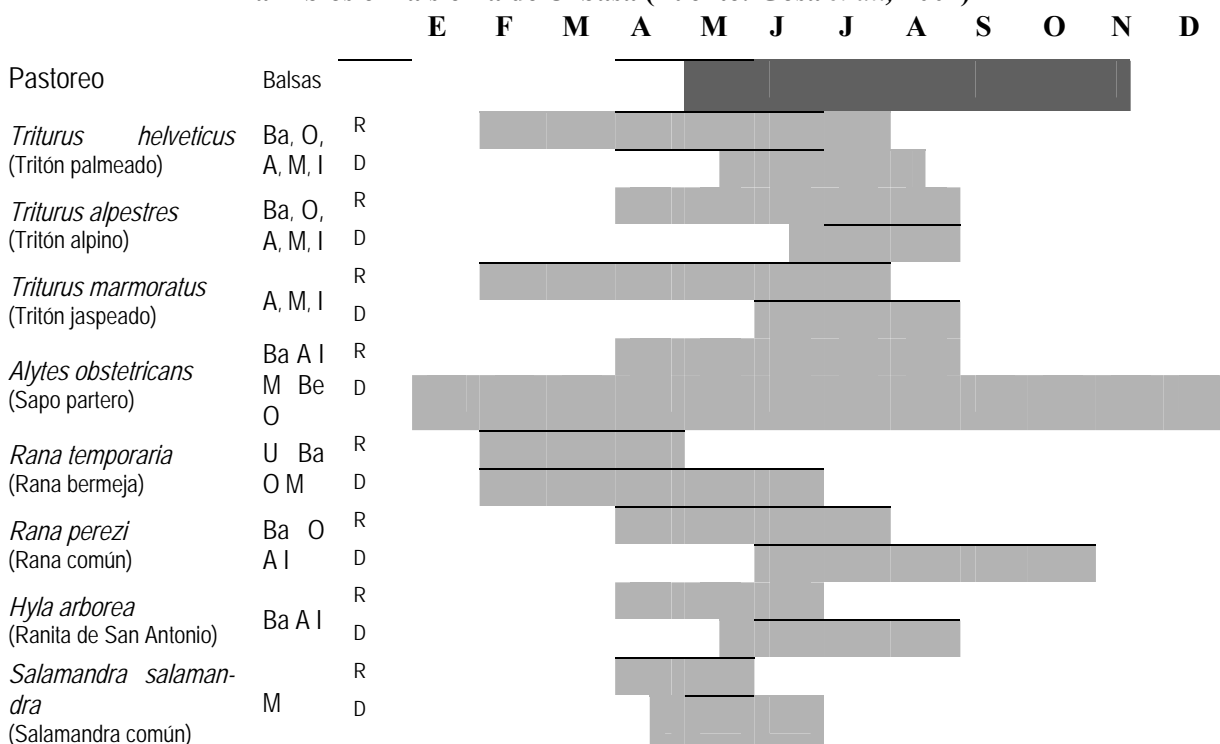
Las barras de error indican un error estándar.

Riqueza de anfibios. En las 7 balsas muestreadas se han citado 8 de las 11 especies de anfibios presentes en la Sierra de Urbasa (Tabla 2). En 4 balsas se han inventariado hasta 6 especies, mientras que en las balsas Raso de Urbasa y Bekosare se ha inventariado una única especie. En cuanto a la fenología de las poblaciones de anfibios de la Sierra de Urbasa, la época reproductiva se concentra principalmente entre los meses de abril y agosto (Tabla 2).

DISCUSIÓN

Los resultados confirman que el acceso directo del ganado a las balsas ocasiona la degradación de la calidad del agua, tanto química como microbiológica, lo que puede conllevar efectos negativos para el ganado y para las poblaciones de anfibios. En el muestreo de primavera, antes del comienzo del periodo de pastoreo, la calidad del agua de las balsas sin cercar es buena y similar a la de las balsas cercadas. Sin embargo, a mitad del periodo de pastoreo la calidad del agua de la balsa abierta disminuye drásticamente debido al aumento de la concentración de nitrógeno y a los altos índices microbiológicos. Previsiblemente, la principal fuente de contaminación es la orina y las heces del ganado. Además, la balsa abierta, al contrario que las balsas cercadas, no dispone de una franja de vegetación alrededor de sus orillas que frene la llegada de sedimentos y nutrientes al vaso.

Tabla 2. Periodo de pastoreo y época de reproducción (R) y desarrollo (D) de las especies de anfibios en la sierra de Urbasa (Fuente: Gosá *et al.*, 2004)



U, Raso Urbasa; Ba, Bardoitza; Be, Bekosare; O, Olaberri; A, Majadas de Alsasua; M, Mármol; I, Ilusiar

La eliminación del acceso directo del ganado a la balsa mediante el cercado es la medida de diseño más eficaz para evitar el aumento de los niveles de nitrógeno en agua. En el caso del ganado, es probable que la ingesta voluntaria de agua disminuya debido a los efectos colaterales que la degradación química produce (mal olor y gusto, turbidez, etc.), a pesar de que no se lleguen a valores umbrales de toxicidad por nitratos y nitritos. Respecto a los anfibios, aunque su umbral de tolerancia al nitrógeno disuelto es bastante inferior a la del ganado doméstico, sorprende observar cómo la balsa con mayor concentración de nitrógeno en verano (Bardoitza), acoge una importante riqueza de anfibios. Hemos considerado dos posibles explicaciones: 1) el momento de mayor sensibilidad de los anfibios a la contaminación por nitrógeno (fase larvaria temprana, Shinn, *et al.*, 2008) se corresponde con aguas primaverales de mayor calidad y 2) otros factores pueden resultar más determinantes para la supervivencia de las poblaciones de anfibios. A este respecto, las dos balsas que presentan una única especie de anfibio se caracterizan por 1) albergar cangrejos, un predador eficaz (Bekosare), o 2) sufrir un déficit hídrico estacional (Raso de Urbasa). En este último caso, la única especie de anfibio presente, *Rana temporaria*, acaba su época reproductora a finales de abril antes del secado de la balsa.

Del estudio también se desprende que el control de la carga microbiana del agua en balsas ganaderas es muy difícil. Los cierres periféricos, aunque evitan la entrada de ganado doméstico, no pueden impedir el acceso a la balsa de otros animales de sangre caliente, como pequeños mamíferos y aves (ánades, rapaces,...), tal como queda patente en los índices de contaminación fecal y presencia de patógenos entéricos encontrados en algunas balsas cercadas. Contrariamente a los anfibios, la calidad microbiológica del agua es especialmente importante para el ganado y en la actualidad no existen medidas de diseño que permitan asegurar un efectivo control microbiológico del agua.

En síntesis, anfibios y ganado necesitan un agua de calidad y de los resultados se desprende que, en este caso, no existe una incompatibilidad manifiesta entre ambos usos, productivos y conservacionistas. El cercado de las balsas es un factor clave, que permite mantener una adecuada calidad química del agua, aunque no suprime el riesgo de contaminación microbiológica por organismos fecales provenientes de otros animales de sangre caliente.

AGRADECIMIENTOS

A los gestores del Parque Natural Urbasa-Andia, que autorizaron la realización de los muestreos y aportaron relevante información y al Instituto de Salud Pública del Servicio Navarro de Salud, por su amable colaboración en la realización de los análisis de agua.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALCALDE, J.; PATIÑO, F., 1989. *Estudio de las poblaciones de anfibios de charcas de montaña del oeste de Navarra*. Servicio de Medio Ambiente. Gobierno de Navarra. Pamplona

BLAUSTEIN, A. R.; KIESECKER, J. M., 2002. Complexity in conservation: lessons from the global decline of amphibian populations. *Ecology Letters*, **5(4)**, 597-608.

CÁRCAMO, S., 2008. Estudio faunístico. En: *Proyecto de ordenación de los recursos piscícolas forestales de los montes Sierra de Urbasa y Sierra de Andia*, CANALS, R. M., et al. (Eds). Servicio de Medio Ambiente. Gobierno de Navarra. Pamplona.

GOSÁ, A.; SARASOLA, V.; CÁRCAMO, S., 2004. *Bases para la gestión de las poblaciones de anfibios de los lugares de importancia comunitaria de la Sierra de Aralar, Sierras de Urbasa y Andia y robledales de Ultzama*. Gestión Ambiental, Viveros y Repoblaciones de Navarra S.A. Pamplona

KNUTSON, M. G.; RICHARDSON, W. B.; REINEKE, D. M., 2004. Agricultural ponds support amphibian populations. *Ecological Applic.*, **14(3)**, 669-684.

LARDNER, H. A.; KIRYCHUK, B. D.; BRAUL, L., 2005. The effect of water quality on cattle performance on pasture. *Australian Journal of Agricultural Research*, **56(1)**, 97-104.

MEDEMA, G. J.; BAHAR, M.; SCHETS, F. M., 1997. Survival of *Cryptosporidium parvum*, *Escherichia coli*, faecal enterococci and *Clostridium perfringens* in river water: Influence of temperature and autochthonous microorganisms. *Water Science and Technology*, **35(11-12)**, 249-252.

SHINN, C.; MARCO, A.; SERRANO, L., 2008. Inter- and intra-specific variation on sensitivity of larval amphibians to nitrite. *Chemosphere*, **71(3)**, 507-514.

COMPATIBILITY OF DOMESTIC ANIMALS AND AMPHIBIANS POPULATIONS IN LIVESTOCK PONDS

SUMMARY

Livestock ponds may support amphibian populations in areas where natural wetlands are scarce. This dual function (livestock production and wildlife conservation) involves the maintenance of a suitable breeding habitat for amphibians when ensuring the supply of drinking water for livestock. One of the best management practices recommended is the fencing of the pond to avoid direct livestock access. This study evaluates the effectiveness of this practice and the compatibility of livestock welfare and amphibians conservation in seven ponds located at Urbasa-Andia Natural Park.

Key words: farm ponds, water quality, amphibians, conservation

RELACIONES ENTRE COMUNIDADES VEGETALES Y SUSTRATO EDÁFICO EN PASTOS DE PUERTO DEL PIRINEO CENTRAL

J. ASCASO¹, M. ALCUBILLA¹, A. BROCA¹, M. MAESTRO² Y C. FERRER¹

¹Dpto. de Agricultura y Economía Agraria. Universidad de Zaragoza. C/ Miguel Servet 177. 50013 Zaragoza (España). ²Instituto Pirenaico de Ecología (CSIC). Avda. Montañana 1005. 50059 Zaragoza (España)

RESUMEN

Se han realizado inventarios de vegetación y establecido las principales unidades fitosociológicas en el Valle del Ampriu (Pirineo Central, Benasque, Huesca). Paralelamente se han estudiado 18 perfiles de suelos, entre 2365 y 1685 m de altitud, subyacentes a las diversas comunidades vegetales, determinando las características macromorfológicas de sus horizontes, sus propiedades químicas y físicas y su clasificación. Se ponen de manifiesto claras relaciones entre la vegetación, los suelos, el sustrato litológico y las características geomorfológicas. Se puede deducir que en este ecosistema pastoral del Ampriu los suelos, bien conservados, están en equilibrio tanto con la vegetación como con el uso secular y sostenido de estos pastos.

Palabras clave: Valle de Benasque, Área del Ampriu, unidades fitosociológicas, tipos de suelo.

INTRODUCCIÓN

Los pastos de puerto del Valle de Benasque han sido objeto de un amplio estudio interdisciplinar por los autores de este trabajo, cuya finalidad última es contribuir al conocimiento de estos recursos para la ganadería en el Pirineo Central, de su estado de conservación y de sus posibilidades de ordenación y planificación (Ascaso, 1992; Ascaso y Ferrer, 1993; Broca, 1993; Ascaso y Sancho, 1999; Alcubilla *et al.* 2009). Concretamente, las relaciones entre comunidades vegetales y sustrato edáfico se han analizado en tres grandes áreas del Valle de Benasque: Cabecera del río Ésera, Sierra de Chía y Valle del Ampriu, seleccionando toposecuencias de suelos bajo distintos tipos de vegetación pascícola. En este trabajo se presentan y discuten solamente los resultados obtenidos en el área del Ampriu.

MATERIAL Y MÉTODOS

El Valle del Ampriu, situado en la margen izquierda del río Ésera, está delimitado por las cumbres de Castanesa (2863 m), Basibé (2754 m), Gallinero (2728 m) y Pico de Cerler (2409 m). La red hidrográfica está regida por el Barranco del Ampriu. Las relaciones entre vegetación y suelo se han estudiado en tres toposecuencias. La primera comienza a 2365 m de altitud entre el pico de Castanesa y el collado de Basibé y desciende hacia el barranco, finalizando a 1920 m (perfiles P-1 a P-9). La segunda tiene su cota más alta en el collado del Ampriu a 2250 m y desciende hacia el barranco y acaba a 1980 m (perfiles P-10 a P-14). La tercera se sitúa en el fondo del valle, entre 1780 y 1685 m de altitud (perfiles P-15 a P-18).

Los inventarios de vegetación se realizaron según la metodología fitosociológica de la escuela de Zürich-Montpellier (Ascaso, 1992). Los suelos se estudiaron en calicatas hasta la profundidad máxima de enraizamiento y se describieron siguiendo la Sistemática de Suelos de Alemania (Arbeitskreis für Bodensystematik der DBG, 1998), especialmente apropiada para suelos de montaña. Se ha utilizado también la nomenclatura de la FAO (IUSS Working Group WRB, 2006). De cada uno de los

horizontes de los perfiles de suelo se tomaron muestras para su análisis. Se determinaron los siguientes parámetros: textura, pH (en H₂O y KCl), contenidos totales en carbonatos, carbono orgánico, nitrógeno, fósforo, potasio, sodio, calcio, magnesio, cobre, hierro y manganeso, así como los cationes de cambio y el grado de saturación de bases (metodología en Broca, 1993). Para la comparación global de los 18 perfiles, se consideró un bloque de suelo de 1 m² de superficie y la profundidad del perfil, realizando un cálculo ponderado a partir de los parámetros de cada horizonte, teniendo en cuenta su profundidad, su densidad aparente, su pedregosidad, etc.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las características geomorfológicas y las comunidades vegetales correspondientes a los suelos estudiados (perfiles P-1 a P-18) se sintetizan en la Tabla 1. La Tabla 2 refleja el esquema sintaxonomico de las 9 unidades de vegetación diferenciadas.

Tabla 1. Características geomorfológicas y comunidades vegetales correspondientes a perfiles de suelo en el Valle del Ampriu (Pirineo Central, Benasque, Huesca).

Perfil	Altitud m	Pend.*	Exp.*	Forma de relieve	Rec.* %	Unidades de vegetación Asociación
Toposecuencia 1						
P-1	2365	18°	NW	Cóncava-convexa	90	<i>Elyno-Oxytropidetum halleri</i>
P-2	2360	4°	W	Cóncava-convexa culminal	40	<i>Festucetum gautieri</i>
P-3	2360	3°	NE	Cóncava-cóncava basal	100	<i>Alchemillo-Nardetum festucetosum eskiae</i>
P-4	2320	30°	SW	Cóncava-convexa	30	<i>Festuco-Cirsietum glabri</i>
P-5	2295	2°	SE	Cóncava-cóncava	85	<i>Selino-Nardetum</i>
P-6	2100	24°	N	Cóncava-convexa	80	<i>Elyno-Oxytropidetum halleri</i>
P-7	2020	24°	W	Cóncava-convexa	90	<i>Euphrasio-Plantaginetum mediae</i>
P-8	2000	31°	W	Cóncava-convexa	25	<i>Festucetum gautieri</i>
P-9	1920	26°	SW	Cóncava-convexa	100	<i>Phyteumo-Festucetum nigrescentis</i>
Toposecuencia 2						
P-10	2250	2°	W	Convexa-cóncava	90	<i>Alchemillo-Nardetum festucetosum eskiae</i>
P-11	2200	30°	E	Cóncava-convexa	100	<i>Phyteumo-Festucetum nigrescentis</i>
P-12	2060	20°	N	Cóncava-cóncava	100	<i>Alchemillo-Nardetum festucetosum eskiae</i>
P-13	2060	15°	N	Cóncava-cóncava	100	<i>Caricetum davallianae</i>
P-14	1980	5°	N	Cóncava-cóncava	100	<i>Alchemillo-Trolletum rumicetosum amplexicaulis</i>
Toposecuencia 3						
P-15	1780	3°	E	Cóncava-cóncava basal	100	<i>Caricetum davallianae</i>
P-16	1780	25°	W	Cóncava-cóncava	100	<i>Euphrasio-Plantaginetum mediae</i>
P-17	1760	7°	W	Cóncava-cóncava	100	<i>Euphrasio-Plantaginetum mediae</i>
P-18	1685	0°	—	—	100	Alfalfar abandonado

* Pend.: pendiente. Exp.: exposición. Rec.: recubrimiento del suelo por la vegetación.

El sustrato litológico está formado por materiales del Devónico, Carbonífero y Cuaternario y, en muchos casos, por derrubios de ladera, de material coluvial o de material morrénico (Tabla 3). El estudio macromorfológico y analítico de los suelos ha conducido a su caracterización y a la determinación de su tipología. La síntesis de la Tabla 3 muestra suelos con distinto grado de desarrollo, aunque abundan los suelos profundos del tipo Suelo pardo eutrófico (FAO Cambisol eútrico). En zonas de montaña, los ciclos de erosión y acumulación explican la abundancia de Cambisoles (IUSS Working Group WRB, 2006). A diferencia de los suelos de la vecina Sierra de Chía (Alcubilla *et al.*, 2009), no

aparecen aquí Suelos pardos oligotróficos ni mesotróficos, y sí otros tipos de suelo, como Gley, Pararendzina o Ranker.

Tabla 2. Esquema sintaxonómico de las comunidades vegetales estudiadas

<i>Scheuchzerio-Caricetea nigrae</i>
<i>Tofieldietalia</i>
<i>Caricion davallianae</i>
<i>Caricetum davallianae</i>
<i>Molinio-Arrhenatheretea</i>
<i>Arrhenatheretalia elatioris</i>
<i>Polygono-Trisetion</i>
<i>Alchemillo-Trollietum rumicetosum amplexicaulis</i>
<i>Thlaspietea rotundifolii</i>
<i>Thlaspietalia rotundifolii</i>
<i>Iberidion spathulatae</i>
<i>Festuco-Cirsietum glabri</i>
<i>Festuco-Brometea</i>
<i>Brometalia erecti</i>
<i>Mesobromion erecti</i>
<i>Euphrasio-Plantaginetum mediae</i>
<i>Phyteumo orbicularis-Festucetum nigrescentis</i>
<i>Juncetea trifidi</i>
<i>Caricetalia curvulae</i>
<i>Nardion strictae</i>
<i>Alchemillo-Nardetum festucetosum eskiae</i>
<i>Selino-Nardetum</i>
<i>Carici-Kobriesetea bellardii</i>
<i>Elynetalia</i>
<i>Elynion</i>
<i>Elyno-Oxytropidetum hallerii</i>
<i>Seslerietea</i>
<i>Seslerietalia</i>
<i>Festucion gautieri</i>
<i>Festucetum gautieri</i>

Las relaciones entre las comunidades vegetales y las características de los suelos del Valle del Ampriu se exponen a continuación de modo sucinto.

● **Alianza *Caricion davallianae***

Caricetum davallianae. Esta asociación aparece en el Ampriu sobre dos suelos (P-13 y P-15) con la capa freática alta (**gley de anmoor** y **gley de moor**), en altitudes de 2060 m y 1780 m y con pendientes de 15° y 3° respectivamente. El recubrimiento de la vegetación es del 100%. Los suelos tienen muy pocos elementos gruesos (grava) hasta la profundidad de enraizamiento y su textura va de arcillo-limosa a franco-limosa; presentan un pH de 4,4 a 6,4 y un coeficiente de saturación > 90%. Son muy ricos en materia orgánica y nitrógeno; por ejemplo, el gley de moor acumula en el conjunto de sus horizontes 86,9 kg/m² de materia orgánica y 3,6 kg/m² de N. Ambos suelos presentan contenidos bajos de hierro y manganeso, posiblemente por solubilización en forma reducida y transporte con el agua.

● **Alianza *Polygono-Trisetion***

Alchemillo-Trollietum rumicetosum amplexicaulis. Se presenta esta comunidad sobre un **suelo pardo eutrófico** (P-14), desarrollado sobre derrubios con abundancia de esquistos muy alterados, a una altitud de 1980 m. La pendiente es de 5° y el recubrimiento del suelo por la vegetación del 100%. Este lugar se utiliza temporalmente como reposadero de ganado y, por tanto, es bastante rico en materia orgánica, nitrógeno y fósforo (21,8 kg/m² de materia orgánica, 1,7 kg/m² de N y 0,7 kg/m² de P). Los demás nutrientes se encuentran también en cantidades abundantes. El pH es de 4,7 a 6,0 y el coeficiente medio de saturación es > 90%. La pedregosidad (elementos gruesos) media ponderada dentro del perfil es del 21% y la textura franco-arcillosa.

Tabla 3. Sustrato litológico y tipos de suelo en el Valle del Ampriu (Pirineo Central, Benasque, Huesca) según la Sistemática de Suelos Alemana y de la FAO.

Perfil	Prf.* cm	Sustrato litológico	Tipo de suelo
Toposecuencia 1			
P-1	85	Derrubios de ladera: esquistos, calizas, dolomía, cuarzo, cuarcita y otros.	Suelo pardo eutrófico FAO: Cambisol eútrico
P-2	80	Derrubios de caliza negra con vetas de calcita, calcoesquistos, esquistos no calcáreos y alguna cuarcita	Pararendzina FAO: Regosol calcárico
P-3	85	Derrubios de ladera: calizas negras, esquistos, cuarcita y material coluvial	Suelo pardo eutrófico FAO: Cambisol eútrico
P-4	90	Derrubios de ladera: calcoesquistos y calizas	Pararendzina FAO: Regosol calcárico
P-5	105	Derrubios de ladera: esquistos poco meteorizados, pizarras tegulares, cuarzo y alguna cuarcita	Suelo pardo eutrófico FAO: Cambisol eútrico
P-6	105	Derrubios de ladera: calcoesquistos con filones, vetas y cristalizaciones de calcita, calizas y esquistos grises y negros	Suelo pardo-Pararendzina FAO: Cambisol-Regosol calcárico
P-7	105	Derrubios de ladera: principalmente esquistos carbonosos y esquistos masivos, con alguna caliza aislada	Suelo pardo eutrófico FAO: Cambisol eútrico
P-8	30	Esquistos carbonosos fácilmente deleznales, orientados oblicuamente con relación a la superficie de la ladera	Ranker eútrico FAO: Leptosol eútrico
P-9	100	Material de morrena con calizas, calcoesquistos, esquistos, cuarcitas y cuarzo	Pararendzina-Suelo pardo FAO: Regosol-Cambisol eútrico
Toposecuencia 2			
P-10	65	Esquistos meteorizados (limonitizados)	Suelo pardo eutrófico FAO: Cambisol eútrico
P-11	65	Derrubios de ladera con abundancia de calcoesquistos meteorizados (limonitizados) sobre esquistos y cuarzo	Suelo pardo eutrófico FAO: Cambisol eútrico
P-12	100	Material de morrena con posible mezcla de material coluvial	Suelo pardo eutrófico FAO: Cambisol eútrico
P-13	48	Material de morrena con posible mezcla de material coluvial	Gley de anmoor FAO: Gleysol húmico
P-14	70	Derrubios de esquistos muy alterados y limonitizados, con fragmentos de cuarzo; material coluvial	Suelo pardo eutrófico FAO: Cambisol eútrico
Toposecuencia 3			
P-15	80	Morrena de fondo y material coluvial	Gley de moor FAO: Gleysol hístico
P-16	100	Sedimentos glaciolacustres, con abundancia de esquistos micáceos y cuarzo	Suelo pardo eutrófico FAO: Cambisol eútrico
P-17	100	Material de morrena de fondo, con abundancia de esquistos micáceos y cuarzo	Suelo pardo eutrófico FAO: Cambisol eútrico
P-18	55	Sedimentos fluvioglaciares, con abundancia de esquistos, nódulos de óxidos y algo de granodiorita	Suelo pardo eutrófico FAO: Cambisol eútrico

* Prf. = profundidad de enraizamiento. .

● **Alianza *Iberidion spathulatae***

Festuco-Cirsietum glabri. Aparece esta asociación a 2320 m de altitud y en pendiente de 30°. La erosión superficial parece ser aquí intensa. El suelo (P-4) es una **pararendzina** poco desarrollada, formada a partir de derrubios de calcoesquistos y calizas, con abundante pedregosidad (50 a 90%) y un recubrimiento vegetal de tan sólo del 30%. La textura de la tierra fina es francoarenosa, el pH básico (7,3 a 7,8) y el coeficiente de saturación del 100%. Las cantidades de mate-

ria orgánica y nitrógeno son pequeñas. Los demás elementos están presentes en cantidades suficientes, pero el agua utilizable que puede ser retenida por este suelo es muy baja, lo que puede representar un factor condicionante para el desarrollo de la vegetación.

- **Alianza *Mesobromion erecti***

Euphrasio-Plantaginetum mediae. Esta unidad de vegetación aparece sobre tres **suelos pardos eutróficos** (P-7, P-16 y P-17), originados a partir de material morrénico o derrubios donde dominan los esquistos con mezclas de calizas o cuarzo. La altitud va de 2020 a 1760 m, la inclinación de 7° a 25° y el recubrimiento del suelo por la vegetación de 90 a 100%. La pedregosidad media ponderada dentro de los perfiles oscila entre 20 y 50%, y la textura es franca a franco-arenosa. El pH de los horizontes muestra una amplitud de 4,6 a 6,9 y el coeficiente de saturación de bases de 80 a 100%. La cantidad de materia orgánica es de nivel medio a alto; las cantidades de nitrógeno y fósforo son elevadas. En conjunto, hay abundancia y disponibilidad de nutrientes.

Phyteumo orbicularis-Festucetum nigrescentis. Esta fitocenosis aparece en el Valle del Ampriu sobre dos tipos de suelo, **pararendzina-suelo pardo** (P-9) y **suelo pardo eutrófico** (P-11), formados a partir de materiales con mezclas de calcoesquistos, esquistos, cuarzo, etc., en altitudes de 1920 y 2200 m y con mayor pendiente que la asociación anterior (26° - 30°). El recubrimiento del suelo por la vegetación es del 100%. La pedregosidad media ponderada dentro del perfil es sólo de 20-25% y la textura es franca. Los parámetros químicos de estos suelos son muy semejantes a los de *Euphrasio-Plantaginetum mediae*.

- **Alianza *Nardion strictae***

Alchemillo-Nardetum festucetosum eskiae. Aparece esta comunidad en tres **suelos pardos eutróficos** (P-3, P-10 y P-12). Los materiales de partida son variados, aunque predominan los esquistos. La altitud oscila entre 2360 m y 2060 m, las pendientes son poco pronunciadas y el recubrimiento de la vegetación es de 90 a 100%. La pedregosidad es variable y la textura de la tierra fina es franco-arcillosa a franco-arenosa. El pH de los horizontes superiores oscila entre 4,0 y 6,7. La cantidad de materia orgánica es moderada (11,4 a 13,2 kg/m²). Los niveles de nitrógeno, fósforo y potasio son altos. El coeficiente de saturación muestra una gran variedad, puesto que va de 70 a 95%. Dos de estos perfiles muestran señales de agua lateral. Sólo P-3 contiene carbonatos (6%) en el horizonte más profundo.

Selino-Nardetum. Esta asociación vegetal aparece sobre un **suelo pardo eutrófico** (P-5) a partir de derrubios con esquistos, pizarras tegulares y cuarcita. La altitud es de 2295 m y la pendiente cóncava-cóncava de 2° de inclinación. El recubrimiento vegetal del suelo es del 85%. Consiguientemente, la cantidad de materia orgánica acumulada es menor (9,9 kg/m²) y lo mismo la de N (0,9 kg/m²). El suelo es bastante rico en fósforo, potasio, magnesio, hierro y manganeso, y muestra un pH a lo largo del perfil de 4,3 a 4,6. El coeficiente medio de saturación es de 88%. Sin duda este suelo recibe agua abundante de las laderas circundantes en la época del deshielo.

- **Alianza *Elynion***

Elyno-Oxytropidetum halleri. Esta fitocenosis aparece en un **suelo pardo eutrófico** (P-1) y un **suelo pardo-pararendzina** (P-6), desarrollados sobre derrubios de esquistos, calizas y otros componentes a altitudes de 2365 a 2100 m. La pendiente es de 18° a 24° y el recubrimiento vegetal del 80 al 90%. El pH de estos suelos es de carácter débilmente básico a débilmente ácido y la cantidad de

materia orgánica es de nivel medio. Todos los nutrientes se encuentran en cantidades altas o muy altas. El coeficiente de saturación es del 100%.

- **Alianza *Festucion gautieri***

Festucetum gautieri. Aparece a 2360 m de altitud en posición convexa-convexa culminal sobre una **pararendzina** (P-2) a partir de derrubios de caliza, calcoesquistos, esquistos y alguna cuarcita. La pedregosidad media ponderada es alta (68%) y la textura franca. La cantidad de agua utilizable que puede ser retenida por este suelo es muy baja. Por su posición en la ladera, el agua de lluvia circula principalmente en superficie, favoreciéndose con ello el transporte lateral de materia fina y la erosión. En consecuencia, el recubrimiento del suelo por la vegetación es sólo del 40%. Este suelo es pobre en materia orgánica (4,2 kg/m²), almacena una cantidad baja de nitrógeno (0,4 kg/m²); los otros elementos son abundantes. El coeficiente de saturación de bases es del 100%.

También aparece esta comunidad vegetal a 2000 m de altitud sobre un **ranker** (P-8) originado a partir de esquistos fácilmente deleznable y con buzamiento perpendicular a la pendiente (31°), por lo que se erosionan fácilmente. El recubrimiento del suelo por la vegetación es muy bajo, 25%. El agua de escorrentía arrastra la materia fina, lo que impide el desarrollo del suelo. La pedregosidad media ponderada dentro del perfil es del 87% y la textura de la tierra fina es franco-arenosa, por lo que la cantidad de agua que puede retener este ranker es muy baja. Es el suelo más pobre en materia orgánica y en nutrientes del área del Ampriu (1,4 kg/m² de materia orgánica y 0,15 kg/m² de N). Su pH es de 3,9 a 4,9, aunque el coeficiente de saturación es relativamente alto (84%).

- **Alfalfar abandonado**

Este campo fue seleccionado por incorporar al estudio un suelo sobre sedimentos fluvio-glaciares. La vegetación actual está muy influenciada por la abundancia de plantas de alfalfa, y no se corresponde con ninguna asociación natural. La morfología del suelo indica que era labrado hasta unos 30 cm de profundidad. Se trata de un **suelo pardo eutrófico** (P-18) con influencia antrópica y rico en P posiblemente por fertilización.

CONCLUSIÓN

Las características de este ecosistema pastoral del Valle del Ampriu indican que la vegetación está en equilibrio con los suelos y con el uso ganadero sostenido que a lo largo de los siglos ha mantenido la riqueza del sustrato edáfico.

AGRADECIMIENTOS

La DGA y dos Acciones Integradas Hispano-Alemanas han permitido el desarrollo de este trabajo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALCUBILLA, M.; ASCASO, J.; BROCA, A.; MAESTRO, M.; FERRER, C., 2009. Suelos de pastos de puerto en el Pirineo Central y su relación con la vegetación. En: *La multifuncionalidad de los pastos: producción ganadera sostenible y gestión de los ecosistemas*. R. REINÉ, O. BARRANTES, A. BROCA y C. FERRER (Ed.). Sociedad Española para el Estudio de los Pastos. Huesca (España), 69-76.

ARBEITSKREIS FÜR BODENSYSTEMATIK DER DBG, 1998. Systematik der Böden und der bodenbildenden Substrate Deutschlands, Kurzfassung.- *Mitt. Dt. Bodenkundl. Ges.*, **86**: 1-134, Oldenburg (Alemania).

ASCASO, J., 1992. Estudio fitocenológico y valoración de los pastos de puerto del Valle de Benasque (Pirineo Oscense). Tesis doctoral, Universidad de Zaragoza. 409 pp.

ASCASO, J.; FERRER, C., 1993. Valoración agronómica de los pastos de puerto del Valle de Benasque (Pirineo de Huesca). Clasificación, valor forrajero y carga ganadera. *Pastos*, **23**: 99-127.

ASCASO, J.; SANCHO, J.V., 1999. Valoración forrajera y explotación ganadera de los pastos de puerto del Alto Ésera. Institución "Fernando el Católico" (C.S.I.C.). 133 pp. Zaragoza (España).

BROCA, A., 1993. Caracterización química y físico-química de suelos de pastos del Pirineo Aragonés (Valle de Benasque). Tesis doctoral, Universidad de Zaragoza. 389 pp.

IUSS WORKING GROUP WRB, 2006. World reference base for soil resources 2006. *World soil resources Reports N°.103*. FAO. 128 pp. Roma (Italia).

RELATIONSHIP BETWEEN PLANT COMMUNITIES AND SOILS IN MOUNTAIN GRASSLANDS OF THE CENTRAL PYRENEES (SPAIN)

SUMMARY

Three soil toposequences are described in the Ampriu area (Benasque Valley, Central Pyrenees) between 2365 and 1685 m a.s.l. Inventories of vegetation were carried out and the fitosociological units were established. A total of 18 soil profiles in the same area were studied, determining the macromorphological characteristics of their horizons, their chemical and physical properties and establishing their classification as well. It was stated that vegetation and soils are intimately connected to the different environmental factors: altitude, slope, exposure, lithology, and geomorphology. The characteristics of this pastoral ecosystem in the Ampriu Valley indicate that vegetation and soils are in equilibrium; the sustained use of these resources over centuries of grazing activity has maintained the richness of the soil substrate.

Key words: Benasque Valley, Ampriu area, phytosociological units, soil groups.

ESPECIES INDICADORAS DE CAMBIOS EN LA FERTILIDAD DEL SUELO CAUSADOS POR LA ACTIVIDAD DEL GANADO EN PASTOS DE MONTAÑA

J.A. GONZÁLEZ OREJA, S. MENDARTE E I. ALBIZU

Departamento de Ecosistemas. NEIKER-Tecnalia, Instituto Vasco de Investigación y Desarrollo Agrario. Parque Tecnológico Bizkaia, 812 L. 48160-Derio.

e-mail: jgonzalez@neiker.net, jgonzorj@hotmail.com

RESUMEN

En este trabajo exploramos si en los pastos de montaña del Parque Natural de Aralar (Gipuzkoa) hay especies de plantas que indiquen cambios en la fertilidad del suelo ligados a las actividades del ganado (ovejas). Realizamos 270 muestreos de la vegetación (cuadrados de 50x50 cm) en 3 zonas de uso extensivo, 3 zonas de chabola y 3 zonas de sesteo. Del total de 50 especies, *Festuca rubra*, *Agrostis capillaris* y *Trifolium repens* fueron las más importantes por su presencia, frecuencia de aparición y cobertura. Los resultados de los análisis del valor de indicación (INDVAL) mostraron que 35 especies tuvieron capacidad de bioindicación ($P < 0,05$). *Agrostis capillaris* y *T. repens* (INDVAL ~ 55) indicaron suelos fértiles, ricos en fósforo y potasio (propios de las zonas de chabola), mientras que *Potentilla montana* (INDVAL ~ 60) y *Thymus praecox* (INDVAL ~ 50) fueron indicadores de suelos con mayor pH, calcio y magnesio, y menos aluminio (como los de las zonas de sesteo). Se concluye que el uso de especies indicadoras, como las propuestas en este estudio, puede contribuir a mejorar el conocimiento sobre los efectos de la actividad del ganado en los pastos de montaña.

Palabras clave: pastos extensivos, ganado ovino, impacto del manejo, bioindicación, parámetros físico-químicos del suelo.

INTRODUCCIÓN

La estructura y el funcionamiento de los pastos de montaña son el resultado de la interacción de numerosos factores ambientales (Snaydon, 1981; Briggs y Courtney, 1985): abióticos, bióticos, y derivados de las actividades humanas (relacionados con la gestión del medio natural, el pastoreo, y las prácticas tradicionales ligadas al manejo de los animales). Los recientes cambios en los modos de explotación del ganado han provocado el abandono de ciertos usos tradicionales del territorio, más aún en áreas de montaña, como los pastos de puerto gestionados en régimen comunal (Alonso et al., 1994). Empero, la Sierra de Aralar (Gipuzkoa), donde el pastoreo durante los meses cálidos del año se mantiene desde el Neolítico, “se resiste” a este abandono, y todavía se producen nuevas solicitudes de uso de los pastos comunales (Mendarte, 2003). La gestión correcta de estos recursos requiere conocer los principales factores que determinan la composición y abundancia de las comunidades vegetales, lo que no es fácil (Kent y Coker, 1992). Afortunadamente, el uso de especies indicadoras puede ayudar (Carrigan y Villard, 2002).

Con el objetivo de contribuir a una mejor gestión y conservación de los agroecosistemas pastorales de la Sierra de Aralar, en este estudio exploramos si en los pastos de montaña hay especies vegetales que puedan utilizarse como indicadores biológicos de cambios en la fertilidad del suelo asociados a las actividades del ganado.

MATERIAL Y MÉTODOS

Área de estudio y diseño.– El estudio se realizó en el Parque Natural de Aralar (10.956 ha), donde los pastos de la Mancomunidad de Enirio-Aralar (3 454 ha) suponen la casi totalidad de este hábitat. El trabajo de campo se llevó a cabo a principios de verano de 2000 en tres áreas de esta Mancomunidad (Elordi, Igaratza y Oidui), divididas en tres zonas, según la actividad de los rebaños de ovejas (Mendarte, 2003; Mendarte et al., 2003). La zona de uso extensivo corresponde a puntos elegidos al azar, sin un manejo específico del ganado, y es considerada como la más representativa de los pastos de montaña; la zona de chabola rodea a la vivienda de los pastores, y concentra gran parte del manejo de los rebaños, y la zona de sesteo abarca los puntos de descanso de los animales. Así, el estudio se realizó en un total de 9 sitios (3 áreas x 3 zonas/área).

Parámetros físico-químicos del suelo y análisis de datos.– En cada sitio tomamos cuatro muestras de suelo superficial (0-5 cm), sobre las que determinamos los siguientes parámetros: pH; contenido en materia orgánica (MO); nitrógeno total (N); relación carbono/nitrógeno (C/N); fósforo (P); calcio (Ca); magnesio (Mg); potasio (K), y aluminio (Al). Estudiamos la existencia de diferencias entre zonas respecto a estos parámetros mediante análisis de la varianza no paramétricos (K-W: Kruskal-Wallis ANOVA), con la zona como factor.

Muestreos de la vegetación y análisis de datos.– En cada sitio completamos 30 muestreos de la vegetación (cuadrados de 50 cm x50 cm, lanzados al azar) y, en cada caso, identificamos las especies presentes y estimamos visualmente su cobertura (0-100%). Estudiamos la existencia de diferencias entre zonas respecto a la estructura de la vegetación mediante análisis MRBP (*blocked-multiresponse permutation procedures*), una técnica que analiza la distancia euclídea dentro de grupos de muestreos (zonas); controlamos el efecto de la diferencia entre áreas al considerarlas como bloques en el MRBP (Biondini et al., 1988). Finalmente, identificamos las especies más representativas de la vegetación de cada zona mediante análisis de sus valores de indicación (INDVAL, *Indicator Value*). La técnica INDVAL se utiliza ampliamente para seleccionar especies indicadoras (i.e., las que mejor caracterizan un grupo de muestreos), y combina la especificidad de cada especie (A_{ij} : cobertura relativa de la especie i en los muestreos de la zona j sobre la cobertura total de la especie i en todas las zonas; A_{ij} es máxima cuando la especie i sólo está presente en una zona) con su fidelidad (B_{ij} : porcentaje de los muestreos en los que está presente la especie i dentro de la zona j ; B_{ij} es máxima cuando la especie está presente en todos los inventarios de una zona); una especie es mejor indicadora que otra cuanto más próximo a 100 esté su valor de indicación (Dufrene y Legendre, 1997). Evaluamos la significación estadística de los valores de indicación mediante permutaciones de Monte Carlo ($n = 1000$). Para los análisis MRBP e INDVAL, utilizamos el programa Pc-Ord 4.01 (McCune y Mefford, 1999).

RESULTADOS

Parámetros físico-químicos del suelo.– Seis parámetros edáficos variaron de modo significativo entre zonas: pH, Ca, Mg, P, K y Al ($P < 0,05$; Tabla 1), mientras que no hubo diferencias en los valores de MO y N. Los suelos de las zonas de uso extensivo y de chabola fueron muy similares entre sí respecto al pH, Ca, Mg y Al, mientras que los suelos de las zonas de sesteo mostraron valores significativamente más elevados de pH, Ca y Mg, y significativamente más bajos de Al (Figura 1). Además, los suelos de las zonas de chabola mostraron contenidos de P y K más elevados que los de las zonas de uso extensivo y sesteo (Figura 1).

Tabla 1. Resultados de los análisis de la varianza no paramétricos (Kruskal-Wallis ANOVA) realizados sobre los parámetros físico-químicos del suelo medidos en 12 réplicas de cada zona (4 réplicas/sitio x 3 sitios/zona).

		H _(2, 36)	P
	pH	19,4	0,001
Materia orgánica	MO	2,28	0,320
Nitrógeno	N	2,32	0,313
Relación carbono/nitrógeno	C/N	5,23	0,073
Fósforo	P	7,24	0,027
Calcio	Ca	15,95	0,003
Magnesio	Mg	14,71	0,001
Potasio	K	8,75	0,013
Aluminio	Al	12,4	0,002

Diferencias en la vegetación entre zonas y especies indicadoras.— Encontramos 50 especies en los 270 cuadrados inventariados, de las que sólo tres fueron dominantes: *Festuca rubra*, *Agrostis capillaris* y *Trifolium repens*: las tres se localizaron en todos los sitios, en más del 75% de los cuadrados, y con coberturas promedio entre 9,6% (*T. repens*) y 20,3% (*F. rubra*) de la cobertura total de los cuadrados en los que aparecen. La composición y estructura de las comunidades varió significativamente entre las tres zonas (MRBP: $T = -2,03$; $A = 0,187$; $P = 0,035$). El método INDVAL mostró resultados significativos ($P < 0,05$) en 35 especies, con valores de indicación variables (media = 24,7; coeficiente de variación = 68,6%); sólo 14 especies mostraron un valor INDVAL superior a la media. La vegetación de las zonas de sesteo fue la mejor indicada, pues cinco especies mostraron valores de indicación máximos en esta zona, de las que *Potentilla montana* fue su mejor especie indicadora (INDVAL = 59,7; Tabla 2). La vegetación de las zonas de chabola estuvo bien caracterizada por otras cinco especies, de las que *A. capillaris* y *T. repens* fueron sus mejores indicadores (INDVAL > 55; Tabla 2). Finalmente, la vegetación de las zonas de uso extensivo estuvo bien indicada por cinco especies más, de las que *F. rubra* y *Luzula campestre* fueron sus mejores indicadores (INDVAL > 40; Tabla 2).

DISCUSIÓN

En general, las especies más importantes en los pastos de montaña del Parque Natural de Aralar fueron *Festuca rubra*, *Agrostis capillaris* y *Trifolium repens*: estuvieron presentes en todos los sitios, en la mayor parte de los muestreos, y con las mayores coberturas. Sin embargo, no respondieron del mismo modo a los cambios observados en algunos parámetros físico-químicos del suelo, ligados con su fertilidad: *F. rubra* fue el mejor indicador de la vegetación de las zonas de uso extensivo (y después *Luzula campestris* y *Potentilla erecta*), mientras que *A. capillaris* y *T. repens* lo fueron de la vegetación de las zonas de chabola (y mucho después *Lolium perenne*).

Las diferencias entre las zonas en las actividades del ganado ovino se manifestaron en diferencias en los parámetros físico-químicos del suelo. Los suelos de las zonas de chabola fueron más fértiles que los de las zonas de uso extensivo y de sesteo, como indica el enriquecimiento en P y K, resultado de la mayor presencia y movimiento del ganado en estas zonas, en las que domina la defecación sobre el consumo de la vegetación (Albizu et al., 1995).

Tabla 2. Valores de indicación (INDVAL) estadísticamente significativos ($P < 0,05$) asociados a cada zona de vegetación. A_{ij} es la especificidad de la especie i en la zona j ; B_{ij} es la fidelidad de la especie i en la zona j . Sólo se muestran las mejores especies indicadoras (INDVAL > 25). Se indica, además, la cobertura promedio de cada especie en los muestreos de cada zona [CM (%)].

Zona de vegetación	Especie	A_{ij}	B_{ij}	IndVal	CM (%)
Uso extensivo	<i>Festuca rubra</i>	48	98	46,7	28,9
	<i>Luzula campestris</i>	72	60	43,0	2,9
	<i>Potentilla erecta</i>	74	51	37,6	3,7
	<i>Gallium saxatile</i>	74	44	32,9	5,5
	<i>Jasione laevis</i>	89	30	26,8	1,9
Chabola	<i>Agrostis capillaris</i>	57	99	56,6	29,6
	<i>Trifolium repens</i>	58	96	55,2	16,5
	<i>Lolium perenne</i>	63	48	30,2	5,5
	<i>Anthemis arvensis</i>	86	31	26,8	3,5
	<i>Bellis perennis</i>	45	57	25,3	3,7
Sesteo	<i>Potentilla montana</i>	84	71	59,4	5,9
	<i>Thymus praecox</i>	71	69	49,0	7,5
	<i>Brachypodium pinnatum</i>	99	48	47,1	7,6
	<i>Carex caryophillea</i>	70	67	46,8	7,9
	<i>Lotus corniculatus</i>	49	70	34,6	5,0

Por otro lado, los suelos de las zonas de sesteo fueron distintos de los demás (con más pH, Ca y Mg, y menos Al), aunque el origen de estas diferencias hay que buscarlo en la naturaleza caliza de la roca sobre la que se asientan los sesteos. Estos resultados son similares a los reportados previamente en el Parque Natural del Gorbeia (Vizcaya; Albizu, 2003) y sugieren que, aunque la presencia de los rebañíos sea notable en las zonas de chabola, no hay evidencias de un fuerte impacto sobre la vegetación. Aunque las dos especies indicadoras de las zonas de chabola (*A. capillaris* y *T. repens*) son seleccionadas positivamente por el ganado (Albizu et al., 1998; Celaya, 1998), sus coberturas fueron máximas en dicha zona (más del 15% para *T. repens*, y cerca del 30% para *A. capillaris*). Aunque con un valor de indicación menor, en las zonas de chabola aparece también *Bellis perennis* como indicadora, una especie con forma de crecimiento en roseta que se ha considerado también como indicadora de alta presión del ganado (Gómez de Barreda, 2005). La zona de vegetación menos parecida a las demás fue la zona de sesteo, de suelos algo más básicos, y rica en Ca y Mg. *Potentilla montana*, *Thymus praecox* y *Brachypodium pinnatum* fueron buenos bioindicadores de estos cambios en la naturaleza del suelo, que pueden deberse principalmente a la fisiografía de la zona, y quizás a un menor consumo por parte del ganado.

CONCLUSIONES

El análisis de los valores de indicación (INDVAL, *Indicator Value*) de las especies de plantas que componen los pastos de montaña del Parque Natural de Aralar es una técnica adecuada para rastrear los cambios en los parámetros físico-químicos del suelo derivadas de las actividades del ganado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBIZU, I.; BESGA, G.; RODRÍGUEZ, M.; ONAINDIA, M.; DOMINGO, M.; OREGUI, L.M.; MANTEROLA, P.; ZARRABEITIA, J.V., 1995. *Estudio de la estructura y productividad de los pastos de montaña: pautas para el uso sostenido en la zona de Gorbeia*, 140 pp. SIMA-EHU, Derio (España).
- ALBIZU, I., 2003. *Estudio de la estructura y Productividad de los Pastos de Montaña: Pautas para el uso sostenible en el área de Gorbeia*. Tesis Doctoral. Universidad del País Vasco. 508 pp. Leioa (España)
- ALBIZU, I.; MENDARTE, S.; BESGA, G.; RODRÍGUEZ, M.; AMEZAGA, I.; ONAINDIA, M., 1998. Estructura y productividad de los pastizales calcáreos en el Parque Natural de Gorbeia (Bizkaia). *Producción Ovina y Caprina. XXIII Jornadas Científicas de la Sociedad Española de Ovinotecnia y Caprinotecnia*, 441-445. Vitoria-Gasteiz (España).
- ALONSO, I.; GARCÍA, A.; MARIÑO, A.L., 1994. Aspectos ecológicos y estructurales de un sistema pastoral de montaña. *Actas de la XXXIV Reunión Científica de la Sociedad Española Para el Estudio de los Pastos*, 27-31. Santander (España).
- BIONDINI, M.; MIELKE, P.W.; BERRY, K.J., 1988. Data-dependent permutation techniques for the analysis of ecological data. *Vegetatio*, **75**, 161-168.
- BRIGGS, D.J.; COURTNEY, F.M., 1985. *Agriculture and Environment. The Physical Geography of Temperate Agricultural Systems*. Logman, 442 pp. London (Reino Unido).
- CARIGNAN, V.; VILLARD, M-A., 2002. Selecting indicator species to monitor ecological integrity: a review. *Environmental Monitoring and Assessment*, **78**, 45-61.
- CELAYA, 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, 279 pp. Oviedo (España).
- DUFRENE, M.; LEGENDRE, P., 1997. Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. *Ecological Monographs*, **67**, 345-366.
- GÓMEZ DE BARREDA, D. 2005. *Praticultura*. Universidad Politécnica de Valencia, 252 pp. Valencia (España).
- KENT, M.; COKER, P. 1992. *Vegetation Description and Analysis: A Practical Approach.*, Belhaven Press, CRC Press, 363pp, London, Boca Raton.
- MCCUNE, B.; MEFFORD, M.J., 1999. *PC-ORD. Multivariate Analysis of Ecological Data, Version 4*. MjM Software Design, 237 pp. Gleneden Beach, Oregon (USA).
- MENDARTE, S. 2003. *Estructura y Productividad de los Pastos de Montaña en el Parque Natural de Aralar*. Tesis Doctoral. Universidad del País Vasco, 233 pp. Leioa (España)
- 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)**, 267-282.

SNAYDON, R. W. 1981. The ecology of grazed pastures. En: *World Animal Science. Grazing animals*, F.H.W. MORLEY (Ed.). Elsevier Scientific Publishing Company (Amsterdam), 13-32.

**USING INDICATOR SPECIES TO TRACK CHANGES IN SOIL FERTILITY OF
MOUNTAIN GRASSLANDS CAUSED BY SHEEP ACTIVITY**

Summary

In this paper we explore whether indicator species could be found in the Aralar Natural Park (Gipuzkoa) mountain grasslands which could be proposed to track changes in soil fertility caused by sheep activities. We completed 270 sampling quadrats (50x50 cm, randomly thrown) in 9 sites with different sheep activities: extensive (no specific) use, sheep cabin, and sheep resting zones. A total of 50 plant species were reported; in terms of presence, frequency of occurrence and mean cover, *Festuca rubra*, *Agrostis capillaris* and *Trifolium repens* were the most important ones. In addition, according to results obtained by indicator value analyses (INDVAL), 35 species exhibited bioindication potential ($P < 0.05$). *Agrostis capillaris* and *T. repens* (INDVAL ~ 55) indicated more fertile soils, rich in both phosphorus and potassium (as those found around the sheep cabin zones), whereas *Potentilla montana* (INDVAL ~ 60) and *Thymus praecox* (INDVAL ~ 50) were good indicators of soils with high pH, Ca, Mg and low Al (as those found in the sheep resting zones). It is concluded that the use of indicator species, like the ones proposed in this paper, can help to improve our knowledge on the effects of sheep activities on mountain grasslands.

Key words: extensive use grasslands, sheep herds, management impact, bioindication, soil physico-chemical parameters.

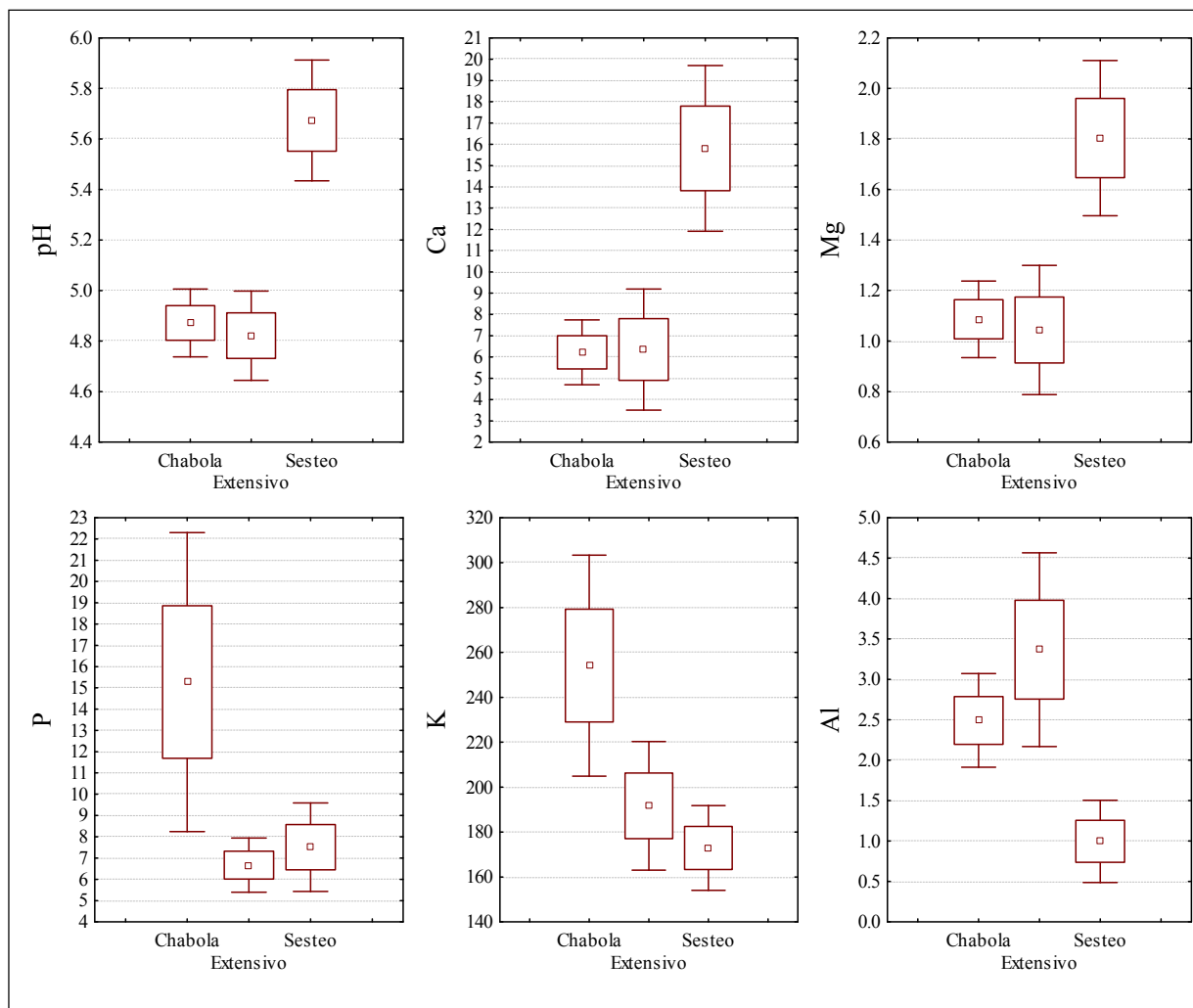


Figura 1. Diagramas de caja y bigote (*box-and-whisker plots*) que muestran la dispersión en cada zona de vegetación de los seis parámetros físico-químicos del suelo con diferencias estadísticamente significativas entre zonas (Tabla 1). Los diagramas muestran la media (cuadrado), el error estándar (caja) y el intervalo de confianza al 95% (bigotes). Ca [cmol/kg], calcio; Mg [cmol/kg], magnesio; P [mg/kg], fósforo; K [mg/kg], potasio, y Al [meq/100 g], aluminio.

A SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL DO ECOSISTEMA

MONTADO

J. MIRA POTES

josemirapotes@gmail.com

RESUMO

Este trabalho pretende rever e integrar matérias relacionadas com o ecossistema Montado e proceder à sua análise do ponto de vista ambiental.

Procura-se avaliar os efeitos do ecossistema no meio ambiente em que ele se encontra inserido, começando pelo **solo**, factor físico que suporta os sistemas de produção agro-pecuários, geralmente sujeito a fortes agressões à sua estrutura e constituição, comprometendo não raramente a respectiva sustentabilidade enquanto recurso renovável e equilibrado. Discute-se o impacto do ecossistema no ciclo da **água**, tendo em conta a escassez deste elemento para qualquer ser vivo ou sistema de produção. As alterações climáticas têm em primeiro lugar a ver com a qualidade do **ar**, pelo que o sequestro de carbono passou a ser um objectivo dos sistemas agrícolas do planeta, como tal, avalia-se o potencial deste ecossistema nesta matéria. Relacionado com o ar surge o **fogo** que passou a constituir uma ameaça, sobretudo após o abandono rural que se verificou nos últimos anos. Por esse facto, avaliar-se-á o impacto do Montado na prevenção dos incêndios florestais. Por fim a caracterização da **biodiversidade**, particularmente importante neste ecossistema, será também um indicador indispensável para a sustentabilidade ambiental do ecossistema Montado.

Palavras chave: solo, água, ar, fogo, biodiversidade.

INTRODUÇÃO

A agricultura do século XXI caracteriza-se pela alteração paradigmática da função exclusivamente produtivista e geradora de alimentos destinada a uma população mundial em crescimento e com necessidades alimentares crescentes. Reforçou uma responsabilização social, que além de garantir a cobertura alimentar das populações em crescimento contínuo são cada vez mais exigentes. A exploração agrícola do presente passou a ter que enfrentar os problemas da escassez dos recursos e da preservação do ambiente, nomeadamente no impacto das alterações climáticas na manutenção dos recursos naturais e que vieram criar novas limitações à actividade primária.

Nesse sentido, qualquer sistema de produção agrário para ser sustentável terá que ser eficiente do ponto de vista técnico, tem que ser economicamente viável, para poder ser o suporte de vida de quem o explora e terá que se apresentar como “amigo do ambiente”, isto é, o out-put disponibilizado não poderá continuar a ser obtido à custa da degradação do meio ambiente em que é produzido.

Os sistemas de produção extensivos são por natureza aqueles que, geralmente, menos agressões produzem nos respectivos ambientes e poderemos mesmo acrescentar, no caso particular do ecossistema Montado, que se trata de uma criação do homem, com o devido respeito pelas leis da natureza, que valoriza o meio ambiente, se explorado em equilíbrio e respeitando a capacidade produtiva do mesmo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A região Mediterrânica é particularmente vulnerável à desertificação, em virtude de uma série de condicionalismos relacionados com o clima, solos, relevo, vulnerabilidade a incêndios e uso não

sustentável de recursos hídricos. As características do clima Mediterrânico (verão quente, longo e seco e irregularidade na distribuição da pluviosidade) vêm cada vez mais associadas a regimes de precipitação torrencial, particularmente graves no Outono, quando se iniciam os ciclos das plantas anuais, em solos normalmente desprovidos de vegetação que, de acordo com o manejo normal do pastoreio, foi consumida no Verão. Nestes casos, os riscos de perda dos solos por arrastamento acentuam-se, tornando-se tanto mais graves quanto menos férteis e desprovidos de cobertura vegetal se encontrarem. Na Extremadura Espanhola com solos derivados de xistos, granitos e quartzitos, normalmente delgados, com baixos teores de Matéria Orgânica (M. O.) e estrutura fraca, que deriva em solos moderadamente ácidos e deficientes em fósforo, Murillo *et al* (2004) avaliaram os efeitos de diversas técnicas de melhoramento de pastagens na erosão do solo e vegetação herbácea em sistemas de “Dehesa”. Concluíram que a sementeira directa de pastagens foi o tipo de melhoramento que produziu os melhores efeitos na produção de biomassa e uma perda de solos anual de somente 12,7 g/m²/ano. A não mobilização de solos, associada ao aumento dos teores de M. O., que conduzem à melhoria da sua estrutura e capacidade produtiva, permitem aumentos de produção de biomassa, diminuem os riscos de erosão pela rápida cobertura no Outono, decorrente do aumento do banco de sementes no solo e aumentam a retenção de água, o que faz diminuir a escorrência e permite o alargamento dos ciclos das plantas pratenses anuais de ressementeira natural.

Para analisar as características do solo (pH, condutividade, teores de matéria orgânica, fósforo, potássio, cálcio e magnésio) sujeito a um ensaio de melhoramento de pastagem e a diferentes sistemas de pastoreio, durante 6 anos, Navas *et al* (2005) verificaram que os valores de pH se diferenciaram significativamente segundo o tipo de pastoreio (Figura 1). A M.O. situada sempre entre os 2 e 3%, não foi afectada significativamente pelos tratamentos, mas foi afectada significativamente pelo tipo de animais que pastoreavam a parcela, decrescendo pela ordem seguinte: ovinos (PO), bovinos (PB), misto (PM) e caprinos (PC).

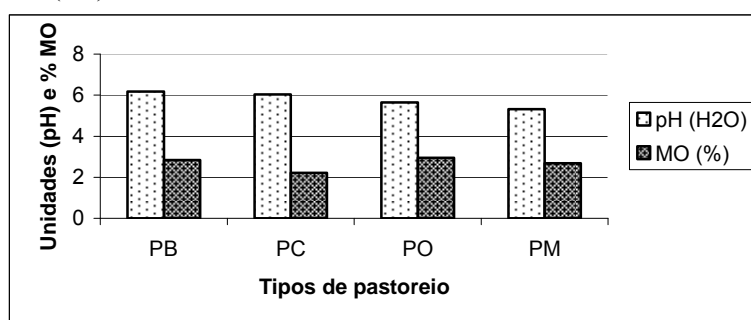


Figura 1 – Valores de pH e de Matéria Orgânica (MO) nos diferentes tipos de pastoreio

É de salientar que estes teores de M.O. foram consideravelmente mais elevados que na generalidade dos solos mediterrânicos, pelo que deverá constituir um objectivo no melhoramento geral do ecossistema valores não inferiores a 2%, de acordo com o Manual Básico de Práticas Agrícolas: conservação do solo e da água (MADRP, sem data). Acresce a este aumento no teor de M. O. e consequente aumento na capacidade de retenção de água no solo, a possibilidade de aumentar o ciclo das pratenses anuais de ressementeira natural, com o inerente aumento de produção de biomassa e que numa fase mais avançada permitirá mesmo a instalação de espécies pratenses vivazes, nomeadamente gramíneas (ex. *Dactylis*, *Phalaris*, etc.). Estas, após passagem da época estival em dormência, têm a

capacidade de retomar o crescimento com as primeiras águas do Outono, antecipando assim a disponibilidade alimentar nesta época (outonada). Como o tipo de pastoreio teve influência nos parâmetros estudados será sempre vantajoso, do ponto de vista do correcto manejo do pastoreio, utilizar mais que uma espécie pecuária, nomeadamente a dicotomia pequeno e grande ruminante.

O Montado, através da sua componente arbórea, tem um alto valor ambiental pela excelência dos serviços ambientais que presta e em que se destaca a regulação do ciclo da água. Cerca de 20 a 30% do total de água originada pela precipitação tende a perder-se por escorrência superficial não chegando portanto a infiltrar-se no solo. Os valores mais elevados (29%) registam-se na bacia do rio Guadiana, a qual também é a que apresenta menor área florestal e portanto a mais susceptível à desertificação. Contudo, ao aumentar os níveis de M. O. dos solos, o Montado contribui para uma melhor retenção de água, ao facilitar a sua infiltração no solo e diminuindo as perdas por escoamento superficial, regulam o ciclo hidrológico (Rego *et al*, 2008). Cubera *et al*, (2004) investigaram em que medida a utilização do solo afectou a dinâmica da água no ecossistema. Verificaram que nos sistemas em que prevalecia a componente arbustiva a humidade no solo era inferior à que se determinou nos sistemas onde se praticava a rotação de culturas e pastagens. Esta constatação pode indicar a possível competição entre as componentes arbórea e arbustiva pela humidade no solo. Nas zonas sujeitas à rotação de culturas a humidade debaixo das copas das árvores era ligeiramente superior à que se podia encontrar fora da projecção das copas. Estas diferenças não se verificaram nos outros locais do ensaio que eram revestidos por pastagens naturais ou arbustivas. Por isso, poder-se-á concluir do efeito positivo que pode ter a mobilização do solo na infiltração da água no solo e reabastecimento dos lençóis freáticos ou aquíferos do solo e subsolo. Os resultados mostraram ainda uma grande dependência das reservas de água em camadas mais profundas e a existência de componentes arbóreas na parte final da Primavera e no Verão, o que poderá contribuir para limitar a competição pela água entre a vegetação arbórea e herbácea. Uma vez que as árvores podem utilizar água durante todo o ano sob a projecção das copas é expectável um benefício da densidade de árvores por hectare no ciclo hidrológico do ecossistema. De uma forma geral a exploração do solo mais homogénea pelos diversos tipos de raízes, correspondentes aos três estratos que o compõem, beneficiará todo o conjunto (Silva, 2002). Porém, em condições mais severas de influência mediterrânica, que também são as mais generalizáveis para a região SW da Península Ibérica, e, sobretudo, com a tendência para o aquecimento global do planeta, a competição pela água nas épocas de deficiência é efectiva entre as componentes arbórea e arbustiva. Tal facto vem reforçar a importância no controlo da flora arbustiva, que, se associada à operação de instalação da cultura forrageira anual no âmbito da Rotação do Montado, não só vem tecnicamente equilibrar um esquema alimentar para a pecuária extensiva, como economicamente contribuirá para amortizar os elevados custos da desmatção. Do ponto de vista ambiental estas operações, que deverão ocorrer em ciclos alargados, vêm contribuir para a melhoria da estrutura dos solos, que permita a melhor circulação de água e nutrientes, ou seja, beneficia o ciclo hidrológico e protege a qualidade da água. A estruturação das raízes nas três componentes vegetais do ecossistema ficará assim reforçada no estrato arbóreo e mais profundo e no estrato herbáceo mais superficial, favorecendo a circulação de água e nutrientes em todo o perfil do solo. O estrato arbustivo, que não é eliminado mas sim controlado, cobrirá o espaço entre os dois anteriores de forma gradual, até atingir um desenvolvimento que ao entrar em competição com as espécies mais contribuintes para

o out-put do sistema produtivo e aumentar os riscos de incêndio, deverá que ser removido e incorporado no solo.

As alterações ao uso dos solos, principalmente a destruição de florestas não compensaram pela assimilação fotossintética a fixação do carbono da biosfera. Isto resume o ciclo do carbono, que na Terra está essencialmente na forma de compostos orgânicos e carbonatos e na atmosfera sob a forma de gás (CO₂), consistindo na transferência do elemento (via queima, reacções químicas, respiração) para a atmosfera ou para o mar e a sua reintegração na M. O. (via assimilação fotossintética). O aumento da concentração de CO₂ na atmosfera ou desequilíbrio no ciclo antes e após revolução industrial foi cerca de 30%. A complexidade do ecossistema Montado envolvendo três estratos de vegetação dificulta a avaliação da capacidade global de sequestro de carbono pelo que os trabalhos apresentados são efectuados sobre estratos distintos: arbóreo e herbáceo. Gallardo & González (2004) quantificaram o sequestro de carbono em três locais de floresta mediterrânica e com pouca intervenção humana no ecossistema. O in-put total de C no ecossistema resulta do somatório dos in-puts C orgânico dissolvido na precipitação com o C sequestrado anualmente pela biomassa permanente. O cálculo do out-put total de C deverá resultar do somatório do C orgânico dissolvido perdido por arrastamento no processo erosivo, mineralização da M.O. e a biomassa arrastada. Para calcular o balanço geral verifica-se que aparentemente o in-put anual de C é sempre superior ao out-put significando portanto um sequestro positivo de C (cerca de 2,4tonC/ha). Nas regiões mais quentes, o aumento de temperatura e redução da precipitação “utilizável” pelas plantas deverão conduzir a menor produção e maior mineralização da M.O. com diminuição no sequestro do carbono. Teixeira *et al* (2008) determinaram o sequestro potencial de CO₂ em pastagens semeadas permanentes de sequeiro mediterrânico biodiversas e ricas em leguminosas. Como o sequestro de carbono ocorre por via do teor de M. O. do solo, os resultados são apresentados a partir da dinâmica deste factor de caracterização do solo e estima-se uma fixação anual de carbono de 4,1 a 5,4ton CO₂/ha/ano. O sequestro de carbono será eventualmente um dos serviços ambientais mais relevantes que o ecossistema Montado poderá prestar a Portugal e deverá constituir uma medida de apoio agro-ambiental fundamental para a sustentabilidade económica do ecossistema, baseada na vertente ambiental do mesmo.

A prevenção de incêndios é uma das grandes vantagens que a correcta exploração do ecossistema Montado proporciona de forma natural e sem recurso a grandes investimentos com esse objectivo específico, que reside essencialmente no controlo da flora arbustiva. Leitão (2002) apresentou um trabalho sobre o fogo na paisagem mediterrânica, onde explica a propensão do clima típico desta região para os incêndios, nomeadamente durante o verão quente, longo e seco determinante na condução dos sistemas produtivos. Refere também a domesticação do fogo pelo homem que utilizou este meio de controlo para introduzir os sistemas agro-pecuários praticados na região ao longo de milhares de anos. No caso das quercíneas, possuem mecanismos funcionais que lhes permite subsistir após a ocorrência do fogo (rebentamento vigoroso a partir de estruturas radiculares ou mesmo do tronco através da cortiça). O controlo dos matos (flora arbustiva) e o melhoramento das pastagens (flora herbácea) têm ocultado o papel do fogo nesta região. Até aos anos 60 (séc. XX) os fogos consumiam anualmente até cerca de 50.000ha de vegetação mediterrânica, apesar da actividade agrícola ter enraizado na sua cultura a execução anual de “aceiros”, que delimitavam as periferias das explorações e as folhas destinadas às culturas arvenses de sequeiro.

Sobretudo após a mecanização, passou a tornar-se em elevado factor de risco de ignições, a actuação sobre grandes volumes de biomassa seca no início do Verão (operações de debulha e manuseamento da palha). O aumento da área de vegetação mediterrânica consumida anualmente pelos incêndios para 200.000ha nas últimas décadas, só pode ser justificado pelo abandono da actividade agrícola. Nomeadamente os sistemas de produção pecuária extensiva, que obrigavam ao controlo da flora arbustiva com o objectivo primordial de aumentar a produtividade das pastagens e consequentemente da produção animal, tinham um efeito secundário ambientalmente desaperecebido que consistia na diminuição do combustível para o fogo. De facto, nos locais onde ainda se mantêm as actividades tradicionais de uso do solo a tendência para o aumento da área ardida não se verificou (Leitão, 2002). O comportamento do animal em pastoreio foi estudado por Bugalho (2008), que ao tratar da pecuária extensiva, realça as vantagens nos complementos dos diversos comportamentos alimentares por espécie pecuária na evolução da composição botânica, na estrutura do ecossistema e na reciclagem de nutrientes, que no seu conjunto contribuem para a produtividade final do sistema produtivo. Moreira (2008) defende que o desenvolvimento da pecuária extensiva necessita de um novo empreendedorismo devido ao desinteresse da iniciativa privada em promover estes sistemas de produção, como forma de gerir eficientemente a floresta mediterrânica e consequentemente prevenir os incêndios florestais/rurais. Refere porém que estes sistemas se caracterizam por desenvolver uma actividade com fortes externalidades positivas (benefícios para a sociedade) que deveriam contribuir para a valorização económica dos sistemas produtivos, para além da realização da receita exclusivamente dos produtos pecuários. A consequência imediata e surpreendentemente explosiva deste fenómeno do abandono rural é a proliferação descontrolada da flora arbustiva que representa claramente a maior componente da biomassa combustível que alimenta os fogos florestais/rurais. A simples denominação de “mato”, para identificar este estrato vegetal, encerra em si mesmo uma conotação de menos valia e abandono. Reflete o baixo valor nutritivo que representa para a produção animal e mesmo constituindo uma fracção da biodiversidade vegetal, que oferece refúgio à fauna bravia, recursos no domínio das plantas aromáticas e medicinais ou substrato para a produção apícola, a sua agressividade e rusticidade rapidamente o torna dominante nos ecossistemas. Estes desequilibram-se e entram em situação de rotura (potenciais e explosivos alvos de incêndios tanto mais incontroláveis quanto generalizada estiver a dominância do mato). Qualquer que seja a estratégia seguida para o controlo da flora arbustiva, tem que ser integrada num sistema de produção, que para ser sustentável terá em primeiro lugar que apresentar viabilidade económica, única possibilidade de fixar populações ou agregados familiares que possam ver a sua subsistência salvaguardada. No caso do Alentejo, onde por um lado domina o ecossistema Montado, que se explorado convenientemente diminui os riscos de incêndios, por outro, em virtude da estrutura fundiária indissociável da exploração extensiva, predomina a grande dimensão da exploração agrícola, torna exequível a substituição do pastor por vedações, reduzindo os custos de produção e alargando a rotação permite salvaguardar a regeneração natural das quercíneas.

O sob-coberto do Montado é regularmente alterado para controlo do mato. Contudo, a riqueza faunística e florística dos Montados mantém a biodiversidade. A razão de ser desta resiliência encontra-se na variação da estrutura horizontal, que combina vários estádios das componentes vegetais do ecossistema, variando na densidade do coberto arbóreo, no desenvolvimento da componente

arbustiva e a componente herbácea que varia na proporção do banco de sementes no solo (Onofre, 2001). Estabelecem-se assim um conjunto de parcelas dentro de uma mesma exploração, que constituem a Rotação do Montado e que em linguagem ecológica se identifica como distribuição em mosaico. Estas “nuances” na paisagem do Montado são muito importantes para a fauna e para a avifauna em particular, pois a escassos metros podem ocorrer outras espécies, em resultado de diferentes condições de micro-habitat. Onofre (2001) compõe um retrato em traços gerais das comunidades de vertebrados selvagens dos Montados, que envolve mais de **60** espécies de aves nidificantes, mais de **20** de mamíferos e outras tantas espécies de répteis e anfíbios. Nos Montados confirma-se a sua riqueza específica na medida em que foi possível numa só estação registar mais de 30 espécies nativas de plantas vasculares; no levantamento faunístico foram identificadas **18** espécies de mamíferos, **133** espécies de aves, **13** espécies de répteis, **10** espécies de anfíbios e **3** espécies de peixes. Ainda que pontualmente e realmente raras, porque seriamente ameaçadas, podem aparecer espécies como: Abutre negro (*Aegypius monachus*); Águia real (*Aquila chrysaetus*); Águia imperial (*Aquila heliaca adalberti*); Cegonha negra (*Ciconia nigra*) e Lince ibérico (*Lynx pardina*).

O estudo desenvolvido por Santana (2009) na Serra do Caldeirão (Algarve) para avaliação da biodiversidade em florestas mediterrânicas revelou que a frequência das desmatações tem um efeito muito importante sobre a vegetação, se bem que de forma distinta consoante os estratos. As comunidades herbáceas são momentaneamente favorecidas atingindo valores de cobertura e riqueza específica mais elevados em parcelas desmatadas mais frequentemente. Nas parcelas sujeitas a mais de uma desmatção por cada duas décadas, a que correspondem os sobreirais dedicados à produção de cortiça, caracterizam-se por um estrato arbóreo pobre, obviamente dominado pelo sobreiro e um sob-coberto pouco estruturado e pobre em espécies e que é dominado por espécies arbustivas de crescimento rápido e com propagação por sementes (cistáceas). Nas zonas de desmatção mais frequente (ciclo de desmatção mais curto) o controlo da flora arbustiva envolve a destruição das jovens plantas de sobreiro, camufladas pelo mato, dando origem ao estrato arbóreo pobre e afectando as espécies de recuperação mais lenta (plantas de regeneração vegetativa) que cedem o espaço às pioneiras arbustivas referidas e de menor valor qualitativo e paisagístico. Nas parcelas em que o sob-coberto apresenta longevidades superiores a 20 anos o panorama da vegetação altera-se significativamente, já que o estrato herbáceo perde a sua representatividade, o estrato arbustivo passa gradualmente a ser dominado pelas espécies de crescimento mais lento, de regeneração vegetativa (ex: urze-branca) e de frutos carnudos (ex: medronheiro) enriquecendo a heterogeneidade vertical e no topo da estratificação vegetal uma componente arbórea mais rica e sempre dominada pelo sobreiro.

Os cogumelos constituem elementos fundamentais na manutenção da vitalidade e saúde dos ecossistemas florestais, visto que as espécies micorrízicas protegem as árvores de ataques patogénicos e contribuem para a eficácia da absorção de água e nutrientes, enquanto que as espécies sapróbias fomentam a degradação da M. O. participando portanto no ciclo do carbono. Das **130** espécies diferentes que foram inventariadas predominam os ectomicorrízicos mas incluindo também alguns sapróbios. Se bem que a ocorrência de cogumelos é fortemente condicionada pelos regimes de pluviosidade e temperatura, verificou-se no entanto que no caso das desmatações mais frequentes a recuperação dos ectomicorrízicos é mais rápida (provavelmente pela manutenção de refúgios em

plantas não afectadas) e nos sapróbios de recuperação mais lenta na relação directa com os teores de M. O. do solo.

A importância das borboletas no ecossistema provém da sua contribuição vital na cadeia trófica e do seu papel imprescindível na polinização das plantas. São por isso insectos ideais para o estudo da dinâmica de populações, sendo que neste estudo foram inventariadas **43** espécies de borboletas diurnas, variando as espécies do final da Primavera para o início do Verão, mas sempre com maior abundância nestas épocas do ano. As parcelas com desmatção mais recente também apresentam maior abundância e riqueza de borboletas consequência provável da predominância do estrato herbáceo.

As aves são óptimos indicadores da qualidade ambiental devido à utilidade que demonstram na compreensão do efeito da aplicação das medidas de gestão na biodiversidade. Desempenham um papel fundamental na dispersão de sementes durante o Inverno e constituem importantes elementos na cadeia trófica quer como presas quer como predadores. A avifauna identificada na Serra do Caldeirão num total de **46** espécies tem uma composição específica típica das florestas mediterrânicas e que se distribuem por 40 na Primavera e 32 no Inverno associadas às parcelas em estudo. A abundância e riqueza da avifauna aumentam gradualmente de acordo com o ciclo de desmatção predominando espécies distintas entre espaços ou intervalos de intervenção na limpeza do mato. O facto que influi directamente na concentração de aves consumidoras de frutos carnudos é a existência de medronheiro, que é o suporte alimentar deste tipo de aves durante os meses de Inverno quando a disponibilidade do medronho é efectiva.

Efectivamente, para todos os indicadores de biodiversidade existe uma complementaridade na distribuição das espécies pelas parcelas com estádios diferenciados de desenvolvimento do mato, o que justifica a compartimentação em sistema de mosaico, salvaguardando zonas com ausência de desmatção, com várias décadas, que mantenham um repositório de biodiversidade específico destes meios. Contudo, a segurança e sobrevivência da floresta depende do controlo da biomassa combustível (matos), pelo que a operação de desmatção (intervenção do homem) se torna imprescindível ainda que com décadas de intervalo.

A introdução da pecuária extensiva na floresta mediterrânica representa, desde que respeitada a capacidade de carga do ecossistema, a implementação de práticas sustentáveis numa óptica de usos múltiplos da floresta, que contempla a conservação da biodiversidade de forma compatível com a obtenção sustentável de contrapartidas sócio-económicas (Montado). A correcta implementação da pecuária extensiva decorrerá da forma como for planeada e praticada a Rotação do Montado, que deverá ter em conta uma avaliação perfeita da exploração, um emparcelamento adequado, com as necessárias infra-estruturas e a prática de um manejo que, incluindo as zonas de desmatção, seguidas de cultura forrageira e melhoramento de pastagens, permitirá desenvolver um Esquema Alimentar para a pecuária extensiva baseado em recursos naturais. Este tem a vantagem do “atraso” que provoca sobre o desenvolvimento do estrato arbustivo, o qual por este facto, geralmente, se apresenta bastante mais controlado (prevenção de incêndios), contribuindo assim para o alargamento da rotação, ou seja, para a diminuição do número de desmatções ao longo do tempo. Acresce o efeito melhorador da pastagem na recuperação dos solos (mais M. O., sequestro de C e retenção de água) e manutenção da biodiversidade (composição florística e faunística).

CONCLUSÕES

A gestão tradicional do ecossistema Montado através da correcta implementação da Rotação do Montado, que salvaguarda as características agro-silvo-pastoris e de multifuncionalidade do mesmo, tendo como objectivos principais o controlo da componente arbustiva, a regeneração do estrato arbóreo e melhoramento do potencial produtivo dos recursos naturais, é ambientalmente equilibrada e sustentável.

A retribuição pelos serviços ambientais que o Montado presta, identificados como externalidades (recuperação de solos, reequilíbrio do ciclo da água, sequestro do carbono, preservação de incêndios e manutenção da biodiversidade e da paisagem), deverão ser objecto de uma valorização que possa ser atribuída ao sistema, de forma a garantir a sobrevivência dos sistemas de agricultura extensivos e baixa produtividade das zonas mediterrânicas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BUGALHO, M. N. 2008. “O pastoreio como ferramenta de gestão dos habitat: prevenção de incêndios rurais” in “A Silvopastorícia na Prevenção dos Fogos Rurais” coord. M.B. Moreira & I.S. Coelho, ISAPress, 61-76;

CUBERA, E., MONTERO, M.J. & MORENO, G. 2004. “Effect of Land Use on Soil Water Dynamics in Dehesas of Central-Western Spain” in “Sustainability of Agrosilvopastoral Systems – Dehesas, Montados” ed. Susanne Schnabel & Alfredo Ferreira, *Advances in Geocology* nº 37, 109-123;

GALLARDO, J.F. & GONZALEZ, M.I. 2004. “Sequestration of Carbon in Spanish Deciduous Oak Forests” in “Sustainability of Agrosilvopastoral Systems – Dehesas, Montados” ed. Susanne Schnabel & Alfredo Ferreira, *Advances in Geocology* nº 37, 341-351;

MADRP sem data “Manual Básico de Práticas Agrícolas: Conservação do solo e da água” ed. INGA-MADRP pp. 19;

MOREIRA, M. B. 2008. “A pastorícia como prevenção dos fogos rurais: a necessidade de um novo empreendedorismo” in “A Silvopastorícia na Prevenção dos Fogos Rurais” coord. M.B. Moreira & I.S. Coelho, ISAPress, 99-122;

MURILLO, M. SCHNABEL, S. & GONZALEZ, F. 2004. “Effects of Different Pasture Improvement Techniques on Soil Erosion and Herbaceous Vegetation in a Wooded Rangeland, South-West Spain” in “Sustainability of Agrosilvopastoral Systems – Dehesas, Montados” ed. Susanne Schnabel & Alfredo Ferreira, *Advances in Geocology* nº 37, 377-389;

NAVAS, D., BABO, H. & POTES, J. 2005. “Evolução do solo sujeito a diferentes sistemas de pastoreio e melhoramento de pastagens” *Rev. Pastagens e Forragens* vol. 26/27, 47-54;

Onofre, N. 2001. “A rolha, os Montados e a fauna”

<http://naturlink.sapo.pt/article.aspx?menuid=3&cid=5201&bl=1>

RÊGO, F. C., VASCO, I., CARVALHO, J., BUGALHO, M., MORGADO, Â & SILVA, L. N. 2008. “Sobreiro, uma barreira contra a desertificação”

<http://www.pluridoc.com/Site/FrontOffice/default.aspx?Module=Files/FileDescription&ID=1964&lang=pt>

- SANTANA, J. 2009. “Gestão e Conservação da Biodiversidade de Florestas Mediterrânicas: o caso dos Sobreirais da Serra do caldeirão” <http://naturaLink.sapo.pt/article.aspx?menuid=3&cid=8091&bl=1>
- SILVA, J. S. 2002. “Estrutura dos Sistemas Radicais e Dinâmica da Água no Solo numa Comunidade arbustiva da Tapada Nacional de Mafra” www.naturaLink.pt;
- TEIXEIRA, R., DOMINGOS, T., CANAVEIRA, P., AVELAR, T., BASCH, G., BELO, C., CALOURO, F., CRESPO, D., FERREIRA, V.G. & MARTINS, C. 2008. “Carbon Sequestration in Biodiverse sown pastures” *Rev. Options Méditerranéennes Serie A-79*, 123-126;
- LEITÃO, N. 2002. “O Fogo na Paisagem Mediterrânica” www.naturaLink.pt;

ENVIRONMENTAL SUSTAINABILITY OF MONTADO ECOSYSTEM

SUMMARY

This paper aims an overview and integration of studies about Montado ecosystem and its analysis by an environmental approach.

It looks forward the evaluation of impacts of the ecosystem in the environment starting by the soil the physical support of farming systems. Generally soil supports strong aggressions on its structure and constitution making questionable its sustainability as a renewal and balanced resource. The impact of the ecosystem in the cycle of water will be focused considering the scarcity of this resource for life and production systems. The climatic changes are first of all dependent of the quality of atmosphere by the type of gases in air. The sequestration of carbon is now the most important target of the production systems and so we will deal about the potential of this ecosystem in this field. Fire is a recent threat ness because of the rural desertification on the past few years and so we will try to evaluate the impact of Montado in fire prevention. Finally the characterization of biodiversity which is particularly important in this ecosystem it will be also a reference for the environmental sustainability of Montado ecosystem.

Key words: soil, water, air, fire, biodiversity.

ECOLOGÍA DE LOS “LAMEIROS” EN UNA ALDEA DEL PLANALTO DE MIRANDA, TRÁS-OS-MONTES, PORTUGAL.

G. DA SILVA MÉNDEZ^{1,2} Y C. AGUIAR^{2,3}

¹ Grupo de Ecología Evolutiva e da Conservación, Departamento de Ecología e Biología Animal, Universidade de Vigo, E.U.E.T. Forestal, Campus Universitario, 36005 Pontevedra (España). ² AEPGA - Associação para o Estudo e Protecção do Gado Asinino, Largo da Igreja, 5225 - 011 Atenor, Miranda do Douro (Portugal). ³ Centro de Investigação de Montanha-CIMO, Escola Superior Agrária de Bragança, Apartado 1172, 5301-855 Bragança (Portugal)

RESUMEN

Los pastizales semi-naturales se encuentran en franca regresión en todo el territorio de la UE, tanto por su abandono, como por las alteraciones en el uso del suelo. La desaparición de este tipo de hábitats implica el declive de la flora y fauna asociadas, dependientes del mantenimiento de las labores de manejo tradicionales de carácter extensivo. En el presente trabajo se estudió el efecto del cese de algunas de estas prácticas sobre la estructura florística de estos pastizales semi-naturales. En una serie de estos pastizales semi-naturales del altiplano mirandés, en el nordeste de Portugal, se observó que la eliminación de las labores de siega a finales de primavera modifica la estructura florística de las parcelas, acompañada de una disminución de la diversidad vegetal.

Palabras clave: diversidad florística, siega, pastoreo, pastos abandonados.

INTRODUCCIÓN

Ante el déficit de alimentos surgido tras la segunda Guerra Mundial, en Europa, se buscó desarrollar un nuevo régimen de producción que asegurase el abastecimiento de toda la población; esto dio origen a que se aprobase en 1962 la Política Agraria Común (PAC). A partir de ella se potenció el desarrollo de agriculturas intensivas que maximizasen la producción frente a los modelos extensivos tradicionales. Estas prácticas tuvieron una serie de consecuencias negativas sociales y ecológicas entre las que se encuentran la sobreproducción de alimentos, la disminución de la población rural (Sancho Comins *et al.*, 1993), la pérdida y fragmentación de hábitats (Baur *et al.*, 2006; Maurer *et al.*, 2006) o la disminución de la biodiversidad en grupos como aves (Donald *et al.*, 2002; Perkins *et al.*, 2000; With *et al.*, 2008), araneidos (Cole *et al.*, 2005), lepidópteros (Dolek y Geyer, 1997) u otros grupos de artrópodos (Noordijk *et al.*, 2009). Así, los pastizales semi-naturales originados por actividades agropecuarias extensivas con un bajo grado de perturbación han sufrido un importante declive a nivel europeo en la segunda mitad del siglo XX (Young, 2005), lo que ha desembocado en que hayan sido incluidos como hábitats protegidos dentro del anexo de la Directiva Hábitat de la EU.

En el Planalto Mirandés, región de Trás-os-Montes, nordeste de Portugal, se ha producido en las últimas décadas una paulatina disminución de la población, acompañada de un envejecimiento de la misma (Ramos *et al.*, 2007). El sector agrícola se encuentra entre aquellos que más sufren las consecuencias de esta tendencia lo cual repercute en el abandono progresivo del manejo tradicional de los “lameiros”. Estos pastizales semi-naturales están en una zona transición entre las clases *Molinio-Arrhenatheretea* y *Nardetea strictae* (ambas incluidas en la directiva hábitats) y son empleados fundamentalmente para el forrajeo del ganado. Además son sometidos a siegas anuales a principios del verano, pudiendo llevarse a cabo una segunda antes de la llegada del otoño, sin que se efectúen otro

tipo de trabajos agrícolas en ellos. La comprensión de los efectos de las perturbaciones antrópicas sobre este tipo de sistemas se presenta indispensable para implementar los mecanismos necesarios para la conservación de la riqueza natural de los mismos. El presente trabajo, de carácter exploratorio, pretende determinar el efecto que las diferentes actividades tradicionales y el cese de las mismas tienen sobre la diversidad florística en los “lameiros”.

MATERIAL Y MÉTODOS

Durante el invierno de 2008-2009 y hasta el verano de 2009 se procedió a la caracterización del manejo de los pastizales de la aldea de Atenor, concejo de Miranda do Douro, determinando si eran pastados y porque tipo de ganado, y si eran segados. Para ello se habló con los dueños de los “lameiros”, arrendatarios, vecinos y pastores, además de realizarse prospecciones *in situ*. El levantamiento de la vegetación se llevó a cabo en 42 “lameiros” durante la primera quincena de Junio de 2009. Para ello, en las zonas mésicas de los pastizales se determinó la abundancia-cobertura para cada especie presente en cuadrículas de 3x3 m, en base a la escala de Domin-Krajina.

El análisis multivariante de los datos florísticos y los usos de los pastizales se llevó a cabo con el programa CANOCO para Windows v. 4.5. Las tres variables ordinales empleadas son: siega/no siega, vacas/no vacas y ovejas/no ovejas, indicando estas dos últimas si entra este tipo de animales a pastar o no en los lameiros. La comparación de la diversidad específica entre los distintos grupos de lameiros se realizó mediante análisis de la varianza (Analysis of Variance, ANOVA), implementados en el programa SPSS 15.0. Para estimar el número de especies observadas (Mao Tau) y de especies esperadas (Jackknife) se utilizó el programa ESTIMATES Win 8.20.

RESULTADOS

Tabla 1. Resultados del análisis CCA.

Axes	1	2	3	4	
Eigenvalues:	0.221	0.142	0.066	0.407	Total inercia 5.718
Species-environment correlations	0.819	0.790	0.724	0.000	
Cumulative percentage variance of species data	3.9	6.3	7.5	14.6	
of species-environment relation	51.5	84.5	100.0	0.0	
Sum of all eigenvalues					5.718
Sum of all canonical eigenvalues					0.429
F-ratio axis1	1.597	P-value axis 1	0.0380	F-ratio all axes	1.071
					P-value all axes 0.2540

Se contabilizaron 129 especies diferentes en el total de los muestreos realizados. Inicialmente, el objetivo de determinar el tipo de análisis más recomendable, se realizó un análisis DCA (Análisis de Correspondencia con liberación de tendencias (*Detrended*)). La longitud del gradiente del mayor de los ejes obtenidos, superior a 3 (3,437), sugiere como más apropiado un método de ordenación unimodal (Braak, 1986; Leps y Smilauer, 2003). Se efectuó entonces un análisis CCA (Análisis de Correspondencias Canónicas) y tests de Montecarlo para los ejes (resultados en la Tabla 1 y Figura 1).

Posteriormente se realizó una selección de variables paso a paso hacia adelante (Forward Stepwise Procedure) para detectar qué variables explican más eficientemente la distribución florística, así como tests de Montecarlo para conocer su significación (significativas cuando el valor de $p < 0,05$. Resultados en Tabla 2) e idoneidad para su integración en el modelo multivariante final. A partir de esta información se separaron los lameiros en dos grupos: segados y no segados. Se contabilizaron un total de 110 especies en los 19 lameiros segados y 83 en los 23 no segados. Se estudió la diversidad específica en estos grupos y se sometieron a pruebas de normalidad (Kolmogorov-Smirnov) para la distribución de esta diversidad específica. Las Z obtenidas fueron: $Z_{\text{segados}}=0,688$; $Z_{\text{nosegados}}=0,701$.

Asumiendo la normalidad en las distribuciones se realizó una prueba T para muestras independientes obteniéndose un valor de $p=0,000$ (Tabla 3). Por lo tanto podemos concluir que existen diferencias significativas con respecto a la diversidad específica entre ambos grupos. Los valores de las medias y desviación típica de la diversidad específica por cuadrícula de muestreo para lameiros segados y no segados son de: $20,05\pm 5,29$ y $13,00\pm 4,35$ respectivamente (Tabla 4).

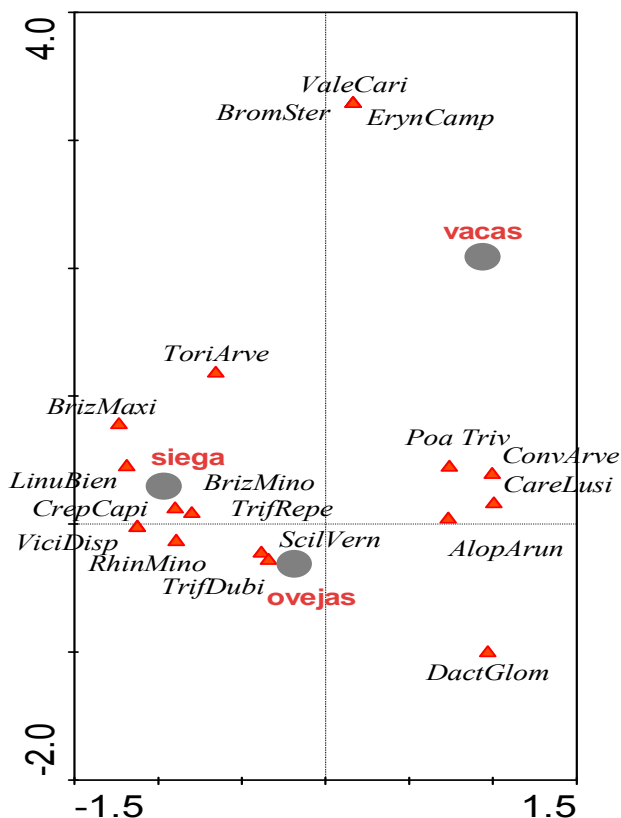


Figura 1. Proyección retrospectiva de especies (simplificadas por mayor peso estadístico) y variables ambientales (tipos de usos).

DISCUSIÓN

Los Efectos Marginales (Tabla 2) indican que, de entre las variables estudiadas, la siega es la que muestra una mayor influencia sobre la estructura florística de los lameiros de Atenor. Asimismo, el Test de Montecarlo indica la significatividad de esta variable ($p<0,05$; Tabla 2).

Tabla 2. Resultados del análisis Forward Stepwise.

Marginal Effects				
Variable	Var.N	Lambda1		
siega	1	0.21		
ovejas	2	0.14		
vacas	3	0.14		
Conditional Effects				
Variable	Var.N	LambdaA	P	F
siega	1	0.21	0.004	1.52
ovejas	2	0.14	0.418	1.03
vacas	3	0.10	0.910	0.68

Además, las correlaciones entre variables ambientales y los “scores” del eje 1 (significativo para el Test de Montecarlo, $p < 0,05$) señalan que la siega es el factor que más influye en la estructura florística de los pastizales muestreados (Tabla 1).

Tabla 3. Resultado de la prueba T para muestras Independientes para diversidad específica de lameiros segados frente a no segados.

		t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
							Superior	Inferior
Numesp	Se han asumido varianzas iguales	4.746	40	.000	7.05263	1.48593	4.04945	10.05581
	No se han asumido varianzas iguales	4.658	34.842	.000	7.05263	1.51418	3.97818	10.12708

En el “biplot” especies-variables ambientales se identifican varias especies asociadas a este tipo de manejo. Algunas leguminosas de alto valor alimenticio (ej.: *Trifolium repens*) se ven favorecidas por la siega, mientras que su ausencia fomenta la proliferación de gramíneas en detrimento de las leguminosas, con la consiguiente disminución de la calidad alimenticia de los pastizales (Figura 1). Esto implicaría que la falta de siega no estaría acompañada por un aumento del pastoreo directo. La comparación de los valores de diversidad específica (Tabla 4) abunda en esto e indica la disminución en aquellos pastizales en los que los trabajos de siega ya no se llevan a cabo.

Tabla 4. Diversidad específica de lameiros segados y lameiros no segados

	N (nº de lameiros)	Media (nº de especies)	Desviación típ.	Error típ. de la media
Segados	19	20.0526	5.28597	1.21269
No segados	23	13.0000	4.34846	.90672

La Figura 2 ofrece las curvas de acumulación de especies para lameiros segados y no segados. En la Figura 3 se representan las curvas para especies estimadas mediante el uso del estimador Jackknife de primer orden. En ambas figuras se puede observar el mayor número de especies para los lameiros segados frente a los no segados.

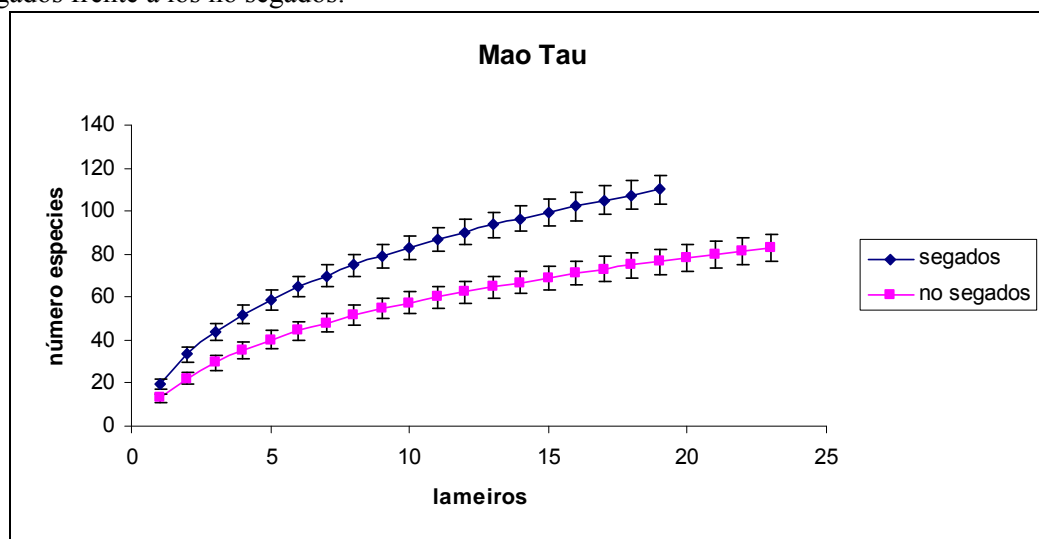


Figura 2. Curva de acumulación de especies.

En el caso del pastoreo, no se puede concluir que éste no tenga influencia sobre la diversidad de los lameiros. Es necesario indicar que de las 42 parcelas muestreadas, tan sólo dos no estaban so-

metidas a pastoreo por vacas u ovejas. El origen de esto se halla en que casi la totalidad de los lameiros que no son utilizados por sus dueños o arrendatarios para el alimento de vacas, son cedidos para el uso por parte de los pastores de ovejas; de ahí la posición relativa de los centroides para las variables ambientales en la Figura 1, en la que se ve como las variables vacas y ovejas se sitúan en posiciones prácticamente opuestas respecto al origen de los ejes. De este modo, en el caso de que la influencia del pastoreo se debiese más al pastoreo en sí que al tipo de ganado que lo llevase a cabo, el efecto no se podría determinar con el presente estudio, al enfrentar éste 40 lameiros pastoreados frente a sólo dos sin pastorear.

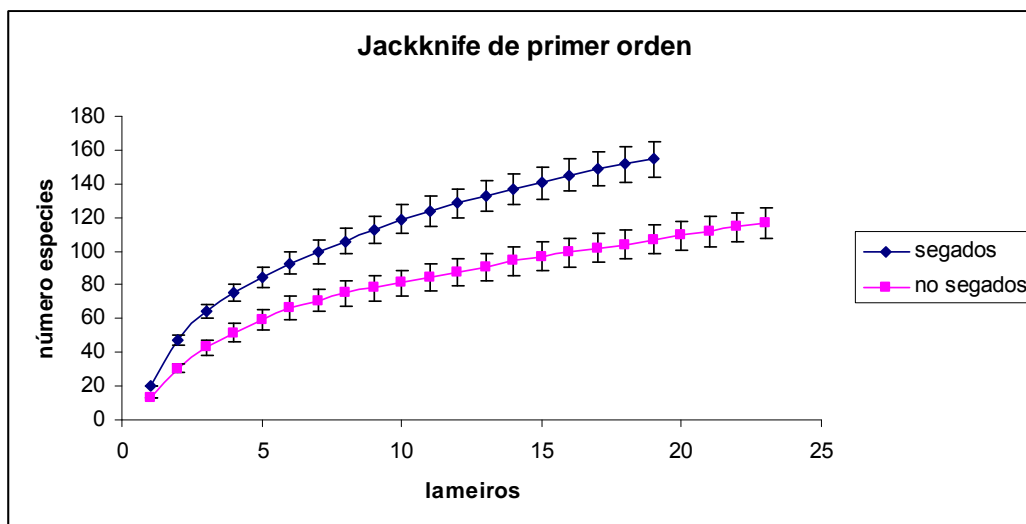


Figura 3. Curva de especies estimadas

CONCLUSIONES

El abandono de algunos manejos tradicionales de los lameiros, como la siega, repercute sobre su composición florística, disminuyendo su calidad alimenticia por la proliferación de gramíneas acompañada de la exclusión de leguminosas más nutritivas aunque de menor talla y peores competidoras (Grime, 1979) (Figura 1). Esta modificación va acompañada por una disminución de la diversidad específica (Tabla 4). Tal efecto, además, puede tener consecuencias sobre otros taxones como micorrizas, insectos o aves, cuya diversidad está relacionada con la propia de la vegetación (Börstler *et al.*, 2006; Cole *et al.*, 2005; Noordijk *et al.*, 2009). Analizando los resultados obtenidos, se considera necesario, de cara a los próximos trabajos, determinar los efectos del fin de estas actividades en esta región sobre otros grupos taxonómicos, así como aumentar el esfuerzo de muestreo de la vegetación con el objetivo de poder determinar la influencia del pastoreo a este respecto, para poder implementar metodologías de gestión que contribuyan a una mejor preservación de los valores naturales de estos sistemas objetivo prioritario de conservación.

BIBLIOGRAFÍA

- BÖRSTLER, B.; RENKER, C.; KAHMEN, A.; BUSCOT, F., 1-3-2006. Species composition of arbuscular mycorrhizal fungi in two mountain meadows with differing management types and levels of plant biodiversity, *Biology and Fertility of Soils*, **42**,(4) 286-298.
- BAUR, B.; CREMENE, C.; GROZA, G.; RAKOSY, L.; SCHILEYKO, A. A.; BAUR, A.; STOLL, P.; ERHARDT, A., 2006. Effects of abandonment of subalpine hay meadows on plant and invertebrate diversity in Transylvania, Romania, *Biological Conservation*, **132**,(2) 261-273.
- BRAAK, C. J. F. T., 1986. Canonical Correspondence Analysis: A New Eigenvector Technique for

- Multivariate Direct Gradient Analysis, *Ecology*, **67**,(5) 1167-1179.
- COLE, L.; MCCRACKEN, D.; DOWNIE, I.; DENNIS, P.; FOSTER, G.; WATERHOUSE, T.; MURPHY, K.; GRIFFIN, A.; KENNEDY, M., 2005. Comparing the effects of farming practices on ground beetle (Coleoptera: Carabidae) and spider (Araneae) assemblages of Scottish farmland, *Biodiversity and Conservation*, **14**,(2) 441-460.
- DOLEK, M.; GEYER, A., 1997. Influence of management on butterflies of rare grassland ecosystems in Germany, *Journal of Insect Conservation*, **1**, 125-130.
- DONALD, P. F.; PISANO, G.; RAYMENT, M. D.; PAIN, D. J., 2002. The Common Agricultural Policy, EU enlargement and the conservation of Europe's farmland birds, *Agriculture, Ecosystems & Environment*, **89**,(3) 167-182.
- GRIME, J. P., 1979. *Plant strategies and vegetation processes*. John Wiley & Sons.
- JAN LEPS; PETR SMILAUER, 2003. *Multivariate analysis of ecological data using canoco*. Cambridge University Press, 267pp, Cambridge, (Reino Unido).
- MAURER, K.; WEYAND, A.; FISCHER, M.; STCKLIN, J., 2006. Old cultural traditions, in addition to land use and topography, are shaping plant diversity of grasslands in the Alps, *Biological Conservation*, **130**,(3) 438-446.
- MUELLER-DOMBOIS, D.; ELLEMBERG, H., 1974. *Aims and Methods of Vegetation Ecology*. John Wiley & Sons.
- NOORDIJK, J.; DELILLE, K.; SCHAFFERS, A. P.; S²KORA, K. V., 2009. Optimizing grassland management for flower-visiting insects in roadside verges, *Biological Conservation*, **142**,(10) 2097-2103.
- PERKINS, A. J.; WHITTINGHAM, M. J.; BRADBURY, R. B.; WILSON, J. D.; MORRIS, A. J.; BARNETT, P. R., 2000. Habitat characteristics affecting use of lowland agricultural grassland by birds in winter, *Biological Conservation*, **95**,(3) 279-294.
- RAMOS, L.; AZEVEDO, N.; FERNANDES, D.; BENTO, R. 2007 Os Espaços Rurais da Região Norte. PROT-NORTE. CCDRN
- SANCHO COMINS, J.; BOSQUE SENDRA, J.; MORENO SANZ, F., 1993. Crisis and permanence of the traditional Mediterranean landscape in the central region of Spain, *Landscape and Urban Planning*, **23**,(3-4) 155-166.
- WITH, K. A.; KING, A. W.; JENSEN, W. E., 2008. Remaining large grasslands may not be sufficient to prevent grassland bird declines, *Biological Conservation*, **141**,(12) 3152-3167.
- YOUNG, J., ALLAN, W.; NOWICKI, P.; ALLARD, D.; CLITHEROW, J.; HENLE, K.; JOHNSON, R.; LACKO, E.; McRACKEN, D.; MATOUCH, S.; NIEMELA, J.; RICHARDS, C., 2005. Towards sustainable land use: identifying and managing the conflicts between human activities and biodiversity conservation in Europe, *Biodiversity and Conservation*, **14**, 1441-1461.

HAY-MEADOW ECOLOGY IN A VILLAGE OF THE MIRANDA PLATEAU, TRÁS-OS-MONTES, PORTUGAL.

SUMMARY

Semi-natural grasslands are in clear regression throughout the EU, both for its abandonment, as by changes in land use. The disappearance of this kind of habitats involves the decline of associated flora and fauna dependent on the maintenance of traditional management activities. In the present work we studied the effect of cessation of some of these practices on the floristic structure of hay-meadows in NE Portugal. We found that the removal of labours such as mowing at the end of spring modifies the floristic structure of the grasslands, which is accompanied by a decrease in plant diversity.

Keywords: floristic diversity, mow, graze, abandoned grassland.

CARACTERIZAÇÃO DA FERTILIDADE QUÍMICA DE LAMEIROS DO NORDESTE TRANSMONTANO

E. L. PEREIRA & M. ARROBAS

Centro de Investigação de Montanha (CIMO), ESA – Instituto Politécnico de Bragança, Apartado 1172, 5301-855 Bragança, Portugal – e-mail: epereira@ipb.pt

RESUMO

Os lameiros são pastagens de montanha, constituídos por vegetação espontânea ou sub-espontânea. Possuem uma importância secular na região do Nordeste Transmontano como suporte da alimentação dos efectivos pecuários. Com o objectivo de caracterizar o estado de fertilidade química destas pastagens procedeu-se à amostragem de solos em 7 lameiros, distribuídos pelo Nordeste Transmontano, na camada 0-30 cm. Os parâmetros químicos analisados foram: pH (H₂O), matéria orgânica, azoto, fósforo, potássio e capacidade de troca catiónica efectiva (CTC_e). Os valores de pH (H₂O) variaram entre 5,1 e 6,3, valores *ácido* e *pouco ácido*, respectivamente; os teores de matéria orgânica variaram entre a classificação *média* (22,8 g kg⁻¹) a *alta* (62,4 g kg⁻¹); os valores de N situaram-se entre 1,4 e 2,8 g kg⁻¹; o fósforo e o potássio variaram entre 12,4 a 68,5 mg kg⁻¹ e 108,7 a 284,5 mg kg⁻¹, respectivamente. À excepção do valor médio mais alto de fósforo registado, classificado de *médio*, os restantes são *muito baixos* e *baixos*. No que respeita ao potássio, registou-se apenas um lameiro com valor classificado de *alto*, sendo os restantes classificados de *muito alto*. Os valores de CTC_e variaram entre 7,1 e 12 cmol_c kg⁻¹. Dois dos 7 lameiros possuem valores classificados de *médios* e os restantes têm valores *baixos* de CTC_e.

Os resultados obtidos apontam para um estado de fertilidade química dos lameiros, *baixa a média*, sendo previsível a necessidade de aplicação de adubos azotados e fosfatados.

Palavras-chave: Lameiros, pastagens, fertilidade.

INTRODUÇÃO

Os lameiros são pastagens de montanha constituídas por vegetação espontânea ou sub-espontânea com carácter permanente. Distribuem-se por toda a faixa Oeste, Norte e Nordeste de Portugal Continental, cujas altitudes médias são superiores aos 700 m (Pires *et al.*, 1994). Estas pastagens são normalmente classificadas de acordo com o seu regime de aproveitamento em i) lameiros de pasto, ii) lameiros de erva e iii) lameiros de feno. A maioria dos lameiros é aproveitada em regime de pastoreio ao longo do ano, interrompido na Primavera para permitir um corte destinado à produção de feno. Para o efeito, os animais são retirados do lameiro durante um período de crescimento de 3-4 meses, até ao corte do feno, retomando-se depois o apascentamento na restante parte do ano, em função das condições ambientais e de crescimento da vegetação herbácea (Moreira, 2002).

De acordo com Moreira *et al.* (2001) as pastagens mais produtivas, que se encontram em solos de elevada capacidade produtiva, podem ultrapassar as 12 t de matéria seca ha⁻¹ ano⁻¹, produção equivalente a um encabeçamento superior a 2 bovinos/ha. As menos produtivas, por se encontrarem em terrenos menos húmidos ou por serem exclusivamente pastoreadas devido a declive excessivo ou por estarem a grande distância dos povoados, em solos pobres em nutrientes, produzem até 4-6 t de MS ha⁻¹ ano⁻¹, o que equivale a um encabeçamento em torno de 1 bovino/ha.

As fertilizações tradicionais praticadas em lameiros são feitas essencialmente à base de dejectos dos animais que se encontram em pastoreio e a “águas” de enxurradas encaminhadas a partir dos seus pontos de ocorrência (Moreira *et al.*, 2001).

Estas pastagens têm uma importância secular na região de Trás-os-Montes, como suporte da alimentação dos efectivos pecuários, nomeadamente das raças bovinas e ovinas autóctones, exploradas num sistema de produção extensivo.

Com o objectivo de caracterizar o estado de fertilidade química de algumas destas pastagens procedeu-se à amostragem de solos, na camada 0-30 cm, em 7 lameiros localizados no Nordeste Transmontano.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo experimental foi realizado em sete lameiros localizados nos concelhos de Bragança, Vimioso e Miranda do Douro. Estes lameiros foram seleccionados em locais onde este tipo de ocupação de solo é habitual, dada a existência de efectivos pecuários, nomeadamente os efectivos de bovinos maioritariamente da raça mirandesa. Esta raça tem o seu solar no concelho de Miranda do Douro estendendo-se para outros concelhos, nomeadamente o de Vimioso. Assim, no concelho de Miranda do Douro foram seleccionados 4 lameiros (Águas Vivas, Duas Igrejas, Palaçoulo e S. Martinho de Angueira) e no de Vimioso 2 lameiros (Caçarelhos e Vilar Seco). Dada a proliferação de lameiros no Nordeste Transmontano seleccionou-se ainda um outro na localidade de Alfaião, próximo da Escola Superior Agrária de Bragança (Figura 1). A área média dos lameiros de Alfaião, Águas Vivas e Caçarelhos é de 3 hectares e a de cada um dos restantes é de cerca de 2 hectares.

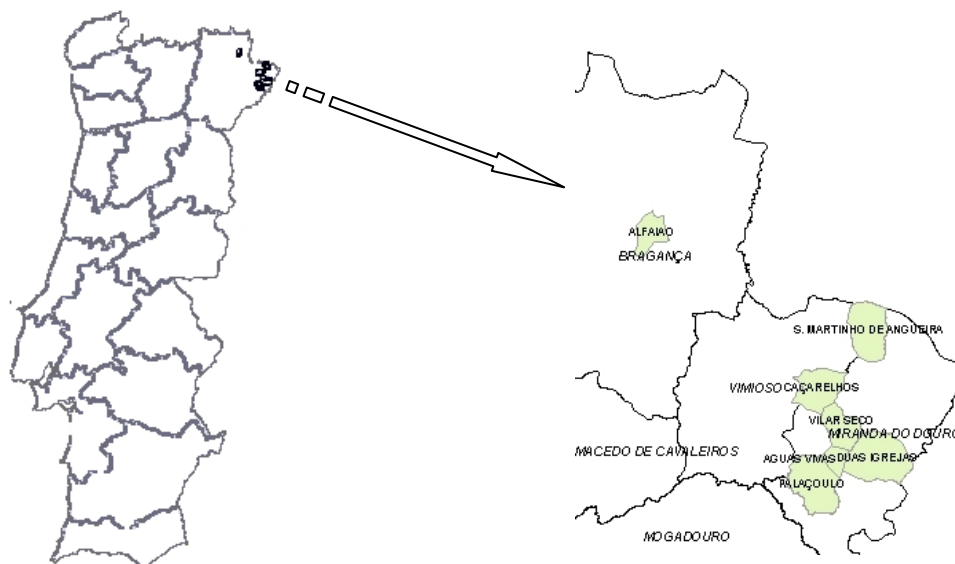


Figura 1. Localização geográfica da zona de estudo. As zonas sombreadas estão identificadas as freguesias onde se localizam os lameiros em estudo.

Sob o ponto de vista geológico, o lameiro de Alfaião assenta numa área de xistos hematíticos (borra de vinho), xistos cloríticos, com intercalações do topo para a base; os de Águas Vivas e Palaçoulo encontram-se situados sobre uma área de formação xistenta (xistos ardosíferos, xistos carbonosos com intercalações de metassiltitos na base); o de Caçarelhos assenta numa zona de transição entre granitos de grão médio de duas micas e formação de filitos e grauvaques; os lameiros

de Duas Igrejas e de Vilar Seco encontram-se situados numa área de laminação fina, paralela, de filitos negros e metagrauwaques com níveis de carbonatos; finalmente, o de S. Martinho de Angueira encontra-se sobre numa formação de quartzito armoricano (Pereira *et al.*, 2000; Carta Geológica de Portugal, Folha 2, escala 1:200 000).

As pastagens deste estudo estão inseridas em áreas correspondentes às unidades cartográficas da Carta de Solos do Nordeste de Portugal (Agroconsultores & Coba, 1991) em que predominam os Fluvissoles dístricos de aluviões (Alfaião), os Leptossoles dístricos de xistos e rochas afins (Caçarelhos, S. Martinho de Angueira, Vilar Seco, Palaçoulo e Duas Igrejas) e os Alissolos háplicos de sedimentos detríticos não consolidados (Águas Vivas). Estas são as unidades-solo mais representativas deste tipo de ocupação de solo (Agroconsultores & Coba, 1991).

No que respeita à altitude destes lameiros, o de Alfaião encontra-se a 580 m, o de S. Martinho de Angueira a 680 m e os restantes situam-se em altitudes variáveis entre 700 e 730 m de altitude.

Os lameiros do presente estudo são utilizados para apascentamento durante uma parte do ano e vedados ao pasto, geralmente entre Março e Maio, para obtenção de feno. À excepção do lameiro de Alfaião, que é pastoreado apenas por gado ovino, os restantes são pastoreados por gado bovino e ovino. De acordo com informações dos proprietários dos lameiros de Águas Vivas, Caçarelhos e Duas igrejas, a aplicação de fertilizantes ocorreu há mais de 10 anos. Nos restantes lameiros nunca se efectuaram fertilizações.

O clima da região é caracterizado por Verões quentes e secos e por Outonos e Invernos frios e chuvosos. A precipitação média anual das áreas de estudo situa-se entre os 554,5 mm (Miranda do Douro) e 741,1 mm (Bragança) e a temperatura média anual entre 11,9°C (Bragança) e 12°C (Miranda do Douro) (INMG, 1991).

A caracterização química do solo foi efectuada através de amostras colhidas à profundidade de 0-30 cm, tendo sido colhidas 4 amostras compostas por hectare, i. e., 12 amostras compostas nos lameiros de Alfaião, Caçarelhos e Águas Vivas e 8 amostras em cada um dos restantes lameiros. As amostras, após secagem numa estufa a 45°C, foram crivadas num crivo de 2mm de diâmetro. Foram determinados os seguintes parâmetros químicos: pH (H₂O), matéria orgânica, azoto, fósforo, potássio e capacidade de troca catiónica efectiva (CTC_e).

O pH das amostras de terra foi determinado numa suspensão de solo em água (relação peso/volume 1:2,5), utilizando um potenciómetro Metrohm 605 pH-Meter. O carbono (C) orgânico foi determinado de acordo com o método Walkley-Black e a matéria orgânica (MO) foi calculada por multiplicação do valor de C orgânico pelo factor 1,72. O teor em N no solo foi obtido após digestão da amostra com H₂SO₄, de acordo com o método Kjeldahl com recurso a um autoanalisador Kjeltac 1030 da TECATOR. As bases de troca foram extraídas através de uma solução de acetato de amónio (NH₄CH₃COO) 1 M ajustada a pH 7,0. A determinação de cálcio (Ca) e magnésio (Mg) no extracto foi realizada por espectrofotometria de absorção atómica. Os teores em potássio (K) e sódio (Na) foram determinados por espectrofotometria de emissão de chama. O fósforo e potássio extraíveis foram determinados de acordo com o método de Egner-Riehm e expressos nas formas P₂O₅ e K₂O. A classificação de todos os valores obtidos foi efectuada de acordo com INIAP (2006).

A comparação dos valores médios dos parâmetros do solo foi realizada através da análise de variância efectuada no programa *JMP*, versão 5.0, considerando significativas as diferenças em que p

fosse menor que 0,05. A comparação múltipla de médias foi efectuada aplicando o teste de Tukey-Kramer HSD ($\alpha < 0,05$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores de pH (H₂O) da zona em estudo variaram entre 5,1 (registado no lameiro de Duas Igrejas) e 6,3 (lameiro de Águas Vivas) (Tabela 1). Dois dos lameiros (Duas Igrejas e Caçarelhos) possuem valores de pH (H₂O) classificados de *ácidos* e os restantes possuem valores classificados de *pouco ácidos*. Os lameiros de pH ácido apresentaram também os valores mais elevados de acidez de troca e de alumínio de troca (dados não apresentados). Embora a maioria das espécies não reaja favoravelmente à acidez do solo, valores de pH iguais ou superiores a 5,2 são suficientes para o desenvolvimento de espécies espontâneas, inclusivamente algumas leguminosas (Moreira *et al.*, 2001; Pires *et al.*, 1994). No entanto, a aplicação de correctivos minerais alcalinizantes nestes dois lameiros poderá resultar em efeitos positivos quer na produção, quer na alteração da sua composição florística, consequência da alteração da disponibilidade de nutrientes no solo. Nos restantes esta característica química do solo não deverá constituir factor limitante ao crescimento das espécies.

Tabela 1. Valores médios de pH (H₂O), matéria orgânica, N, P₂O₅, K₂O, CTCe e razão C:N na profundidade de 0-30 cm (*n=12; n=8)

Lameiro	pH(H ₂ O)	MO	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CTCe	C:N
		-----g kg ⁻¹ -----	-----g kg ⁻¹ -----	-----mg kg ⁻¹ -----		cmol _c kg ⁻¹	
Alfaião*	6,2 a	35,6 cde	2,4 ab	28,9 cd	108,7 b	10,7 a	8,7 b
Águas Vivas*	6,3 a	28,2 de	1,4 c	12,4 d	296,7 a	7,1 c	11,5 a
Duas Igrejas	5,1 d	55,3 ab	2,3 abc	68,5 a	198,6 ab	7,8 bc	14,8 a
Palaçoulo	6,1 a	44,2 bcd	2,0 abc	57,1 ab	298,6 a	12,0 a	14,8 a
S. Martinho	5,8 b	22,8 e	1,7 bc	39,8 abcd	262,8 a	6,7 c	7,7 b
Vilar seco	5,6 c	49,4 abc	2,4 ab	28,0 bcd	272,4 a	6,5 c	12,6a
Caçarelhos*	5,2 d	62,4 a	2,8 a	36,9 bc	245,7 a	9,8 ab	13,5 a

Letras diferentes na mesma coluna indicam diferenças significativas pelo teste de Tukey-Kramer ($\alpha < 0,05$).

Os teores de matéria orgânica variaram entre a classificação *média* (22,8 g kg⁻¹) (S. Martinho de Angueira) a *alta* (62,4 g kg⁻¹) (Caçarelhos), tendo-se verificado diferenças estatísticas significativas entre lameiros. Neste tipo de ocupação do solo, a ausência de mobilizações, as temperaturas relativamente baixas, bem como o baixo potencial de oxi-redução, resultado do encharcamento de alguns lameiros em certos períodos do ano, constituem factores que não favorecem a actividade microbiana. Estes factores deverão ser os responsáveis pela acumulação deste constituinte no solo. De um modo geral, os lameiros com valores mais baixos de matéria orgânica também apresentaram os menores valores de N Kjeldahl. Os valores mais baixos verificaram-se em Águas Vivas (1,4 g kg⁻¹) e em S. Martinho de Angueira (1,7 g kg⁻¹) e o valor mais elevado em Caçarelhos (2,8 g kg⁻¹).

Os valores da razão C:N são todos inferiores a 20 o que indica um elevado potencial de mineralização dos compostos orgânicos destes lameiros (Havlin *et al.*, 1999) (Tabela 1).

No que respeita ao fósforo apenas dois lameiros se apresentam com valores *médios*: Duas Igrejas (68,5 mg kg⁻¹) e Palaçoulo (57,1 mg kg⁻¹). Os restantes apresentam-se deficientes neste elemento. Estes resultados são consistentes com as informações fornecidas pelos proprietários relativamente à ausência de práticas de fertilização. Pelo contrário, estes lameiros encontram-se bem

providos em potássio. Os lameiros de Alfaião e Duas Igrejas apresentam valores médios classificados de *altos* (108,7 e 198,6 mg kg⁻¹ respectivamente) e os restantes com valores classificados de *muito alto*. Estes valores deverão estar relacionados com a natureza do material originário destes solos, naturalmente rico neste elemento.

Em relação à capacidade de troca catiónica, os valores variaram entre 7,1 (Águas Vivas) e 12 cmol_c kg⁻¹ (Palaçoulo). Dois dos 7 lameiros possuem valores classificados de *médios* (Palaçoulo e Alfaião) e os restantes têm valores *baixos* de CTC_e (Tabela 1) Para o valor de CTC_e o cálcio assumiu particular importância nos lameiros de Alfaião, Palaçoulo e Caçarelhos (valores médios, entre 6,4 e 8,6 cmol_c kg⁻¹).

Como já foi referido, a aplicação de fertilizantes (adubos e correctivos) nos lameiros não é uma prática corrente. As fertilizações tradicionais praticadas baseiam-se, sobretudo, na deposição de dejectos dos animais em pastoreio. Os dejectos de animais, e de modo particular de bovinos, constituem a principal fonte de nutrientes das pastagens de montanha, podendo atingir os 100 kg de azoto, 90 kg de potássio e 9 kg de fósforo por hectare, em 365 dias de pastoreio (Moreira *et al.*, 2001). Assim, o regime de exploração destas áreas, associado à natureza do material originário dos solos constituem factores que resultam num estado de fertilidade química *baixa a média* destes lameiros.

A decisão de aplicação de fertilizantes poderá ter um efeito positivo na produção em feno e pasto dos lameiros (Raposo *et al.*, 1990) especialmente se estes estiverem situados em altitudes inferiores a 1000 m (Moreira *et al.*, 2001) como é o caso dos lameiros em estudo.

Tendo por base os resultados observados, é previsível a necessidade de aplicação de adubos azotados e fosfatados que terá consequências não só ao nível da produtividade como também da composição deste tipo de pastagens. A fertilização constitui uma prática que pode assim aumentar as interações positivas entre os componentes deste sistema produtivo que inclui o solo, as espécies dos lameiros, as árvores presentes e os animais (López-Díaz *et al.*, 2009).

CONCLUSÕES

Os lameiros estudados, que se consideram representativos da maioria dos lameiros do Nordeste Transmontano encontram-se em solos de baixa a média fertilidade química, dado que a sua fertilização não é prática corrente. Nestas circunstâncias é previsível a necessidade de aplicação de adubos azotados e fosfatados a fim de melhorar a produtividade deste sistema de ocupação dos solos.

BIBLIOGRAFIA

- AGROCONSULTORES & COBA, 1991. *Carta dos Solos, Carta do Uso Actual da Terra e Carta da Aptidão da Terra do Nordeste de Portugal*. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real.
- HAVLIN, J. L.; BEATON, J. D.; TISDALE, S. L.; NELSON, W. L., 1999. *Soil Fertility and Fertilizers*. 6ª Ed. Prentice Hall, Inc.
- INMG, 1991. *Normais Climatológicas da Região de «Trás-os-Montes e Alto Douro e Beira Interior», Correspondentes a 1951-1980. O Clima de Portugal*. Fascículo XLIX, vol. 3 - 3ª Região. Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica, Lisboa.
- INIAP, 2006. *Manual de Fertilização das Culturas*. INIAP - Laboratório Químico Agrícola Rebelo da Silva. Lisboa

LÓPEZ-DÍAZ, A.; RIGUEIRO-RODRÍGUEZ, B.; MOSQUERA-LOSADA, M. R., 2009. Influence of pasture botanical composition and fertilization treatments. *Forest Ecology and Management*, **257**, 1363–1372.

MOREIRA, A., 2002. *Agronomia das Forragens e Pastagens*. UTAD, Vila Real.

MOREIRA, N.; PIRES, J.; AGUIAR, C., 2001. *Medidas Agro-Ambientais. 3.3. Lameiros e outros Prados e Pastagens de Elevado Valor Florístico – Pastagens de Montanha*. Manual Técnico, ed. RURIS/DGDR, Lisboa, 47 pp.

PEREIRA, E.; RIBEIRO, A.; CASTRO, P., 2000. *Carta Geológica de Portugal na escala 1:200 000, Folha 2*. Instituto Geológico e Mineiro. Ministério da Economia, Lisboa.

PIRES, J. M.; PINTO, P. A.; MOREIRA, N. T., 1994. *Lameiros de Trás-os-Montes. Perspectivas de futuro para estas pastagens de montanha*. Série Estudos, nº 29. Instituto Politécnico de Bragança, Bragança.

RAPOSO, J. A.; CENTENO, M. S. L.; PIRES, J. M.; CARVALHO, M. J. R., 1990. Efeito da fertilização na produção de lameiros. I – Região Planáltica de Bragança. *Pastagens e Forragens* **11** (2), 41 – 53

CHARACTERIZATION OF CHEMICAL FERTILITY OF MEADOWS NORTHEAST PORTUGAL

SUMMARY

The *Lameiros* are mountain meadows with vegetation spontaneous and sub-spontaneous. They have a secular importance in the Northeast Portugal in support of feeding livestock. In order to characterize the state of chemical fertility of these meadows soil samples were taken down to 30 cm depth. We evaluated the pH (H₂O), organic matter, nitrogen, phosphorus, potassium and the effective cation exchange capacity. The pH varied between 5.0 and 6.3, acid value and low-acid, respectively; the levels of organic matter ranged from the average rating (22.8 g kg⁻¹) to high (62.4 g kg⁻¹); the N values were between 1.4 and 2.8 g kg⁻¹, P and K ranged from 12 , 4 to 68.5 mg kg⁻¹ and 108.7 to 284.5 mg kg⁻¹, respectively. With the exception of the highest P registered, rated medium, the rest are very low and low. With regard to K, there was only one value ranked high, with the remainder classified as very high. Regarding CECe values ranged between 7.1 and 12 cmolc kg⁻¹. Seven two of the meadows area classified as average values and the rest have low values of CECe.

The results showed to chemical fertility of meadows were low to medium. In order to improve soil fertility it is necessary to apply nitrogen and phosphate.

Keywords: “Lameiros”, mountain meadows, fertility

PASTAGENS PERMANENTES SEMEADAS BIODIVERSAS RICAS EM LEGUMINOSAS: COMPOSIÇÃO FLORÍSTICA AO LONGO DE UM GRADIENTE MESOTOPOGRÁFICO

C. AGUIAR, J. PIRES, M. ÂNGELO RODIGUES & M^a ESTER FERNÁNDEZ-NUÑEZ
Centro de Investigação de Montanha (CIMO), ESA – Instituto Politécnico de Bragança, Apartado
1172, 5301-855 Bragança, Portugal – e-mail: cfaguiar@ipb.pt [mailto:](mailto:cfaguiar@ipb.pt)

RESUMO

Admite-se que as Pastagens Permanentes Semeadas Biodiversas Ricas em Leguminosas (PPSBRL) sejam superiores às misturas simples a perseguir e a ajustar-se à heterogeneidade espacial característica dos solos mediterrânicos. Testaram-se duas hipóteses que emergem directamente desta proposição: 1) as espécies das misturas de PPSBRL acomodam-se às características estacionais controladas por gradientes mesotopográficos. 2) Esta acomodação ocorre escala da espécie e da cultivar (cv.).

Numa PPSBRL estabilizada avaliou-se o efeito de um gradiente mesotopográfico na aglomeração de espécies pratenses indígenas ou melhoradas, e de morfotipos *T. subterraneum*, definidos a partir das cv. da mistura original de sementes. A “posição fisiográfica” exerceu um efeito significativo na estrutura dos dados florísticos. A percentagem de cobertura relativa das espécies e dos morfotipos das cv. precoces de *T. subterraneum* foi superior no cimo de encosta. As espécies mais exigentes em humidade e os morfotipos das cv. de floração mais tardia exibiram coberturas máximas a meia ou no fundo-de-encosta. Os resultados, embora contingentes, suportam ambas hipóteses. A segregação espacial dos genótipos melhorados tem, certamente, um papel fundamental na superioridade agronómica das misturas complexas de sementes pratenses.

Os trevos que não enterram as sementes e as gramíneas melhorados têm dificuldade em persistir em pastagens sujeitas a um pastoreio intensivo e contínuo.

Palavras chave: gramíneas, leguminosas, *T. subterraneum*, ecologia de pastagens

INTRODUÇÃO E OBJECTIVOS

A evidência empírica acumulada nas últimas décadas (e.g. Clark, 2001, Sebastiá *et al.*, 2004 e Tilman, 2006) indicia que as misturas complexas de sementes pratenses são mais produtivas, menos permeáveis a espécies autóctones de baixo valor alimentar e mais resistentes a flutuações climáticas extremas do que as misturas simples. Embora a interacção diversidade-função seja um tema clássico da ecologia das comunidades, em pastagens, como em outros tipos de ecossistemas, grande parte dos trabalhos publicados foram realizados a pequenas escalas espaciais e em condições experimentais controladas (Symstad *et al.*, 2003).

David Crespo, de algum modo inspirado na estrutura florística dos prados naturais, desenvolveu com sucesso nos últimos 30 anos um sistema inovador de pastagens: Pastagens Permanentes Semeadas Biodiversas Ricas em Leguminosas (PPSBRL), caracterizado pelo uso de misturas complexas de sementes, por vezes recorrendo a mais de duas dezenas de espécies/genótipos de gramíneas e leguminosas. Tendo em consideração a diversidade de espécies/genótipos é expectável que em condições de campo, as PPSBRL sejam superiores às misturas simples de sementes pratenses a perseguir e a ajustar-se (“environmental tuning”) à heterogeneidade espacial característica dos solos

mediterrânicos. Com base num dispositivo experimental simples, procurou-se testar duas hipóteses que emergem directamente da proposição anteriormente enunciada: 1) as espécies das misturas de PPSBRL acomodam-se às características estacionais controladas por um gradiente mesotopográfico. 2) Esta acomodação ocorre à escala da espécie e da cultivar (cv.).

MATERIAL E MÉTODOS

A experiência decorreu na Quinta da França (Covilhã, Portugal), na região da Cova da Beira, a leste da Serra da Estrela (40° 16' N; 7° 30' W), numa PPSBRL semeada em 2001, já estabilizada, anualmente fertilizada com ca. 27 kg P₂O₅/ha e intensamente pastoreada por bovinos e ovinos durante todo o ciclo produtivo. A pastagem está situada numa encosta granítica de declive suave (2-3%), na qual se distinguem três posições fisiográficas marcantes, ao longo de um gradiente mesotopográfico (*sensu* Billing, 1973): cimo-de-encosta, meia-encosta e fundo-de-encosta. Este gradiente está, naturalmente, correlacionado com a espessura e a disponibilidade de água no solo, crescentes no sentido cimo-de-encosta – fundo-de-encosta. Em cada uma das três posições fisiográficas colocaram-se quatro quadrados permanentes, protegidos por caixas de rede quinze dias antes da amostragem florística, perfazendo um total de 12 quadrados (áreas de amostragem). As plantas vasculares detectadas na amostragem foram identificadas ao nível da espécie ou do morfotipo, no caso do *T. subterraneum*. Em Maio de 2008 o grau de cobertura relativo de cada espécie/morfotipo foi estimado pelo método do ponto quadrado. O grau de cobertura relativo foi calculado dividindo o número de toques da espécie/morfotipo pelo número total de toques em plantas vasculares realizados no quadrado (Mueller-Dombois & Ellenberg, 1974).

O *T. subterraneum* é uma espécie cleistogâmica, sendo as suas populações naturais constituídas por linhas puras (Katznelson, 1974). A cleistogamia obrigatória própria da espécie implica que as características genéticas das cultivares comerciais se mantêm após a sementeira. Pela mesma razão, cultivares (cv.) morfológicamente consistentes podem ser reconhecidas no campo muitos anos após a instalação das pastagens. De modo a caracterizar morfológicamente as cv. de *T. subterraneum* presentes na Quinta da França, no Outono de 2007 semeou-se em estufa, na Quinta de St^a Apolónia (Bragança, Portugal), uma colecção de sementes extremas cedida pela empresa FERTIPRADO. Para emular a perturbação pela herbivoria, os *T. subterraneum* semeados foram sujeitos a um corte manual mal ultrapassavam os 5 cm de altura. As plantas foram colhidas e prensadas no final do Inverno, início da Primavera de 2008. Com base na observação das características morfológicas externas foram definidos quatro morfotipos e construída uma chave dicotómica de identificação (Tabela1). Foi possível discriminar as cv. ‘Losa’, ‘Gosse’ e ‘Denmark’. As cv. ‘Campeda’ e ‘Woogenellup’ foram agregadas num único morfotipo porque além de serem morfológicamente semelhantes têm uma precocidade similar. O *T. subterraneum* ‘Gosse’ é uma selecção da subespécie *oxaloides* (= subsp. *yanninicum*); as restantes cv. pertencem à subsp. *subterraneum*. A morfologia externa é insuficiente para uma identificação absoluta das cv. de *T. subterraneum* em condições de campo porque os *Trifolium* são por natureza morfológicamente muito plásticos, e as linhagens autóctones podem eventualmente mesclar-se com as cv. melhoradas. Uma vez que a correspondência biunívoca entre morfotipos e as cv. semeadas é impossível de assegurar, no campo reconheceram-se morfotipos, e não cv.

Tabela 1. Chave dicotómica para as cv. de *T. subterraneum* cultivadas na Quinta da França

1. Caules hirsutos ‘Losa’
 - Caules glabros a esparsamente vilosos 2
2. Pecíolos glabros; estípulas glabras; marca d’água geralmente pouco evidente ‘Denmark’
 - Pecíolos vilosos a esparsamente vilosos; estípulas glabras ou vilosas; marca d’água evidente 3
3. Pecíolos esparsamente vilosos; estípulas glabras; folíolos geralmente rugosos, com a marca d’água quase horizontal atingindo a margem..... ‘Gosse’
 - Pecíolos vilosos; estípulas hirsutas; folíolos geralmente não rugosos e marca d’água concentrada no centro dos folíolos ‘Campeda’ + ‘Woogenellup’

Os dados florísticos foram explorados com métodos multivariados de ordenação, disponibilizados pelo pacote estatístico CANOCO (Ter Braak & Šmilauer, 2002). A aplicação aos dados totais de uma DCA (“Detrended Correspondence Analysis”) demonstrou que o “turnover” de espécies (diversidade beta) era baixo, e que seria adequado o uso de métodos lineares de ordenação, concretamente de uma RDA (análise de redundância) (Ter Braak & Šmilauer, 2002). Antes de correr o CANOCO foram construídas duas matrizes de dados: “amostras (quadrados permanentes) x percentagem de cobertura relativa das espécies/morfotipos” e “amostras x variáveis explanatórias”. Foi considerada uma única variável explanatória semi-quantitativa: “posição fisiográfica”, com três níveis fundo-de-encosta, meia-encosta e cimo-de-encosta, cuja significância na estruturação dos dados florísticos foi testada com permutações de Monte Carlo. Os dados da matriz original “amostras x percentagem de cobertura das espécies/ morfotipos” resultam de contagens e por essa razão foram logaritmizados (Lepš & Šmilauer, 2003).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Numa primeira RDA (figura 1) constatou-se que o primeiro eixo da ordenação (EX₁) explicava uma parte muito significativa da variância das espécies/morfotipos: 22% (Valor Próprio [VP]=0,22), um valor superior à variância explicada pelo EX₂ (19%, VP=0,19). Uma vez que se considerou uma única variável explanatória – a “posição fisiográfica” – o EX₁ é o único eixo canónico do modelo multivariado explicitado na figura 2; os demais eixos são “livres” e herdaram a variância residual. A significância do EX₁ e, implicitamente, da “posição fisiográfica” no controlo da aglomeração (“assembling”) das espécies/morfotipos, foi confirmada com permutações de Monte Carlo (p<0,006). O biplot “espécies/morfotipos –variáveis explanatórias” mostra que os vectores das plantas indígenas menos exigentes em água (e.g. *Plantago coronopus* e *Ononis spinosa*) foram agrupados no lado esquerdo da figura, enquanto os vectores das plantas meso-higrófilas, muitas das quais perenes, se concentraram no lado direito (e.g. *Gaudinia fragilis*, *Holcus lanatus*, *Trifolium dubium*, *Plantago lanceolata* e *T. cernuum*). O diagrama de ordenação (figura 1) patenteia que o primeiro grupo de espécies é mais abundante no cimo-de-encosta, enquanto as coberturas relativas do segundo são máximas nos solos húmidos de fundo-de-encosta. O fundo-de-encosta está sujeito a encharcamentos prolongados na época das chuvas, assim o indica o vector do *T. cernuum*.

Um padrão análogo ocorre com as plantas semeadas (figura 2). O *Ornithopus compressus* e os morfotipos característicos das cv. de *T. subterraneum* mais precoces (‘Losa’ e ‘Gosse’) evidenciam-se na metade direita da figura 2, enquanto os vectores das espécies pratenses melhoradas mais exigentes em água (*Dactylis glomerata*, *Lolium perenne*, *T. resupinatum* e *T. michelianum*) e os morfotipos das

cv. de *T. subterraneum* de ciclo fenológico intermédio ou tardio ('Denmark' e tipo 'Campeda' + 'Woogenellup'), apontam para o lado esquerdo da figura. Por conseguinte, a cobertura relativa dos morfotipos das cv. precoces de *T. subterraneum* foi máxima no cimo de encosta; as espécies mesohigrófilas e os morfotipos das cv. mais serôdias de *T. subterraneum* dominaram a meia encosta ou no fundo de encosta (Tabela 2).

Tabela 2. Percentagem (%) de cobertura relativa das espécies semeadas

	Cimo de encosta	Meia encosta	Fundo de encosta
<i>Dactylis glomerata</i>	0.00	0.00	0.13
<i>Lolium perenne</i>	0.00	0.00	0.37
<i>Ornithopus compressus</i>	0.61	0.21	0.00
<i>T. subterraneum</i> morfotipo 'Gosse'	12.59	3.23	0.38
<i>T. subterraneum</i> morfotipo 'Losa'	25.29	3.38	2.38
<i>T. subterraneum</i> morfotipo 'Campeda' + 'Woogenellup'	4.51	21.31	8.83
<i>T. subterraneum</i> morfotipo 'Denmark'	13.38	19.63	27.65
<i>T. michelianum</i>	0.41	0.11	0.75
<i>T. resupinatum</i>	0.07	0.06	0.19

O morfotipo das cv. de precocidade intermédia 'Campeda' e 'Woogenellup' apresentou um máximo na meia-encosta (Tabela 2). As estatísticas da RDA das plantas pratenses semeadas foram também análogas às da RDA com todas as espécies. Mais uma vez o EX₁ explicou mais variância dos dados das espécies/morfotipos do que o EX₂, respectivamente 28,1% e 27,6%. A "posição fisiográfica" exerceu um controlo significativo sobre a disposição espacial das espécies/ morfotipos pratenses melhorados (p<0,004, permutações de Monte Carlo).

No Tabela 2 constata-se ainda que na PPSBRL da Quinta da França os trevos que não enterram os frutos e as gramíneas melhorados apresentam coberturas relativas muito baixas, sobretudo nos solos mais secos de posições fisiográficas mais convexas (cimo-de-encosta).

CONCLUSÕES

Na Quinta da França a posição fisiográfica a pequena escala controlou a aglomeração ("assembling") espacial das plantas pratenses melhoradas, ou não. As espécies melhoradas mais exigentes em humidade (*D. glomerata*, *L. perenne*, *T. resupinatum* e *T. michelianum*) evitaram o cimo de encosta e concentraram-se no fundo-de-encosta. A segregação espacial dos morfotipos de *T. subterraneum* está, aparentemente, correlacionada com a precocidade da floração e da produção de fruto: os morfotipos das cv. precoces ('Losa' e 'Gosse') foram mais abundantes no cimo de encosta, em solos mais secos, enquanto os morfotipos das cv. mais tardias ('Denmark' e tipo 'Campeda' + 'Woogenellup') encontraram um óptimo ecológico local a meia-encosta ou no fundo-de-encosta.

As espécies/cv. melhoradas das misturas de PPSBRL são distribuídas de forma uniforme aquando da sementeira; com o tempo segregam-se espacialmente, em função das características do solo. Os resultados da experimentação, embora contingentes, sustentam as duas hipóteses formuladas na introdução. Assim sendo, 1) o nicho realizado (vd. Keddy, 2007) não é comum a todas espécies/morfotipos melhorados e 2) a filtragem pelo habitat (vd. conceito em Cornwell *et al.*, 2006)

desempenhará um papel determinante na estruturação espacial da flora das PPSBRL, tanto ao nível da espécie como da cultivar. A segregação espacial espécies/cv. pratenses melhoradas tem, certamente, um papel fundamental nas características agronómicas superiores das misturas complexas de sementes pratenses.

A flora melhorada das PPSBRL enfrenta porém duas importantes contrariedades: os trevos que não enterram as sementes e as gramíneas têm dificuldade em persistir em pastagens sujeitas a um pastoreio intensivo e contínuo.

AGRADECIMENTOS

Trabalho financiado pela FCT-Fundação Para a Ciência e Tecnologia, projecto PTDC/AGR-AAM/69637/2006 “BioPast- Uma Abordagem Integrada às Pastagens Permanentes Biodiversas Ricas em Leguminosas”.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BILLINGS, W. D., 1973. Arctic and alpine vegetations: similarities, differences, and susceptibility to disturbance. *BioScience* **23**, 697–704.
- CLARK, E.A., 2001. Diversity and stability in humid temperate pastures. Em: *Competition and Succession in Pastures*, 103-118. Ed. P. TOW, A. LAZENBY. CABI Publishing.
- CORNWELL, W.K.; SCHWILK, D.W.; ACKERLY, D.D., 2006. A trait-based test for habitat filtering: convex hull volume. *Ecology* **87**, 1465–1471.
- KATZNELSON J. 1974. Biological flora of Israel. 5. The subterranean clovers of *Trifolium* subsect. *Calycomorphum* Katzn. *Trifolium subterraneum* L. (sensu lato). *Isr. J. Bot.* **23**, 69-108.
- KEDDY, P.A., 2007. *Plants and Vegetation Origins, Processes, Consequences*. Cambridge University Press.
- MUELLER-DOMBOIS, D.; ELLEMBERG, H., 1974. *Aims and Methods of Vegetation Ecology*. John Wiley & Sons.
- SEBASTIÁ, M. T. *et al.*, 2004. Higher yield and fewer weeds in grass/legume mixtures than in monocultures – 12 sites of COST action 852. Em: *Land Use Systems in Grassland Dominated Regions* 483-485. Ed. A. LUESCHER *et al.* Book of Abstracts.
- SYMSTAD, A. J., *et al.*, 2003. Long-term and large-scale perspectives on the relationship between biodiversity and ecosystem functioning. *BioScience*, **53**, 89-98.
- TILMAN, D., 2006. Biodiversity and ecosystem stability in a decade-long grassland experiment. *Nature* **441**, 629-632.

SOWN BIODIVERSE PERMANENT PASTURES RICH IN LEGUMES: FLORISTIC COMPOSITION ALONG A MESOTOPOGRAPHICAL GRADIENT

SUMMARY

The environmental tuning of Sown Biodiverse Permanent Pastures Rich in Legumes (SBPPRL) to Mediterranean soils heterogeneity is in general considered superior to simple mixtures. Two hypotheses that emerge from this proposition were tested: 1) the SBPPRL species segregate spatially according to the soil characteristics, along a mesotopographic gradient; 2) this spatial accommodation occurs at species and cultivar (cv.) levels.

In a stabilized SBPPRL was evaluated the effect of a mesotopographic gradient in the assembling of indigenous and improved pasture species, and of *T. subterraneum* morphotypes defined from

the cv. present in the original seed mixture . The explanatory variable “physiographic position” exerted a significant effect in the florist data structure. The species more exigent in soil humidity and the morphotypes of the late flowering *T. subterraneum* cv. avoided hill tops and had a relative cover maximum in bottom flat areas. The early flowering *T. subterraneum* cv. had a higher relative cover in the drier hilltop soils. Although contingent, the gathered data supports both formulated hypothesis. Improved pasture plants spatial segregation has, certainly, a fundamental role in the agronomic superiority of SBPPRL.

The improved clover species that don’t burry seeds and grasses have clear persisting difficulties in pastures subjected to intense and continuous grazing.

Keywords: grasses, legumes, *Trifolium subterraneum*, pasture ecology

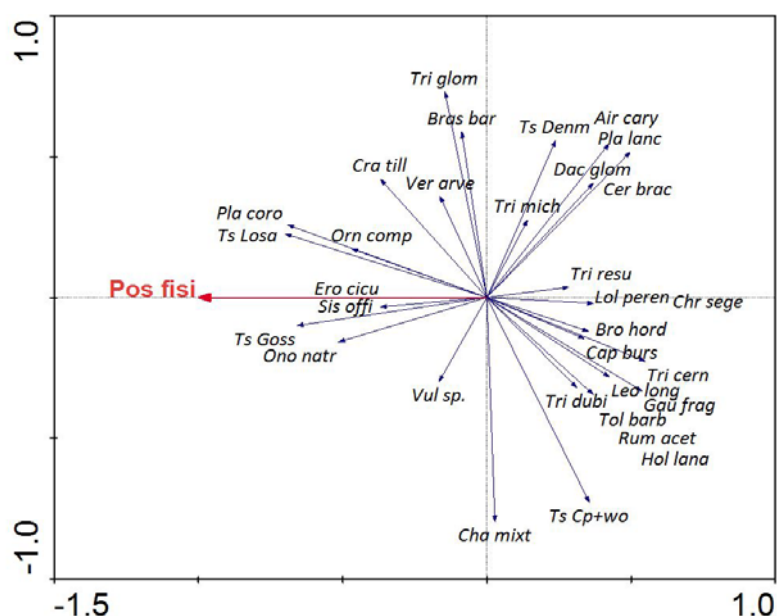


Figura 1. “Biplot” espécies/cv.–variáveis explanatórias de uma RDA realizada com dados florísticos e ambientais recolhidos numa Pastagem Permanente Semeada Biodiversa Rica em Leguminosas (PPSBRL) na Quinta da França (Covilhã, Portugal).

Legenda: Pos fisi - variável explanatória “Posição Fisiográfica” (três níveis: cimo-de-encosta à esquerda, fundo-de-encosta à direita). *Air cary* – *Aira caryophyllea*, *Bra barr* – *Brassica barrelieri*, *Bro hord* – *Bromus hordeaceus*, *Cap burs* – *Capsella bursa-pastoris*, *Cer brac* – *Cerastium brachypetalum*, *Cha mixt* – *Chamaemelum mixtum*, *Chr sege* – *Chrysanthemum segetum*, *Dac* – *Dactylis glomerata*, *Ero cicu* – *Erodium cicutarium*, *Gaud frag* – *Gaudinia fragilis*, *Hol lana* – *Holcus lanatus*, *Lol peren* – *Lolium perenne*, *Ono natr* – *Ononis spinosa*, *Orn comp* – *Ornithopus compressus*, *Pla coro* – *Plantago coronopus*, *Pla lanc* – *Plantago lanceolata*, *Rum acet* – *Rumex acetosa*, *Sis offi* – *Sisymbrium officinale*, *Tri cern* – *Trifolium cernuum*, *Tri dubi* – *T. dubium*, *Tri glom* – *T. glomeratum*, *Tri mich* – *T. michelianum*, *Ts Cp+wo* – *T. subterraneum* morfotipo ‘Campeda’ + ‘Woogenellup’, *Ts goss* – *T. subterraneum* morfotipo ‘Gosse’, *Ts Losa* – *T. subterraneum* morfotipo ‘Losa’, *Ts Denm* – *T. subterraneum* morfotipo ‘Denmark’, *Ver arve* – *Veronica arvensis*, *Vul sp.* – *Vulpia sp.*

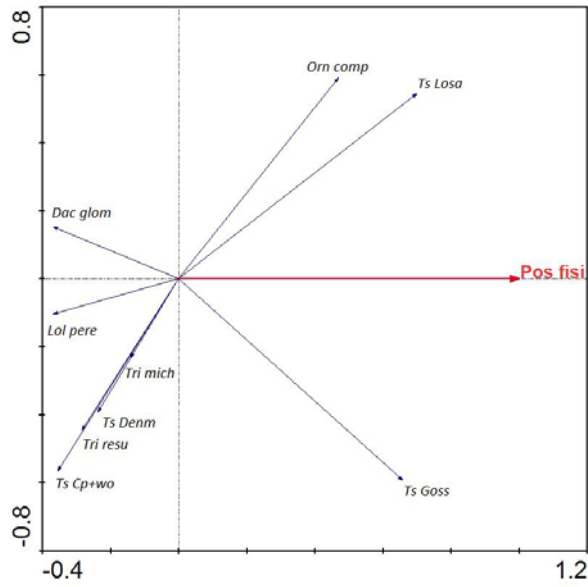


Figura 2. “Biplot” espécies/cv. melhoradas – variáveis explanatórias de uma RDA realizada com dados florísticos e ambientais recolhidos numa PPSBRL na Quinta da França (Covilhã, Portugal). Legenda: vd. figura 1.

PRODUÇÃO E COMPOSIÇÃO FLORÍSTICA DE PASTAGENS NATURAIS E SEMEADAS, NO BAIXO ALENTEJO, POR EFEITO DA APLICAÇÃO DE LAMA RESIDUAL URBANA E DA ADUBAÇÃO E CALAGEM

M.A. CASTELO BRANCO¹, I. SARAIVA¹, M.G. SERRÃO¹, A. GUERREIRO¹, M. L. FERNANDES¹, J.C. MARTINS¹; A. VARELA¹, F.P. PIRES¹ e A. DORDIO²

¹L-INIA, INRB, I.P., Quinta do Marquês, Av. da República, 2784-505 OEIRAS.

²Consultor científico do Projecto AGRO 414

RESUMO

Compararam-se a fertilização mineral e a aplicação de lama residual urbana (LRU) quanto aos efeitos na produção de matéria seca e na composição florística de dois tipos de pastagem, natural e semeada, num Luvissole Ferríco ácido, no concelho de Ourique. O esquema experimental foi em split-plot, em que dois grandes talhões, correspondentes aos tipos de pastagens, foram subdivididos em talhões de 0,5 ha referentes a 4 tratamentos (sem fertilização, aplicação de LRU, LRU+calagem e adubação+calagem). No 1º ciclo cultural (2004/2005) a produção vegetal foi bastante reduzida, devido às condições climáticas adversas. Referem-se os resultados dos 2º e 3º ciclos culturais.

A fertilização, orgânica e/ou mineral, favoreceu marcadamente a produção total de biomassa, salientando-se a modalidade de adubação com calagem.

A associação de calagem com LRU e, sobretudo, com adubação, beneficiou o desenvolvimento das Leguminosas, especialmente na pastagem semeada. O tratamento com LRU, sem calagem, favoreceu as Gramíneas.

Justifica-se a sementeira de espécies pascícolas, para obter pastagens com maior qualidade, dada a maior expressão das Leguminosas.

Palavras chaves: fertilização mineral; fertilização orgânica, gramíneas, leguminosas.

INTRODUÇÃO

O pastoreio é uma actividade que poderá, com vantagens sociais, desenvolver-se em várias zonas do país nomeadamente nas regiões deprimidas do Alentejo. A aplicação de lamas residuais urbanas (LRU) aos solos dessas regiões poderá colmatar, não só as deficiências nalguns nutrientes, como aumentar o seu teor em matéria orgânica. Serrão *et al.* (2003/2004) indicaram alguns trabalhos importantes para a divulgação sobre a utilização agrícola e florestal das LRU no País, para além de referirem a maior parte da investigação nacional realizada até 2002. Mais recentemente, foi prosseguida a avaliação dos efeitos das LRU em diversos aspectos dos ecossistemas (Serrão *et al.*, 2005; Domingues *et al.*, 2007; Martins *et al.*, 2007; Serrão *et al.*, 2007a; Serrão *et al.*, 2007b; Serrão *et al.*, 2008).

No âmbito do Projecto AGRO 414 (2004-2007) foi conduzido, na proximidade da freguesia de Garvão no concelho de Ourique, um campo experimental com pastagens pastoreadas por ovinos, num solo ácido, pobre em alguns nutrientes. Foi objectivo deste trabalho comparar os efeitos da aplicação de LRU e da adubação “racional”, em três anos agrícolas sucessivos, na produção de matéria seca e na composição florística das pastagens.

MATERIAL E MÉTODOS

O solo, na área do ensaio, pertence aos Luvisolos Férricos (FAO, 1998). No Outono de 2004, antes da aplicação dos fertilizantes, o solo apresentava as seguintes características: textura franca; pH (H₂O) ácido (4,6 <pH <5,5); teor de M.O. total “médio” (20 - 50 g kg⁻¹); teor de P “assimilável” médio (22,2 - 43,6 mg kg⁻¹) (Almeida e Balbino, 1960); teor de K “assimilável” “baixo” (< 41,7 mg kg⁻¹) e teores de magnésio de troca (< 0,25 cmol_(c) kg⁻¹) e de cálcio de troca “baixos” (< 1 cmol_(c) kg⁻¹), para uma produção normal. Igualmente, os teores de molibdénio extraível (<0,2 mg kg⁻¹) e de cobre (≤ 0,8 mg kg⁻¹) e zinco (≤ 1,4 mg kg⁻¹) “disponível” eram “baixos” (LQARS, 2000).

O esquema experimental foi em “*split-plot*”, com dois grandes talhões correspondentes a dois tipos de pastagem, natural e semeada, subdivididos em pequenos talhões de 0,5 ha, relativos a 4 tratamentos, num total de oito modalidades (**PN** - Pastagem Natural; **PN + LRU** - Pastagem Natural com LRU; **PN + LRU + Cal.** - Pastagem Natural com LRU e Calagem; **PN + Adub. + Cal.** - Pastagem Natural com Adubação e Calagem; **PS** - Pastagem Semeada; **PS + LRU** - Pastagem Semeada com LRU; **PS + LRU + Cal.** - Pastagem Semeada com LRU e Calagem; **PS + Adub. + Cal.** - Pastagem Semeada com Adubação e Calagem).

A adubação de fundo incluiu N (25 kg/ha), P₂O₅ (75 kg/ha), K₂O (125 kg/ha), Mo (0,05 kg/ha), Cu (1,3 kg/ha) e Zn (7,3 kg/ha), respectivamente, como nitroamoniaco a 20,5%, superfosfato de cálcio 18% P₂O₅, cloreto de potássio 60% K₂O, molibdato de sódio, sulfato de cobre e sulfato de zinco. A dose de correctivo alcalinizante (semelhante a uma cal apagada magnésiana) foi de 2300 kg/ha. Em Dezembro de 2006 (3º ano agrícola), foi efectuada uma adubação de manutenção com P (30 kg/ha P₂O₅) e K (60 kg/ha K₂O) nos talhões das modalidades com adubação, em ambos os tipos de pastagem, tendo-se utilizado superfosfato de cálcio 18% P₂O₅ e cloreto de potássio 60% K₂O. Aplicaram-se 4620 kg, por talhão, da LRU da Estação de Tratamentos de Águas Residuais de Ferreira do Alentejo, correspondendo a 6950 kg/ha de matéria seca da LRU, à data da instalação do campo (Outubro de 2004).

A mistura pratense semeada (30 kg/ha) incluiu cinco espécies de trevo (*Trifolium incarnatum*, *T. michelianum*, *T. resupinatum*, *T. subterraneum*, *T. vesiculosum*), duas espécies de serradela (*Ornithopus compressus*, *O. sativus*), bissérula (*Biserrula pelecinus*), azevém perene (*Lolium perenne*), panasco (*Dactylis glomerata*) e alpista dos prados (*Phalaris aquatica*). Em cada talhão, colocaram-se, casualizadamente, gaiolas de exclusão (6), com 1 m² de secção, a fim de avaliar a produção de biomassa. Em 0,5 m² do interior de duas destas gaiolas, previamente casualizadas, procedeu-se ao corte da matéria verde destinada à avaliação florística. Para o cálculo da produção da matéria seca, as amostras foram secas a 65-75°C, tendo-se determinado, após moenda, o peso seco a 100-105°C. A avaliação florística consistiu na separação das amostras em três grupos de plantas referentes às famílias Gramíneas, Leguminosas e “Outras”, e na determinação do peso seco a cerca de 65°C. O campo foi pastoreado, em 2006 e 2007, por ovelhas adultas.

Os valores de produção de matéria seca, referentes a cada data de amostragem e à biomassa obtida anualmente, bem como os resultantes da transformação dos dados percentuais florísticos (x) em arc seno raiz x, foram sujeitos a análise de variância, utilizando o Programa MSTAT 4.0. Efectuou-se a comparação de médias pelo teste de LSD ($P \leq 0,05$), através do mesmo Programa.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na área do ensaio, a vegetação natural era esparsa e de altura baixa, com reduzida biomassa, na qual dominavam plantas com fraco valor forrageiro. Observou-se, no entanto, a ocorrência de algumas plantas que contribuem para melhorar a qualidade da pastagem, tais como Leguminosas dos géneros *Medicago*, *Ornithopus* e *Trifolium*, Gramíneas dos géneros *Avena*, *Briza*, *Bromus* e *Lolium* e algumas espécies de *Plantago*.

A precipitação reduzida durante o ciclo cultural 2004/2005 condicionou fortemente a produção de matéria verde pelas espécies forrageiras, quer as espontâneas, quer as semeadas, não se tendo evidenciado diferenças assinaláveis em relação à vegetação inicial. Já a quantidade regular de precipitação ocorrida nos anos seguintes, contribuiu para a evolução da produção e da qualidade das pastagens.

Os valores da produção de matéria seca (Tabela 1), avaliada em dois cortes em cada ciclo cultural das pastagens (2005/2006 e 2006/2007), diferiram significativamente ($P \leq 0,05$) em 2006, mas não em 2007, por efeito da interacção dos factores de variação Tipo de Pastagem (natural e semeada), Tratamento de Fertilização (0, LRU, LRU+Calagem e Adubação+Calagem) e Data de amostragem (2).

Tabela 1. Produção de matéria seca (kg/ha) em duas datas dos dois ciclos culturais

Modalidade	2006		2007	
	7 Fev.	26 Abril	7 Fev.	23 Abril
PN	375f	2233d	783a	1104a
PN+LRU	612f	3115c	840a	1316a
PN+LRU+Cal.	702ef	3748b	624a	1362a
PN+Adub.+Cal.	656f	4409a	880a	2018a
PS	560f	2621cd	506a	1301a
PS+LRU	759ef	3851ab	690a	1668a
PS+LRU+Cal.	820ef	4044ab	1053a	1487a
PS+Adub.+Cal.	1235e	4032ab	1049a	2573a

PN - Pastagem natural; PN+LRU - Pastagem natural com lama; PN+LRU+Cal. - Pastagem natural com lama e calagem; PN+Adub.+Cal. - Pastagem natural com adubação e calagem; PS - Pastagem semeada; PS+LRU+Cal. - Pastagem semeada com lama e calagem; PS+Adub.+Cal. - Pastagem semeada com adubação e calagem.

Para cada ano, valores na mesma linha ou coluna, seguidos de igual letra, não diferem significativamente ($P \leq 0,05$).

Na 1ª data de avaliação de 2006, apenas se salientou estatisticamente a modalidade de fertilização mineral na pastagem semeada (PS+Adub.+Cal.), em relação à respectiva testemunha (PS), com um acréscimo de cerca de 680 kg/ha. Na 2ª data do mesmo ano, com produções muito mais elevadas do que na 1ª data, todas as modalidades com fertilização, em ambos os tipos de pastagem, foram muito superiores às respectivas testemunhas (PN e PS). As produções mais elevadas, similares estatisticamente, foram obtidas na pastagem natural, com a fertilização mineral (PN+Adub.+Cal.) e na pastagem semeada, em todas as modalidades com aplicação de fertilizantes, orgânicos ou minerais. Em 2007, também ocorreram acréscimos relevantes com a fertilização, embora não significativos, o que pode ser atribuído, em parte, ao elevado coeficiente de variação experimental (28%).

A produção total obtida nos ciclos culturais (Tabela 2) não se diferenciou pela conjugação simultânea dos factores de variação Ano, Tipo de Pastagem e Tratamento de Fertilização ($P \leq 0,05$),

provavelmente pela elevada variabilidade experimental (coeficiente de variação 21%). Contudo, verificou-se uma tendência para que as produções nas modalidades com pastagem semeada fossem, em cada ano, superiores às da pastagem natural, para o mesmo tipo de fertilização.

Tabela 2. Produção anual de matéria seca (kg/ha) para dois tipos de pastagem e quatro tratamentos de fertilização

Modalidade	2006	2007
PN	2608a	1888a
PN+LRU	3726a	2156a
PN+LRU+Cal.	4450a	1986a
PN+Adub.+Cal.	5065a	2897a
PS	3181a	1807a
PS+LRU	4609a	2358a
PS+LRU+Cal.	4864a	2540a
PS+Adub.+Cal.	5266a	3622a

Valores na mesma linha ou coluna, seguidos da mesma letra, não diferem significativamente ($P \leq 0,05$).

Quanto à resposta da produção à fertilização, foi, em valores absolutos, superior no primeiro ano. A calagem, associada à adubação, provocou os maiores acréscimos, o que poderá atribuir-se à introdução no solo, pelos adubos, de quantidades de cálcio, enxofre, molibdénio e zinco superiores às veiculadas pela LRU com correctivo.

Tabela 3. Composição florística (% da matéria seca) das pastagens, em três datas de amostragem de 2006

MODALIDADE	GRAMINEAS			LEGUMINOSAS			OUTRAS		
	9 Jan.	7 Fev.	26 Abril	9 Jan.	7 Fev.	26 Abril	9 Jan.	7 Fev.	26 Abril
PN	9,0a	12,3a	9,9a	7,3ef	9,1ef	27,3cdef	83,8a	78,6a	62,8abc
PN+LRU	20,1a	23,9a	19,5a	4,7f	14,0ef	56,9a	75,3ab	62,2abc	23,6b
PN+LRU+Cal.	15,9a	16,6a	12,0a	21,3def	30,9bcde	26,0def	62,8abc	52,6bcd	61,9abc
PN+Adub.+Cal.	12,8a	13,0a	8,7a	8,4ef	24,4def	61,1a	79,0a	62,7abc	30,2de
PS	3,9a	3,3a	13,2a	14,3ef	23,9def	53,7ab	81,9a	72,9ab	33,2de
PS+LRU	21,2a	27,0a	39,6a	6,9f	21,9def	23,0def	71,9ab	51,2bcd	37,5de
PS+LRU+Cal.	8,1a	8,0a	14,0a	10,5ef	18,9def	49,9abc	81,4a	73,2ab	36,1de
PS+Adub.+Cal.	8,5a	8,7a	12,6a	24,6def	26,9cdef	40,2abcd	66,9abc	64,5abc	47,2cde

Para cada grupo florístico, valores na mesma linha ou coluna, seguidos de igual letra, não diferem significativamente ($P \leq 0,05$).

Relativamente à composição florística ao longo do ciclo cultural de 2005/2006 (Tabela 3), verificou-se uma crescente expressão das Leguminosas, uma apreciável representatividade das Gramíneas e um decréscimo das plantas de “Outras” famílias. As Gramíneas, embora não apresentando diferenças significativas ($P \leq 0,05$) ao longo do ciclo cultural, tiveram maior expressão nas modalidades só com LRU. A associação de calagem com LRU (PN+LRU+Cal. e PS+LRU+Cal.) favoreceu, também, o desenvolvimento das plantas deste Grupo, embora com acréscimos bastante inferiores aos obtidos só com LRU. Nas modalidades com pastagem natural, as Leguminosas apenas tiveram aumentos significativos ($P \leq 0,05$) na 3ª data e com LRU e com adubação + calagem, correspondentes a acréscimos, respectivamente, de 30% e 34% em relação à testemunha (PN). Quanto às modalidades com pastagem semeada, a produção de Leguminosas, em cada data, não diferiu significativamente, exceptuando a 3ª época de amostragem em que a aplicação de LRU, sem calagem,

conduziu a um decréscimo significativo das plantas desta família. Nesta mesma data, e em relação à testemunha (PN), a modalidade PS foi significativamente diferente ($P \leq 0,05$), atingindo 54% de Leguminosas no total da matéria seca. Também nas modalidades com calagem (PS+LRU+Cal. e PS+Adub.+Cal.), embora sem diferenças significativas, ocorreram produções de Leguminosas bastante elevadas, de 50% e 40% no total da matéria seca, respectivamente. No ano agrícola de 2006/2007 (Tabela 4), as diferenças entre modalidades não foram significativas ($P \leq 0,05$), em cada data de corte. Contudo, nas modalidades com LRU, sem calagem, nos dois tipos de pastagem, as Gramíneas tiveram acréscimos muito elevados, em relação às respectivas testemunhas (PN e PS), atingindo valores percentuais entre 31% e 67%, no total da matéria seca. As Leguminosas apresentaram os maiores acréscimos na modalidade PS+Adub.+Cal., com 51% e 44 % na matéria seca, nas 1ª e 2ª datas, respectivamente.

Tabela 4. Composição florística (% da matéria seca) das pastagens, em duas datas de amostragem de 2007

Modalidade	GRAMÍNEAS		LEGUMINOSAS		OUTRAS	
	7 Fev.	23 Abril	7 Fev.	23 Abril	7 Fev.	23 Abril
PN	7,8a	31,4a	0,5a	4,1a	91,8a	64,6a
PN+LRU	47,2a	66,9a	1,2a	0,3a	51,6a	32,9a
PN+LRU+Cal.	37,6a	58,4a	1,8a	2,4a	60,7a	39,3a
PN+Adub.+Cal.	28,5a	44,8a	3,3a	11,9a	68,2a	43,4a
PS	24,5a	24,2a	1,5a	0,1a	74,1a	75,7a
PS+LRU	33,7a	31,4a	7,4a	6,0a	58,9a	62,7a
PS+LRU+Cal.	22,4a	25,9a	32,3a	13,3a	45,3a	60,9a
PS+Adub.+Cal.	26,5a	31,2a	50,5a	43,6a	22,9a	25,4a

Para cada grupo florístico, valores na mesma linha ou coluna, seguidos de igual letra, não diferem significativamente ($P \leq 0,05$).

CONCLUSÕES

A fertilização, orgânica e/ou mineral, em especial, a adubação com calagem, favoreceu marcadamente a produção total de biomassa.

Quer a sementeira, quer os tratamentos de fertilização, induziram um maior equilíbrio na representatividade das plantas dos três grupos de famílias considerados. A associação de calagem com LRU e, sobretudo, com adubação, beneficiou o desenvolvimento das Leguminosas, especialmente na pastagem semeada. O tratamento com LRU, sem calagem, favoreceu as Gramíneas.

Justifica-se a sementeira de espécies pascícolas, para obter pastagens com melhor qualidade, pois foi na pastagem semeada que as Leguminosas tiveram maior expressão.

AGRADECIMENTOS

O Projecto AGRO 414 (2004-2007) financiou este trabalho. Agradece-se ao proprietário do campo experimental, Engenheiro José Brito Ramos, as facilidades concedidas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, L.A.V. e BALBINO, L.R., 1960. Determinação do fósforo e do potássio assimiláveis em alguns solos do País. *Anais do Instituto Superior de Agronomia*, **23**, 19-42.
- DOMINGUES, H.; SERRÃO, M.G.; MARTINS, J.C.; CASTELO-BRANCO, M.A.; MONTEIRO, O.; FERNANDES, M.L.; PIRES F.P.; CAMPOS A.M.; HORTA C.; SALGUEIRO A.; DORDIO A., 2007. Teores de cobre na água de escoamento superficial num solo ao qual foi aplicada lama residual urbana com elevada concentração de cobre. *Revista de Ciências Agrárias*, **30 (2)**, 326-334.

FAO 1998. World Reference Base for Soil Resources. *World Soil Resources Report* **84**. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.

LQARS (Ed.), 2000. *Manual de Fertilização das Culturas*. INIA – Laboratório Químico Agrícola Rebelo da Silva, 261 pp. Lisboa (Portugal).

MARTINS, J.C.; PIRES, F.P.; OLIVEIRA, A.; CAMPOS, A.M.; HORTA, C.; SERRÃO, M.G.; FERNANDES, M.L., 2007. Avaliação experimental do escoamento e da erosão num Luvissole Háplico de Mértola: impactos da fertilização em pastagens. *Revista de Ciências Agrárias*, **30 (2)**, 278-290.

SERRÃO, M.G.; FERNANDES, M.L.; MARTINS, J.C.; PIRES, F.P.; DOMINGUES, H.; HORTA, C.; CAMPOS, A.M.; DORDIO, A., 2003/2004. As lamas residuais urbanas como melhoradoras da produção de misturas pratenses semeadas em solos marginais do Alentejo. *Pastagens e Forragens*, **24/25**, 57-68.

SERRÃO, M.G.; DOMINGUES, H.; VIANA, P.; MARTINS, J.C.; FERNANDES, M.L., 2005. Será a presença de alguns compostos orgânicos poluentes, na lama da ETAR de Évora, uma limitação para aplicação em solos agrícolas? *Revista de Ciências Agrárias*, **28 (2)**, 380-388.

SERRÃO, M.G.; VARELA, A.; FARELEIRA, P.; CASTELO-BRANCO, M.A.; FERNANDES, M.L.; MARTINS, J.C.; PIRES, F.P.; RAMOS, J.B.; MONTEIRO, O.; DORDIO, A., 2007a. Fertilidade e contaminação por metais pesados e microrganismos fecais de um solo sob pastagem pela aplicação de lama residual urbana. In *Tendencias actuales de la ciencia del suelo* (II CICS 2006, 13-17 Junho 2006, Huelva). N. BELLINFANTE; A. JORDÁN (Eds.). Univ. Sevilla, Sevilla (Espanha), 507-514.

SERRÃO, M.G.; VARELA, A.; DOMINGUES, H.; BARATA, P.; FERNANDES, M.L.; CASTELO BRANCO, M.A.; CAMPOS, A.M.; HORTA, C.; MONTEIRO, O., 2007b. Aplicação de lama residual urbana em solos marginais de Mértola: II. Efeitos de curto prazo e médio prazo na composição mineral e absorção de nutrientes. *Pastagens e Forragens*, **28**, 141-154 (Disponível em <<http://www.sppf.pt/items/Pag.141-154.pdf>>, acessado em 28-11-2009).

SERRÃO, M.G.; DOMINGUES, H.; VARELA, A.; CASTELO-BRANCO, M.A.; FERNANDES, M.L.; CAMPOS, A.M., 2008. Recycling urban biosolids in pastures of the Southeast of Portugal. *Cahiers Options Méditerranéennes*, Série A, **79**, 117-121.

**PRODUCTION AND FLORISTIC COMPOSITION OF NATURAL AND SOWN PASTURE
IN BAIXO ALENTEJO, AS INFLUENCED BY SEWAGE SLUDGE APPLICATION,
MINERAL FERTILIZATION AND LIMING**

SUMMARY

We compared the mineral fertilization and sewage sludge (SS) application as regards to the effects on the production and floristic composition of two pasture types (natural and sown), in a Ferric Luvisol located in the Ourique municipality. The experimental layout was a split-plot design, in which two major plots, corresponding to the pasture types, were subdivided into plots of 0.5 ha concerning 4 treatments (no fertilization, SS application, SS application + liming and mineral fertilization + liming). Due to adverse weather conditions, plants development was minimized in the first cropping cycle (2004/2005). The results corresponding to the second and third cropping cycles are referred.

Organic and/or mineral fertilization strongly favoured the total biomass production, with an emphasis to the mineral fertilization with liming.

The combination of lime with SS and especially with mineral fertilization benefited the development of legumes, especially in the sown pasture. The SS treatment, without liming, favoured the grasses.

The sowing of pasture species is required, to reach pastures with better quality, as legumes had higher expression than natural pasture.

Key words: mineral fertilization; organic fertilization, grasses, legumes.

SEGUNDA PARTE:

PRODUCCIÓN VEGETAL

USO DE LOS PASTOS Y SISTEMAS GANADEROS

A. R. MANTECÓN Y P. LAVÍN

Instituto de Ganadería de Montaña (CSIC-ULE). Finca Marzanas. 24346 Grulleros. León.

mantecon@eae.csic.es

Palabras clave: población, consumo, ganado, evolución

INTRODUCCIÓN

El estudio de un problema tan general como es el uso de los pastos puede abordarse desde múltiples puntos de vista, en función de la disciplina científica o académica desde la que se parte; desde la visión conservacionista o paisajista de los pastos como ecosistemas hasta un enfoque de los pastos como productores de alimentos para los animales con una finalidad de rentabilidad y ambos planteamientos no siempre han encontrado puntos comunes.

En los últimos años se está produciendo una campaña en contra de los sistemas de producción ganadera en general y de los rumiantes de manera especial, por el impacto ambiental que producen tanto de una forma directa como indirecta por la producción de insumos necesarios en la actividad.

Es frecuente encontrar afirmaciones como: “Por la magnitud de su impacto, la ganadería es uno de los dos o tres sectores con repercusiones más graves en los principales problemas medioambientales”, las cuales pueden llevar a una cierta persecución de los sistemas ganaderos sin tener en cuenta el papel positivo que cumplen. La ganadería puede ejercer un impacto negativo sobre la degradación de la tierra, el cambio climático, la contaminación atmosférica y del agua y la biodiversidad, pero también ejerce efectos beneficiosos sobre estos mismos parámetros dando utilidad a una producción vegetal que no puede ser utilizada por el hombre de manera directa.

Además de la producción de alimentos, aportando el 15% de la energía alimentaria total mundial y el 25% de las proteínas de la dieta (FAO, 2010), la actividad ganadera da lugar a otra serie de bienes y servicios de importancia fundamental en el mantenimiento de muchas poblaciones, especialmente las más desfavorecidas (FAO, 2009b). En este sentido, la utilización de las heces como elementos combustibles es vital en muchas áreas de Pakistan; así como la producción de fibras, pieles y trabajo. Desde el punto de vista ambiental en muchas comunidades rurales los animales domésticos llevan a cabo el reciclado de gran cantidad de productos, evitando problemas de contaminación; también colaboran en el mantenimiento de la biodiversidad controlando las poblaciones de insectos y, manejados adecuadamente, manteniendo el reciclado de nutrientes y la fertilidad del suelo (FAO, 2009b). A los beneficios de la ganadería indicados hay que añadir el ser almacén de riqueza para multitud de comunidades rurales en la actualidad y en nuestro entorno cercano no hace tantas décadas. La riqueza acumulada en forma de cabaña ganadera ha sido ampliamente utilizada como aval de crédito y de seguridad ante tiempos de crisis y, en último caso, como reserva de alimentos.

En los países desarrollados se está valorando el papel de los herbívoros en la conservación del territorio mediante sistemas de pastoreo (Ruiz-Mirazo *et al.*, 2007; Varela-Redondo *et al.*, 2008) como un servicio ambiental de la ganadería, si bien de una manera excepcional y no generalizada.

Además de los aspectos medioambientales es preciso tener en cuenta que el sector ganadero genera empleo para más de mil trescientos millones de personas en el mundo y es el medio fundamental de subsistencia para cientos de millones de pobres, constituyendo una parte fundamental del aporte

de proteínas de la población. Es cierto que en la actualidad la contradicción llega a límites insospechados y los productos de origen animal, especialmente las grasas, son causantes de uno de los mayores problemas de salud humana de los países desarrollados y en desarrollo, la obesidad (Popkin, 1994). Teniendo en cuenta el incremento previsto en la población mundial y los cambios que ocurrirán en el consumo de alimentos, la producción de carne y de leche se duplicarán en los primeros 50 años de este siglo (2000-2050) (FAO, 2009a).

Desde un punto de vista, quizá excesivamente simplista y aparentemente contradictorio, los sistemas ganaderos y uso de los pastos serán abordados en esta presentación en un doble sentido: i) la necesidad mundial de aumentar la producción de alimentos para satisfacer una demanda cada vez mayor por el aumento de la población, especialmente en los países en vía de desarrollo, ii) la producción de alimentos de particulares características (funcionales) producidos en unas condiciones de respeto ambiental y bienestar animal, por los que una parte de la población de los países desarrollados está dispuesta a pagar y con ello permitirá el desarrollo de sistemas ganaderos rentables. Ambos aspectos serán desglosados en cuanto a evolución de la población, en el uso del territorio, en los censos ganaderos y en la producción y consumo de productos pecuarios. Por último se analizan algunas peculiaridades de dos sistemas ganaderos importantes en nuestra región (Castilla y León): explotación de ganado ovino de leche y de ganado vacuno de carne.

EVOLUCIÓN DE LA POBLACIÓN

El incremento de la población mundial implica tener que aumentar la producción de alimentos para cubrir las necesidades de la humanidad y, como objetivo, reducir las tasas de subnutrición existentes. El Fondo de Población de las Naciones Unidas (UNFPA, 2009) indica una estimación de la población mundial para el año 2050 de 9 150 millones de personas, lo cual supone un incremento del 34% de la población existente en el año 2009. Obviamente, este aumento no es uniforme y se prevé que sea mucho mayor el que ocurra en los países en vías de desarrollo en los que se estima que la población alcance los 7 875 millones de personas en el año 2050 (40,7% de aumento con relación a la población de 2009), mientras que en los países más desarrollados este aumento será solo del 3,4%, con una población estimada para el año 2050 de 1 275,2 millones de personas (ver figura 1).

En las estimaciones indicadas es preciso tener en cuenta que el aumento de la población tendrá lugar por un aumento de la población rural, como se muestra en la figura 2, ya que la población urbana prácticamente se mantendrá constante o mostrando un ligero descenso mientras que la población rural se duplicará en los primeros 40 años del siglo XXI (FAO, 2006a, 2006b).

El porcentaje de población urbana a nivel mundial (ver tabla 1) supone el 50%, con valores máximos en los países desarrollados (75%), frente al 45% de los países en desarrollo. Estos desequilibrios en la distribución de la población pueden originar cambios importantes en los sistemas de explotación ganadera por la vinculación, tradicionalmente, de la producción pecuaria con el mundo rural.

Como indicativo de la situación de nuestro entorno más cercano el porcentaje de población económicamente activa en agricultura con relación al total fue, en el año 2007, del 5,2% en España, del 10,1% en Portugal y del 2,4% en Francia, frente a un 41% a nivel mundial.; en poco más de una década (1995-2007) se produjo un importante descenso en el porcentaje de población activa agraria, con valores del 44,6%, 33,4% y 45,1% en Portugal, España y Francia, respectivamente y un descenso del 11% del porcentaje de la población activa mundial dedicada a la agricultura (PRB, 2009).

Tabla 1. Tasas de urbanización (2009) y de crecimiento urbano (2005-2010).

	Población urbana como porcentaje de la población total en 2009 (%)	Tasa de crecimiento urbano(2005-2010)
Mundo	50	2,0
Países desarrollados	75	0,6
Países en desarrollo	45	2,6
África	40	3,4
Asia	42	2,5
Europa	72	0,3
América Latina y el Caribe	79	1,6
América del Norte	82	1,3
Oceanía	71	1,4

Fuente: UNFPA (2009).

De acuerdo con los datos de la FAO (2009a) la subnutrición alcanzó en el año 2009 la cifra de 1 020 millones de personas en el mundo, distribuidas en: 642 millones en Asia-Pacífico, 265 millones en África Subsahariana, 53 millones en América Latina-Caribe, 42 millones en Cercano Oriente-África del Norte y 15 millones en los países desarrollados. El valor mínimo de población subnutrida, como se puede observar en la figura 3, se alcanzó en 1995-97 en que se superó ligeramente la cifra de 800 millones. Es preciso tener en cuenta que el 80% de la población subnutrida a nivel mundial vive en zonas rurales.

Otros parámetros como la esperanza de vida o la mortalidad infantil también evidencian las diferencias entre países; en este sentido los datos de la FAO (2009a) ponen de manifiesto valores desde 43 años de esperanza de vida y una mortalidad infantil de 25,7% en Afganistan a valores de 80 años de esperanza de vida y 0,4% de mortalidad infantil en España y Portugal.

EVOLUCIÓN EN EL USO DEL TERRITORIO

Por dar una idea de la importancia de la ganadería en el contexto mundial, es la actividad humana que mayor superficie ocupa, con un 70% de la superficie agrícola, equivalente al 30% de la superficie total de la Tierra (Bowman, 2005).

Como se puede observar en la figura 4 en relación con la evolución en el uso del territorio de los últimos años (1995-2007) (FAO, 2010) al mismo tiempo que se produjo un aumento importante de la superficie dedicada a los cultivos permanentes (11,4%) y, aunque más moderada, de las zonas arables (0,9%) se redujo la superficie dedicada a pastos (-0,8). Si bien, aunque no hay información disponible, una parte importante de los cultivos tienen como finalidad la obtención de alimentos para el ganado, la reducción en la superficie de pastoreo podría poner en evidencia un descenso relativo en la explotación ganadera en condiciones de pastoreo, aumentando la forma de ganadería más intensiva (Caraveli, 2000).

En España y Portugal la evolución en el uso del territorio (ver figura 5) no coincide con las tendencias mundiales. En el mismo periodo indicado anteriormente (1995-2007) se produjo, en ambos países, una reducción de las tierras arables (-9,6% en España y -49,7% en Portugal) y un aumento de la superficie de pastos (1,2% en España y 78,1% en Portugal). En las áreas dedicadas a cultivos per-

manentes, mientras en España se produjo un ligero aumento (3,2%) en Portugal tuvo lugar un importante descenso (-21,1%).

EVOLUCIÓN DE LOS CENSOS GANADEROS

Los censos de las principales especies ganaderas también han aumentado, en el total mundial, en los últimos años (1995-2007), si bien este aumento es diferente para las distintas especies. En este sentido, como se puede observar en la figura 6, el aumento del ganado vacuno más búfalos fue del 3,7%, el aumento de ovinos y caprinos del 9,3%, el ganado porcino del 4,3% y el ganado aviar aumento un 37,3%. A partir de estos datos es preciso entrar en el detalle de algunos países por sus diferencias importantes.

En la actualidad, China es el país que mayores cambios puede producir en la economía agraria mundial por su tamaño, población y emergencia; en los últimos años (1995-2007, FAO, 2010) se produjo una reducción importante en el censo de ganado vacuno y búfalos y aumento en el ganado ovino y caprino, porcino y especialmente importante el aumento en los censos avícolas (ver tabla 2). De nuestro entorno más cercano es de destacar el descenso de la población ganadera en Francia a excepción del ganado porcino en que se produjo un ligero aumento, en los censos de bovinos, ovinos más caprinos y aves la reducción ha sido muy importante.

Tabla 2. Censo de ganado (año 2007) y evolución (%) de 1995 a 2007 en China, España, Francia y Portugal.

	Vacuno + Bufalo		Ovino + Caprino		Porcino		Aves	
	2007 (x 1 000 cabezas)	% (1995- 2007)	2007 (x 1 000 cabezas)	% (1995- 2007)	2007 (x 1 000 cabezas)	% (1995- 2007)	2007 (x 1 000 cabezas)	% (1995- 2007)
China	104 789	-12,7	283 890	15,7	425 673	4,1	4 512 000	40,9
España	6 585	25,2	25 086	-2,2	26 061	39,0	137 000	13,2
Francia	19 359	-5,2	9 753	-18,0	14 736	1,8	175 000	-20,5
Portugal	1 407	3,0	4 096	-1,3	2 295	-9,0	37 000	42,3

Fuente: FAO (2010).

En Portugal se redujo (1995-2007) el censo de ganado ovino-caprino y porcino y aumento ligeramente el censo de vacuno-búfalos y, especialmente, el censo avícola, lo cual no coincide de manera directa con la evolución del uso del territorio si bien en la situación actual de los mercados mundiales el movimiento de alimentos permite el desarrollo de una ganadería de monogástricos (aves y cerdos) independiente de la producción local.

En el mismo periodo a que estamos haciendo referencia (1995-2007) se produjeron cambios importantes en los censos ganaderos en España, con un incremento importante en todos ellos a excepción del ganado ovino-caprino. El incremento de la ganadería de monogástricos (cerdos y aves) es independiente del uso del territorio por sus sistemas de producción en condiciones de confinamiento intensivas. El aumento en los censos de ganado vacuno llevaría a pensar en un aumento de la superficie de pastoreo que no ha tenido lugar, de acuerdo con los datos indicados, lo cual lleva a sospechar que se ha podido producir un aumento relativo de las explotaciones intensivas de rumiantes.

EVOLUCIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE PRODUCTOS PECUARIOS

El crecimiento de la producción de carne ha sido muy superior al incremento indicado en los censos como consecuencia de una mejora de la producción individual de las distintas especies ganaderas (ver tabla 3). Este crecimiento de los productos pecuarios más importantes (carne, lana y huevos)

en el periodo 1995-2007, ha sido mucho más importante en los países en vías de desarrollo (más del 4% de crecimiento anual para los tres productos indicados) que en los países desarrollados, en los que no se alcanza el 1% de crecimiento anual en ninguno de los tres productos (FAO, 2010).

Tabla 3. Producción de productos pecuarios (carne, leche y huevos) en el año 2007 y crecimiento anual (%) desde 1995 a 2007.

	Producción 2007 (miles de t)			Crecimiento anual (%)		
	Carne	Leche	Huevos	Carne	Leche	Huevos
Total mundial	285700	671274	67751	2,7	1,8	3,1
Países desarrollados	110250	357774	18860	0,9	0,3	0,7
<i>España</i>	5362	7565	886	2,5	0,9	3,1
<i>Francia</i>	5064	24549	765	-1,9	-0,5	-2,4
<i>Portugal</i>	718	2049	119	0,7	0,9	1,2
Países en desarrollo	175450	313500	48891	4,2	4,1	4,3
<i>China continental</i>	88681	36770	30080	5,6	12,3	5,0

Fuente: FAO (2010).

Es de destacar, dentro de los países en desarrollo, el crecimiento anual de China que fue del 5,6% en carne, del 5% en huevos y del 12,3% en producción de leche. España presenta un crecimiento importante anual en carne (2,5%) y huevos (3,1%) y menor en producción de leche (0,9%). Mientras que Portugal presenta un crecimiento anual moderado de las tres producciones y Francia presenta descenso en la producción de carne, de leche y de huevos.

En la producción de carne a nivel mundial, como se aprecia en la tabla 4, ha sido mucho más importante el aumento en la producción de carne de monogástricos (cerdo y aves) que en las especies de rumiantes (vacuno y ovino+caprino). En los países desarrollados en su conjunto se produjo un descenso en la producción de carne de rumiantes, aumentando la producción de cerdo y aves, lo cual tiene clara repercusión sobre el desarrollo de sistemas ganaderos ya que en el caso de la producción de carne de rumiantes (vacuno, ovino y caprino) se trata de sistemas ligados al uso del territorio, mientras que la producción de carne de monogástricos (aves y cerdos), salvo excepciones cuantitativamente poco importantes, se produce en condiciones intensivas (Kruska *et al.*, 2003).

Aspectos como los cambios en las costumbres gastronómicas y considerar a la carne de rumiantes como menos saludable pueden influir en el consumo y, en consecuencia en la producción de este tipo de productos (McMichael *et al.*, 2007). A pesar de los valores globales indicados, en España se produjo un aumento importante de la producción de carne de vacuno, porcino y aves, aumento más moderado en el caso de Portugal y un importante descenso en el caso de Francia. La emergencia productiva de China, en el periodo 1995-2007, queda en evidencia cuando se observan incrementos del 87% y 91,5% para la producción de carne de cerdo y aves y superiores al 100% para la producción de carne de vacuno (122,1%) y de ovino (177,9%).

Tabla 4. Producción de carne (vacuno, ovino, porcino y aves) en el año 2007 y su evolución (%) desde 1995 a 2007.

	Producción 2007 (miles t)				Evolución (%) de 1995-2007			
	Vacuno	Ovino	Porcino	Aves	Vacuno	Ovino	Porcino	Aves
Total mundial	61 881	14 038	115 454	86 772	14,2	34,5	44,1	58,9
Países desarrollados	29 398	3 233	39 457	36 956	-4,5	-7,6	9,6	33,2
<i>España</i>	705	236	3 222	1 087	38,8	-2,5	48,1	17,6
<i>Francia</i>	1 450	102	1 982	1 473	-13,8	-31,1	-7,6	-28,9
<i>Portugal</i>	106	24	332	252	1,9	-11,1	8,9	16,1
Países en desarrollo	32 483	10 805	75 996	49 817	38,7	55,7	72,2	85,5
<i>China continental</i>	7 250	4 850	60 000	15 320	122,1	177,9	87,5	91,5

Fuente: FAO (2010).

EVOLUCIÓN DEL CONSUMO DE ALIMENTOS DE ORIGEN ANIMAL

De manera semejante a lo indicado para la producción se puede observar en el consumo, tanto de carne como de leche y huevos, cuyos valores se indican en la tabla 5. En términos generales, se puede observar que al aumentar los ingresos de las poblaciones se produce un cambio en las demandas de alimentos de origen animal (FAO, 2010).

Tabla 5. Consumo de productos pecuarios (año 2005) y crecimiento anual (%) en el periodo de 1995-2005.

	Consumo 2005 (kg/persona año)			Crecimiento anual (%) de 1995-2005		
	Carne	Leche	Huevos	Carne	Leche	Huevos
Total mundial	41,2	82,1	9,0	1,5	0,8	2,1
Países desarrollados	82,1	207,7	13,0	0,6	0,5	0,6
<i>Francia</i>	88,6	263,3	8,3	-0,9	-0,2	-2,9
<i>España</i>	107,9	160,4	15,5	0,6	-0,1	1,0
<i>Portugal</i>	86	216,5	9,7	1,4	2,5	1,4
Países en desarrollo	30,9	50,5	8,0	2,6	2,1	3,1
<i>China continental</i>	59,5	23,2	20,2	4,5	13,4	4,7

Fuente: FAO (2010).

De los datos anteriores se puede deducir que el concepto de “seguridad alimentaria” varía en función de la población a la que se refiera. En los países en desarrollo este concepto implica cubrir las necesidades básicas de la población y evitar la subnutrición mientras que en los países desarrollados se entiende por seguridad alimentaria el control sanitario, la trazabilidad, etc.

El incremento en el consumo de productos pecuarios es positivo en el total mundial pero con valores mayores en los países en desarrollo que en los desarrollados, en alguno de los cuales, como Francia por ejemplo, existe un descenso en el periodo 1995-2005.

SISTEMAS GANADEROS

Los cambios en la producción y consumo de productos pecuarios y su evolución en los últimos años implican plantearse diferentes alternativas en cuanto al uso del territorio por parte de la ganadería en sistemas de pastoreo. Por una parte, en los países desarrollados, como ya se ha indicado, existe una cierta campaña de desprestigio ambiental de la actividad ganadera, especialmente en el caso de los rumiantes, por su efectos nocivos en la producción de gases de efecto invernadero, sin tener en cuenta la prevención de catástrofes que pueden evitarse mediante sistemas adecuados de pastoreo y

que la biodiversidad que creemos pelagra ha sido el resultado de la actividad del hombre mediante el manejo de los animales en sistemas ganaderos pastoriles.

Cuando se plantea una visión de la potencialidad de producir alimentos en una concepción global no es comprensible que exista una demanda de productos alimenticios, especialmente de origen animal (carne, leche, huevos, etc.) y al mismo tiempo se abandone el territorio en muchos países desarrollados bajo criterios de rentabilidad puntual de las explotaciones ganaderas y se pierda toda esa potencialidad productiva (Wassenaar *et al.*, 2006).

Los limitantes climáticos, orográficos, financieros, tecnológicos, etc. impiden el desarrollo de sistemas ganaderos en muchos países en vías de desarrollo y, sin embargo, su producción ganadera y demanda de productos pecuarios continúa en aumento en los últimos años, si bien de manera más importante la producción de monogástricos, más intensiva, que la de rumiantes, potencialmente más extensiva con la excepciones de la producción intensiva de leche, mayoritaria en nuestro país y el cebo intensivo de corderos y terneros.

En un foro como la reunión Ibérica de Pastos no puede dejar de mencionarse el problema de la investigación en sistemas de pastoreo en España y otros países de nuestro entorno. La investigación en pastoreo ha pasado, en apenas 25 años, de tener una importancia relativamente importante con numerosos grupos de investigación dedicados al estudio de los sistemas de pastoreo en sus distintos aspectos, en la práctica totalidad de las Comunidades Autónomas de nuestro país, a ser muy pocos los que quedan en este momento. Las razones son, por una parte la falta de rentabilidad científica de los trabajos de pastoreo medida bajo los criterios actuales por los que todos somos evaluados y todos utilizamos como criterio de valoración de actividad investigadora (número y citas de artículos en revistas indexadas) y el costoso mantenimiento de infraestructuras necesarias para poder llevar a cabo los trabajos de pastoreo. Por otra parte, en los países anglosajones, como líderes en producción científica, la producción primaria como tal no es una prioridad y digamos “no esta de moda”. Además, no sabemos si como causa o como efecto del menor desarrollo científico de la ganadería en pastoreo han ido perdiendo importancia las explotaciones extensivas frente a las intensivas.

A modo de ejemplo, sistemas de explotación tradicionalmente basados en el pastoreo como puede ser el ganado vacuno o el ganado ovino lechero, cada vez es mayor el número de explotaciones que mantienen permanentemente estabulados a los animales, mientras que se mantienen los sistemas de producción de carne de ganado vacuno y ovino ya que por sus peculiares características productivas y de rentabilidad no son viables económicamente en condiciones de estabulación.

A modo de ejemplo, a continuación se indican algunas características de los sistemas de producción de ganado ovino de leche y de ganado vacuno de carne de la provincia de León obtenidos de encuestas realizadas directamente en las explotaciones ganaderas en los años 2007-2008 (Lavín *et al.*, 2009; Mantecón *et al.*, 2009).

Las explotaciones de ganado ovino de ordeño han cambiado la base racial, introduciendo razas especializadas en la producción de leche (Assaf, Lacaune, Awassi, etc.) y de ser, tradicionalmente, explotaciones de pastoreo evolucionaron hacia la estabulación permanente. Sólo el 64% de las explotaciones realizan pastoreo y de estas, el 31% sólo sacan a pastar a las ovejas en los periodos de no producción de leche (secas). Uno de los factores determinantes en el mantenimiento del pastoreo es la disponibilidad de cercados que no obligue a la presencia permanente del pastor; en este sentido el 72%

de las explotaciones que realizan pastoreo lo harían con todos los animales si dispusieran de cercados adecuados y el 58% de las explotaciones que no realizan pastoreo lo harían si dispusieran de cercados. Se desprende de estos datos que casi el 50% de las explotaciones que no hacen pastoreo no lo harían aunque tuvieran las infraestructuras adecuadas de cercados.

Como un segundo ejemplo de sistema de explotación haremos referencia a la producción de ganado vacuno de carne de raza Parda de Montaña, localizado en zonas de montaña, fundamentalmente, y aprovechando los recursos vegetales mediante pastoreo. Al contrario de lo indicado para el ganado ovino en el caso del ganado vacuno es clara la tendencia a la extensificación y reducción de los periodos de estabulación. El periodo medio de estabulación de los animales es de 3,7 meses/año en los cuales reciben forrajes conservados y el 7,8% de las explotaciones no estabulan los animales en ningún momento del año. Las particulares características de los forrajes utilizados en la alimentación invernal de los animales obliga a plantearse nuevos conceptos de alimentación animal que tengan en cuenta la necesidad de espacios de comedero, el establecimiento de jerarquías, el tiempo de ingestión, rumia y descanso y la sensación de saciedad de los animales y no sólo la mejora del valor nutritivo en el aspecto clásico de contenido en nutrientes de los forrajes. En la figura 7 se puede observar el porcentaje de explotaciones que utilizan los distintos tipos de cubierta vegetal a lo largo del año.

En la actualidad, teniendo en cuenta el cambio ocurrido en la importancia relativa de los factores productivos (tierra, trabajo y capital), como consecuencia de la despoblación del mundo rural en general y las ayudas y subvenciones existentes, han pasado de ser la tierra y el capital los factores más limitantes en el siglo pasado (hace 50 años) a ser el factor trabajo el condicionante de mayor importancia actualmente (Schwarzlmüller, 2009). Ante esta situación caben, al menos, dos posibilidades extremas: i) la vuelta nostálgica a los sistemas de uso del territorio y ganaderos existentes en el pasado con las connotaciones culturales y de mantenimiento de las tradiciones o ii) tratar de diseñar (reinventar) nuevos sistemas de uso del territorio de acuerdo con las necesidades actuales de la sociedad y la limitación en el número de ganaderos activos; lo cual implica, posiblemente, una dimensión de las explotaciones decenas de veces superiores a las que hemos conocido, con sistemas de manejo animal, establecimiento de cercados, uso del territorio mediante nuevas figuras como las sociedades de propietarios, etc., acordes con esa estructura productiva y para que puedan ser ejecutadas las tareas por un número mínimo de personas. Este nuevo diseño implica la necesidad de una investigación que en la actualidad ni se está realizando ni, lamentablemente, parece que se piense iniciar en el corto espacio de tiempo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

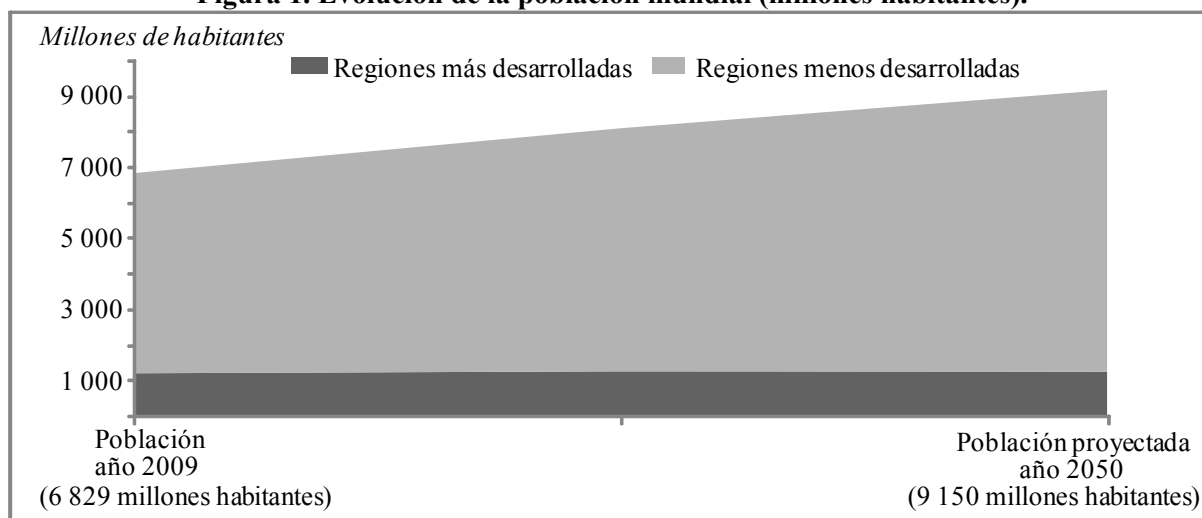
- BOUWMAN, A.F.; VAN DER HOEK, K.W.; EICKHOUT, B.; SOENARIO, I. (2005). Exploring changes in World ruminant production Systems. *Agricultural Systems*, **84**, 121-153.
- CARAVELI, H. (2000). A comparative analysis on intensification and extensification in mediterranean agriculture: dilemmas for LFAs policy. *Journal of Rural Studies*, **16**, 231-242.
- FAO (2006a). *Livestock's Long Sado, environmental issues and options*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome (Italy), (disponible en <http://www.fao.org/docrep/010/a0701e/a0701e00.HTM>. Último acceso: febrero de 2010).

- FAO (2006b). *World agriculture: towards 2030/2050. Interim Report*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome (Italy), (disponible en <http://www.fao.org/es/esd/AT2050web.pdf>. Último acceso: febrero de 2010).
- FAO (2009a). *El estado de la inseguridad alimentaria en el mundo 2009. Crisis económicas: repercusiones y enseñanzas extraídas*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma (Italia), (disponible en <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/012/i0876s/i0876s.pdf>. Último acceso: febrero de 2010).
- FAO (2009b). *El estado mundial de la agricultura y la alimentación 2009. La ganadería. A examen*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma (Italia), (disponible en <http://www.fao.org/docrep/012/i0680s/i0680s.pdf>. Último acceso: febrero de 2010).
- FAO (2010). *FAO Statistical Yearbook 2009*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome (Italy), (disponible en <http://www.fao.org/economic/ess/publications-studies/statistical-yearbook/fao-statistical-yearbook-2009/en/>. Último acceso: febrero de 2010).
- KRUSKA, R.L.; REID, R.S.; THORNTON, P.K.; HENNINGER, N.; KRISTJANSON, P.M. (2003). Mapping livestock-oriented agricultural production systems for the developing world. *Agricultural Systems*, **77**, 39-63.
- LAVÍN, P.; GARCÍA, L.; VILLADANGOS, B.; GONZÁLEZ, M.J.; MANTECÓN, A.R. (2009). Caracterización preliminar de las explotaciones de ganado vacuno de raza Parda de Montaña en Asturias, Cantabria y Castilla y León. En: *XIII Jornadas sobre Producción Animal AIDA*. M. Joy, J. H. Calvo, C. Calvete, M. A. Latorre, I. Casasús, A. Bernués, B. Panea, A. Sanz, J. Balcells (Eds.). AIDA. Zaragoza (España). 391- 393.
- MANTECÓN, A.R.; DÍEZ, P.; VILLADANGOS, B.; MARTÍNEZ, P.; LAVÍN, P. (2009). Dairy sheep production systems at the central-north of Spain: Limiting factors. *CIHEAM Options Méditerranéennes*, **A 91**, 75-78.
- MC MICHAEL, A.J.; POWLES, J.W.; BUTLER, C.D.; UAUY, R. (2007). Food, livestock production, energy, climate change and Elath. *The Lancet*, **370**, 1253-1263.
- POPKIN, B.M. (1994). The nutrition transition in low-income countries: an emerging crisis. *Nutritional Review*, **52**, 285-298.
- PRB (2009). *Cuadro de datos de la Población Mundial 2009*. Population Reference Bureau. Washington (EE.UU), (disponible en http://www.prb.org/pdf09/09wpds_sp.pdf. Último acceso: febrero de 2010).
- RUIZ-MIRAZO, J.; ROBLES, A.B.; JIMÉNEZ, R.; MARTÍNEZ-MOYA, J.L.; LÓPEZ-QUINTANILLA, J.; GONZÁLEZ-REBOLLAR, J.L. (2007). La prevención de incendios forestales mediante pastoreo controlado: el estado del arte en Andalucía. *Wildfire 2007*, Sevilla (España). (Disponible en http://www.wildfire07.es/html/es/Autor_R.html).
- SCHWARZLMÜLLER, E. (2009). Human appropriation of aboveground net primary production in Spain, 1955-2003: an empirical analysis of the industrialization of land use. *Ecological Economics*, **69**, 282-291.
- UNFPA (2009). *Estado de la población 2009. Frente a un modelo cambiante: la mujer, la población y el clima*. Fondo de Población de las Naciones Unidas. New York (EE.UU), (disponible en http://www.unfpa.org/swp/2009/es/pdf/ES_SOWP09.pdf. Último acceso: febrero de 2010).

VARELA-REDONDO, E.; CALATRAVA-REQUENA, J.; RUIZ-MIRAZO, J.; JIMÉNEZ-PIANO, R.; GONZÁLEZ-REBOLLAR, J. L. (2008). El pastoreo en la prevención de incendios forestales: análisis comparado de costes evitados frente a medios mecánicos de desbroce de la vegetación. *Pequeños Rumiantes*, 9 (3), 12-20.

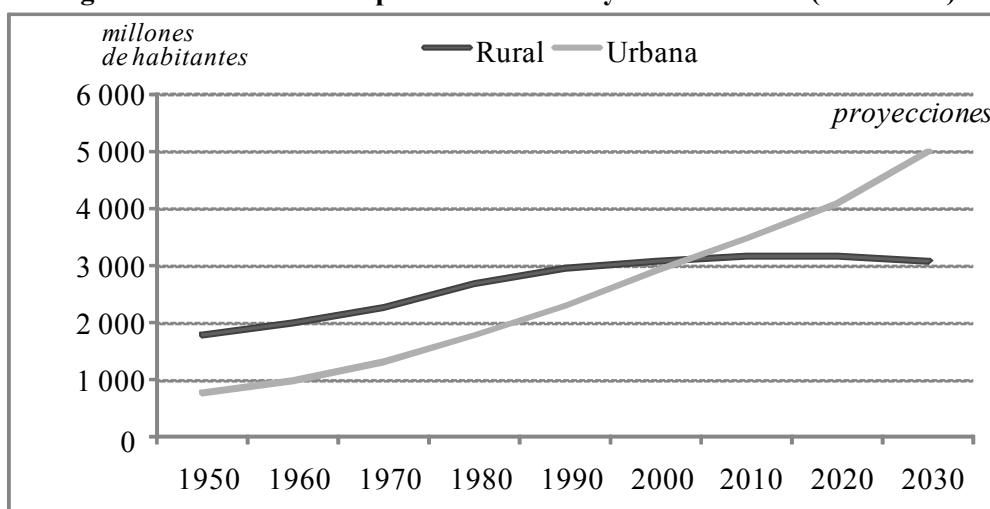
WASSENAAR, T.; GERBER, P.; VERBURG, P.H.; ROSALES, M.; IBRAHIM, M.; STEINFELD, H. (2006). Projecting land use changes in the neotropics. The geography of pastures expansion into forest. *Global Environmental Change*, 17, 86-104.

Figura 1. Evolución de la población mundial (millones habitantes).



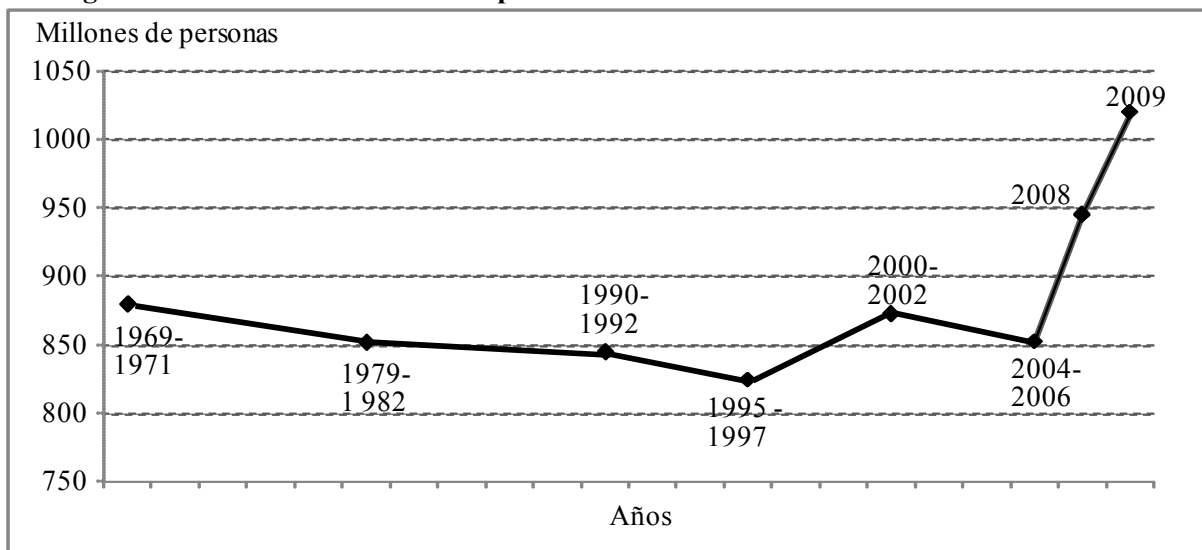
Fuente: UNFPA (2009).

Figura 2. Evolución de la población urbana y rural mundial (1950-2030).



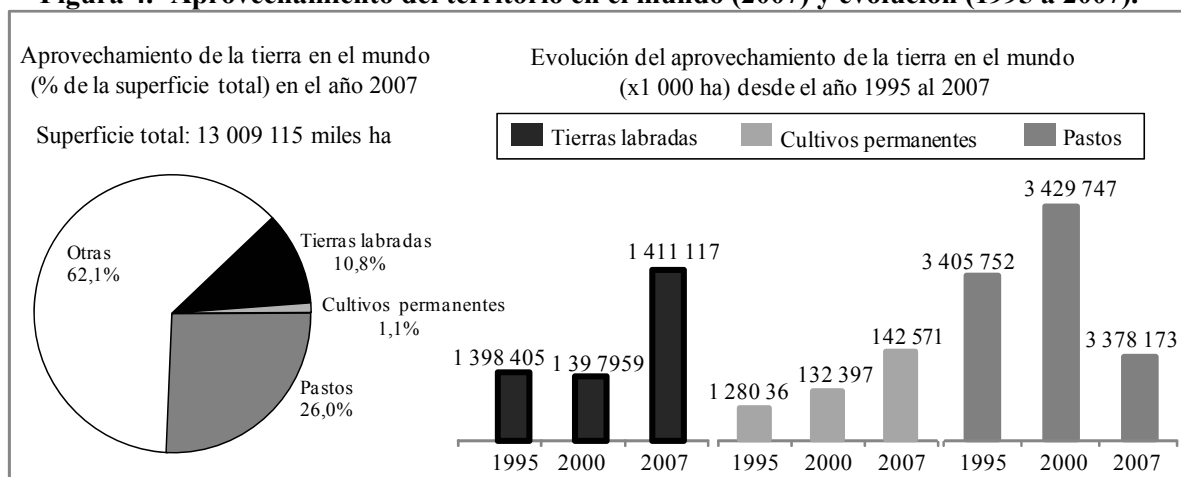
Fuente: FAO (2006a), FAO (2006b).

Figura 3. Evolución del número de personas subnutridas en el mundo de 1969-71 a 2009.



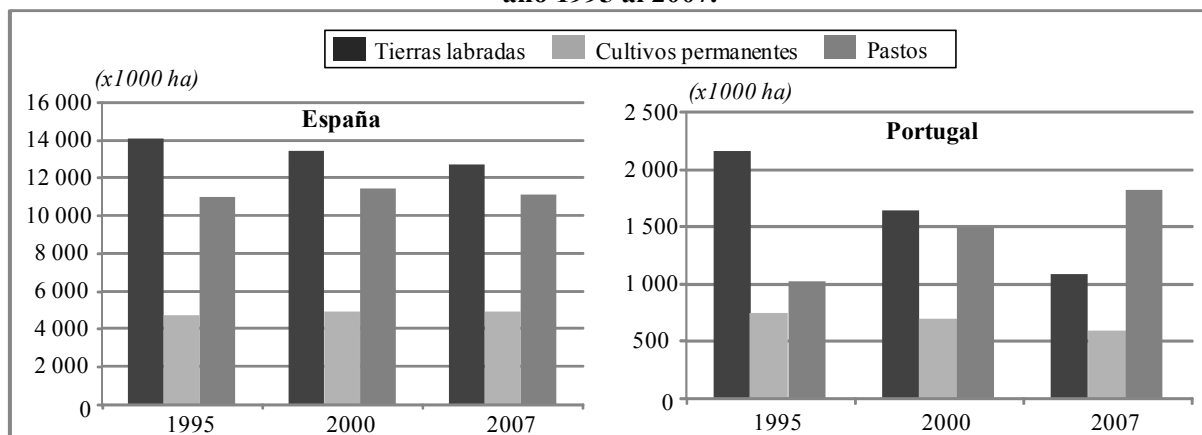
Fuente: FAO (2009a).

Figura 4.- Aprovechamiento del territorio en el mundo (2007) y evolución (1995 a 2007).



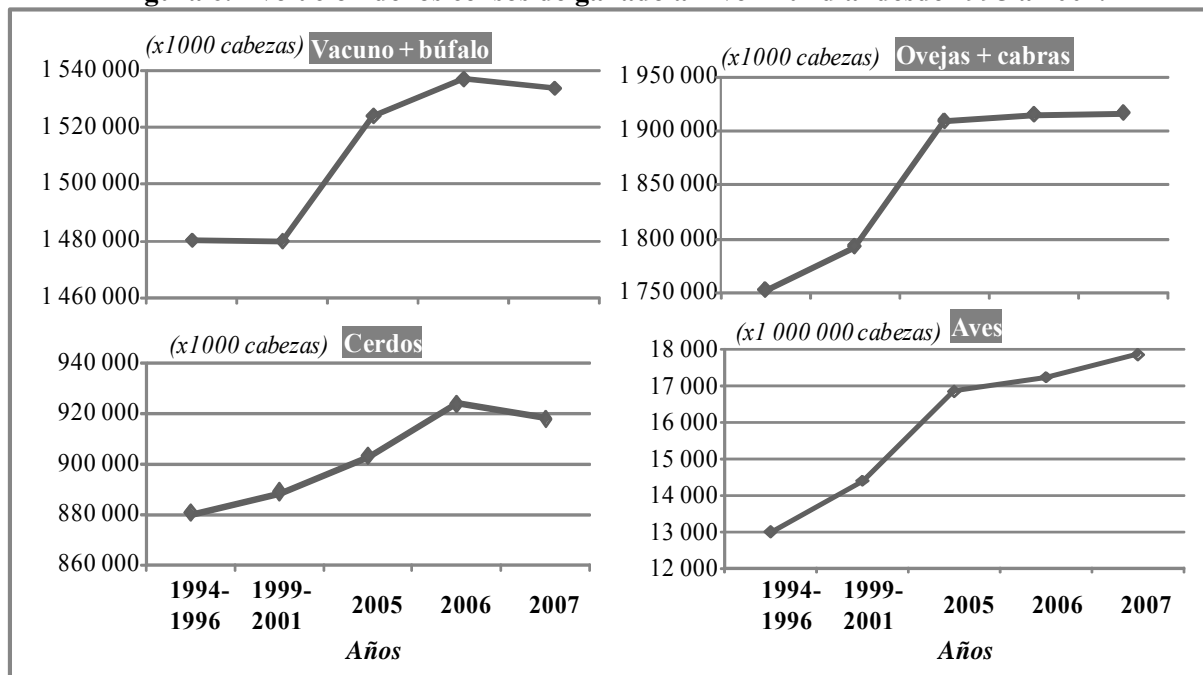
Fuente: FAO (2010).

Figura 5. Evolución del aprovechamiento de la tierra en España y Portugal (x1000 ha) desde el año 1995 al 2007.



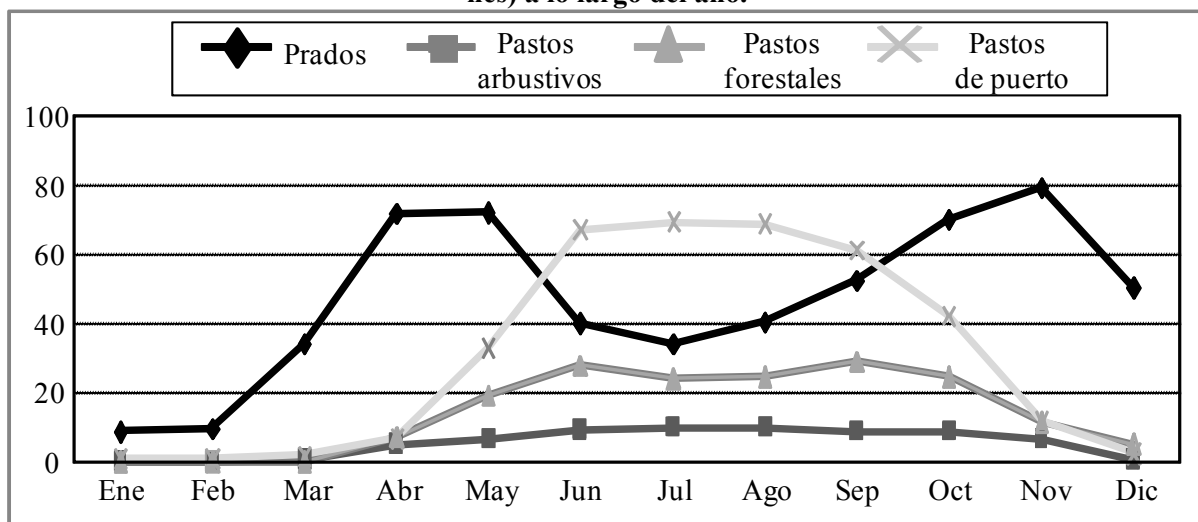
Fuente: FAO (2010).

Figura 6. Evolución de los censos de ganado a nivel mundial desde 1995 a 2007.



Fuente: FAO (2010).

Figura 7. Aprovechamiento de la cubierta vegetal por el ganado vacuno de carne (% explotaciones) a lo largo del año.



Fuente: Lavín *et al.* (2009).

PRODUCCIÓN DE SEMILLA Y CONTENIDO DE PROTEÍNA DE COLZA CULTIVADA EN EL OESTE ESPAÑOL

A. GARCÍA-CIUDAD, C. PETISCO, B. R. VÁZQUEZ-DE-ALDANA, L. GARCÍA-CRIADO Y
B. GARCÍA-CRIADO

Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Salamanca (IRNASA, CSIC). Apdo. 257, 37071
Salamanca

RESUMEN

La colza (*Brassica napus* L.), cultivo de gran expansión en la agricultura europea, presenta múltiples formas de aprovechamiento: alimentación humana, animal y usos industriales.

En este trabajo se estudia la producción de semilla de colza cv 'ES Hydromel' y la concentración y producción de proteína de la semilla, bajo la influencia de diversos tratamientos de fertilización. El ensayo se realizó en secano (siembra otoñal), en una zona semiárida de la provincia de Salamanca. Los resultados mostraron que la producción de semilla se incrementa significativamente ($p < 0,05$) con la adición de fertilizantes; con un aporte adecuado se consiguieron producciones cuatro veces superiores a las obtenidas sin fertilización alguna (valores medios comprendidos entre 823 kg ha^{-1} y 3866 kg ha^{-1}). Asimismo, la producción de proteína puede verse incrementada hasta cinco veces con las dosis más altas de fertilizante (valores medios desde 174 kg ha^{-1} hasta 861 kg ha^{-1}). Sin embargo, la concentración de proteína en la semilla, no se vio afectada de manera significativa por el abonado, oscilando los niveles medios entre 21,0% y 22,3%.

Palabras clave: *Brassica napus* cv 'ES Hydromel', fertilización

INTRODUCCIÓN

La colza (*Brassica napus* L.) es la oleaginosa más cultivada en la Unión Europea y se destina a muy diferentes usos: alimentación animal (torta/harina obtenida como subproducto en las industrias extractoras de aceite, semilla entera, ensilado, etc.), alimentación humana y otros usos industriales. Entre estos últimos cabe destacar el incremento de este cultivo dirigido hacia usos energéticos como producción de biodiesel (Camps y Marcos, 2002; López Bellido, 2002). En la comunidad autónoma de Castilla-León y, concretamente en la zona transfronteriza con Portugal, ha aumentado notablemente en los últimos años la superficie dedicada al cultivo de colza. Por otro lado, la colza puede constituir una excelente alternativa en la rotación de cereales, incluso para sustituir al cultivo de la remolacha y por consiguiente, ofrece buenas expectativas a los agricultores (Provedo Pisano y Díez Antolínez, 2006; Junta de Castilla y León, 2006).

Independientemente del uso al que se dirija este cultivo, es evidente que el parámetro prioritario a tener en cuenta, es la producción de semilla. Sin embargo, ciertos factores de calidad de la semilla tendrán mayor o menor importancia, dependiendo de su utilización posterior. Pero es incuestionable que la semilla de colza posee un alto contenido en proteína que puede ser aprovechado en alimentación animal, tanto si se utiliza la semilla completa, como si se utiliza la torta/harina procedente de las industrias extractoras de aceite (Guerrero García, 1999; FEDNA, 2003). Por otro lado, la planta de colza también puede ser aprovechada por el ganado, especialmente como ensilado (Guerrero García, 1999).

Este trabajo complementa uno publicado anteriormente en el que se estudió la producción de biomasa aérea y estado nutricional de la planta (respecto a N y P) en la fase de floración (García-Ciudad *et al.*, 2009). El objetivo de la presente comunicación es estudiar la producción de semilla de colza cv 'ES Hydromel' y la concentración y producción de proteína de la semilla, bajo la influencia de diversos tratamientos de fertilización y cultivada en una zona semiárida del oeste español.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se llevó a cabo en una parcela de secano de zona semiárida, sobre un campo de rastrojo de cereal (finca Experimental del IRNASA-CSIC, Barbadillo, Salamanca). El suelo, clasificado como Cambisol eútrico-crómico posee una textura areno-arcillosa, pH ácido (6,08), un contenido bajo en materia orgánica (0,80%) y un contenido alto en P asimilable (25,3 ppm). Se utilizó *Brassica napus* L. cv 'ES Hydromel', haciéndose un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones y nueve tratamientos de fertilizantes, sugeridos por una Empresa del sector (que incluyen un testigo sin aporte alguno), en parcelas elementales de 6 m x15 m. La siembra se efectuó en otoño de 2007 (mediados de octubre), empleando aproximadamente 6 kg de semilla ha⁻¹, en líneas separadas entre sí 27 cm. Las dosis de fertilizante y época de aporte, se muestran en la Tabla 1.

A mediados de julio de 2008 se recolectó el grano mecánicamente (cosechadora) en una fracción (aproximadamente de 25 m²) de cada parcela y las semillas se introdujeron en bolsas, trasladándose al laboratorio para su manipulación posterior. Las semillas se limpiaron de impurezas y se secaron en bandejas al aire a temperatura ambiente, determinándose la producción de semilla en kg ha⁻¹. Del total de muestras se tomaron submuestras que se molieron para efectuar las determinaciones de la concentración de proteína (N Kjeldahl x 6,25). Se obtuvo también la producción de proteína por unidad de superficie (kg ha⁻¹), al multiplicar la concentración de proteína por la producción de semilla.

Para el análisis estadístico se utilizó el programa SPSS 17.0, aplicándose un análisis de la varianza (ANOVA) para determinar el efecto del tratamiento de fertilizante sobre las producciones de semilla y proteína y sobre la concentración de proteína de la semilla. Se utilizó el contraste de mínimas diferencias significativas (DMS) para la comparación múltiple de medias.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 2 se expone un resumen de los resultados obtenidos en la producción de semilla de la variedad de colza estudiada, concentración de proteína en la semilla, así como la producción de proteína por unidad de superficie, según los distintos tratamientos de fertilización. En las Tablas 3 y 4 se exponen los resultados de las comparaciones múltiples entre tratamientos, relativos a las producciones de semilla y de proteína.

La fertilización influye significativamente en la producción de semilla (Tablas 2 y 3). Así, mientras que con T0 (no aporte de fertilizante) se obtiene una producción media de 823 kg ha⁻¹, con los tratamientos que aportan las dosis más altas de N (150 kg de N ha⁻¹: T3, T4, T7 y T8), se obtienen producciones medias que oscilan entre 3374 y 3866 kg ha⁻¹, lo que implica cuadruplicar la producción. Entre estos cuatro tratamientos no existen diferencias significativas (Tabla 3) a pesar de que T4 lleva una mayor cantidad de P y K que los demás (Tabla 1). Ello indica que la formulación T4 es menos recomendable que las otras tres, por lo que supone un encarecimiento al incorporar más P y K y que no se ve reflejado en un aumento de producción de semilla. Con las dosis más bajas (50 kg de N ha⁻¹: T1 y T5) ya se aprecia un notable incremento en la producción (Tablas 2), no existiendo diferencias

significativas ($p > 0,05$) entre ambos tratamientos (Tabla 3). Los tratamientos que suponen aportes totales intermedios de N (T2 y T6, Tabla 1), consiguen también producciones intermedias, no existiendo diferencias significativas entre ellos. Cabe señalar que con ambos tratamientos se consiguen producciones estadísticamente iguales a las obtenidas con alguno de los tratamientos que aportan las dosis más altas (Tablas 1 y 3). Ello indica que con estas dosis altas se pueden estar sobrepasando en algunos casos, los niveles óptimos de adición, Estos resultados son relevantes y deben ser considerados porque suponen una disminución en costes de fertilizante.

Tabla 2. Producción de semilla y concentración y producción de proteína de colza cv ‘ES Hydromel’, según los diferentes niveles de abonado.

T	Producción semilla (kg ha ⁻¹)			Concentración proteína (%)			Producción proteína (kg ha ⁻¹)		
	Rango	Media	CV	Rango	Media	CV	Rango	Media	CV
T0	546-1126	823	30,5	19,0-22,3	21,0	6,90	119-251	174	34,5
T1	1629-2501	2117	20,5	18,7-21,5	20,1	7,91	305-530	427	22,6
T2	2710-3660	3083	13,1	19,3-21,9	20,5	7,22	571-705	630	9,8
T3	3130-3525	3384	5,3	19,9-23,1	21,4	6,17	665-783	723	7,0
T4	3314-4192	3597	11,3	21,0-22,9	22,2	4,28	721-880	795	8,5
T5	1942-2979	2566	17,5	18,9-22,0	20,5	7,51	420-655	525	18,6
T6	2677-3307	2983	10,3	20,4-24,2	21,6	8,15	547-684	642	10,0
T7	3040-3671	3374	7,9	21,1-23,1	22,0	3,68	661-846	742	10,8
T8	3505-4178	3866	7,9	20,1-24,2	22,3	6,95	812-919	861	5,2
Total	546-4192	2866	32,8	18,7-24,2	21,3	6,95	119-919	613	34,6

Las producciones de semilla, en base al efecto de la fertilización, siguen un comportamiento paralelo al de las producciones de biomasa aérea en la fase de inicio de floración (García Ciudad *et al.*, 2009). Por otro lado, las producciones obtenidas son similares a las de otros autores, para esta misma variedad (Provedo Pisano y Díez Antolínez, 2006).

Tabla 3. Efecto del tratamiento de fertilización en la producción de semilla: nivel de significación entre pares de tratamientos resultante de las comparaciones múltiples según el contraste DMS. En negrita se destacan niveles con $p < 0,05$.

	T0	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
T0		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
T1			0,000	0,000	0,000	0,077	0,001	0,000	0,000
T2				0,229	0,045	0,044	0,686	0,244	0,003
T3					0,392	0,002	0,112	0,968	0,059
T4						0,000	0,018	0,371	0,281
T5							0,099	0,003	0,000
T6								0,121	0,001
T7									0,054
T8									

Las concentraciones de proteína de la semilla, a nivel de tratamiento, varían dentro de intervalos estrechos, como muestran los bajos coeficientes de variación (CV), inferiores al 10% en todos los casos (Tabla 2). Aunque en general, se observa un ligero incremento en los valores medios con el aporte de fertilizante, las diferencias no llegan a ser significativas ($p > 0,05$). Los valores medios oscilan entre 21,0% (con T0: no aporte) y 22,3% (con T8: uno de los tratamientos de mayor aporte). Considerando la oscilación de la concentración de este parámetro a nivel global, se obtiene un intervalo de variación comprendido entre 18,7% y 24,2% con una media de 21,3% (Tabla 2). Este alto contenido en proteína en la semilla se ve incrementado casi al doble en los subproductos resultantes (harina/torta) de la extracción del aceite (Guerrero García, 1999); por lo tanto, ofrece grandes posibilidades

para su aplicación en alimentación animal tanto en la forma de grano entero, como la utilización de la harina o torta.

A partir de los resultados expuestos hasta ahora, se deduce que las variaciones en la producción total de proteína por unidad de superficie dependen fundamentalmente de la producción de semilla. Así este parámetro sigue un paralelismo con la producción de semilla, en función de los distintos tratamientos (Tabla 2). La fertilización influye significativamente en la producción de proteína: el tratamiento T0 establece diferencias significativas con todos los demás (Tabla 4) y la producción de proteína puede llegar a quintuplicarse (T8 = 861 kg ha⁻¹) respecto al control (174 kg ha⁻¹) (Tabla 2).

Tabla 4. Efecto del tratamiento de fertilización en la producción de proteína: nivel de significación entre pares de tratamientos resultante de las comparaciones múltiples según el contraste

DMS. En negrita se destacan niveles con p<0,05.

	T0	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
T0		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
T1			0,006	0,000	0,000	0,063	0,000	0,000	0,000
T2				0,079	0,003	0,047	0,814	0,036	0,000
T3					0,162	0,001	0,123	0,706	0,011
T4						0,000	0,005	0,301	0,203
T5							0,028	0,000	0,000
T6								0,059	0,000
T7									0,026
T8									

A pesar de la similitud entre los comportamientos de las producciones de semilla y de proteína bajo el efecto del abonado, en el caso de la producción de proteína se obtiene una gradación más neta según los distintos niveles aportados. Así, los tratamientos T1 y T5 (aportes de N más bajos), incrementan significativamente (p<0,05) la producción respecto de T0 y dan lugar a producciones estadísticamente iguales entre sí y distintas del resto de los tratamientos (Tabla 4). Los tratamientos T2 y T6 (aportes intermedios) inducen producciones estadísticamente iguales y significativamente más altas que las de T1 y T5. Finalmente, con T3, T4, T7 y T8 (aportes más altos), se obtienen producciones estadísticamente iguales y significativamente mayores que con T2 y T6, excepto en el caso de T3 que conduce a producciones estadísticamente iguales a las de T2 y T6. Además, se puede afirmar, en relación con la producción de proteína, que el aumento del aporte de nutrientes distintos al N, también da lugar a producciones significativamente distintas, y así el tratamiento T8 origina las producciones más altas, y diferencias significativas con el resto excepto con T4. Por consiguiente, en cuanto a este parámetro se aprecia en general un efecto positivo más nítido de los niveles de abonado más altos, por lo que podrían justificarse las mayores adiciones.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos evidencian que la fertilización influye de forma positiva y altamente significativa en la producción de semilla de colza y en la producción de proteína de la semilla. La producción de semilla puede llegar a superar el cuádruplo y la de proteína quintuplicarse, con un aporte adecuado de fertilización. Sin embargo, la adición de nutrientes no influye de manera significativa en la concentración de proteína de la semilla. El aumento de dosis de P y K en el fertilizante, no produce aumentos significativos en la producción de semilla pero sí en la producción de proteína en semilla.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido subvencionado por la Empresa FERTIBERIA S.A. (Proy. Ref.: OOT: 2006006-3), Junta de Castilla y León (Proy. Ref.: CSI04A07) y Proyecto: 0128_PROBIOENER_2_E (Programa de Cooperación Transfronteriza España-Portugal, UE/FEDER). Han colaborado técnicamente J.C. Estévez y M.C. Esteban Hernández.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAMPS, M.; MARCOS, F., 2002. *Los Biocombustibles*. Ediciones Mundi-Prensa, 366 pp. Madrid (España).

FEDNA, 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 (España).

GARCÍA CIUDAD, A.; PETISCO, C.; GARCÍA CRIADO, L.; VÁZQUEZ de ALDANA, B.R.; GARCÍA CRIADO, B., 2009. Efecto de la fertilización en la producción de biomasa aérea y concentraciones de nitrógeno y fósforo en plantas de colza. En: *La multifuncionalidad de los pastos: producción ganadera sostenible y gestión de los ecosistemas*, R. REINÉ *et al.* (Eds.). Gráficas Alós. Huesca (España), 237-243.

GUERRERO GARCÍA, A., 1999. *Cultivos herbáceos extensivos*. Mundi-Prensa, 831 pp. Madrid (España).

JUNTA DE CASTILLA Y LEÓN, 2006. Colza: El cultivo de moda; estrategia de la UE para los biocarburantes. *Tierras de Castilla y León: Agricultura*, **122**, 94-110.

LÓPEZ BELLIDO, L., 2002. *Cultivos industriales*. Ediciones Mundi-Prensa, 1071 pp. Madrid (España).

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 (ITA-CyL), Junta de Castilla y León, 55 pp. Valladolid (España).

SEED PRODUCTION AND PROTEIN CONTENT ON RAPESEED CROPS IN WESTERN SPAIN

SUMMARY

Rapeseed (*Brassica napus* L.), a wide cultivated crop in the European agriculture, have multiple exploitation ways: human food, animal feed and industrial uses. In the present work, seed production of rapeseed cv 'ES Hydromel' and its protein concentration and production as influenced by fertilization formulation was studied. An autumn sown field experiment was carried out under non-irrigated conditions, in a semiarid area of Salamanca province. The results show that seed yield had a significant ($p < 0.05$) increase with the addition of fertilizers; with a suitable addition yield was four times greater than without fertilizer (mean values from 823 kg ha⁻¹ to 3866 kg ha⁻¹). Protein yield increased five times with the highest fertilizer doses (861 kg ha⁻¹) as compared to control (174 kg ha⁻¹). However, the effect of fertilizer on seed protein content was not significant, ranging from 21.0% to 22.3%.

Key words: *Brassica napus* cv 'ES Hydromel', fertilization, yield

Tabla 1. Tratamientos de fertilización en cultivos de colza: formulación, cantidad y época de aplicación.

¹(NSA): nitrosulfato amónico

Tratamiento	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	200	8-24-16	16 N 48 P ₂ O ₅ 32 K ₂ O	131	26-0-0; 37 (NSA) ¹	34 N 48 SO ₃	331	50 N 48 P ₂ O ₅ 32 K ₂ O 48 SO ₃
T2	300	8-24-16	24 N 72 P ₂ O ₅ 48 K ₂ O	292	26-0-0; 37 (NSA) ¹	76 N 108 SO ₃	592	100 N 72 P ₂ O ₅ 48 K ₂ O 108 SO ₃
T3	400	8-24-16	32 N 96 P ₂ O ₅ 64 K ₂ O	454	26-0-0; 37 (NSA) ¹	118 N 168 SO ₃	854	150 N 96 P ₂ O ₅ 64 K ₂ O 168 SO ₃
T4	500	8-24-16	40 N 120 P ₂ O ₅ 80 K ₂ O	423	26-0-0; 37 (NSA)	110 N 157 SO ₃	923	150 N 120 P ₂ O ₅ 80 K ₂ O 157 SO ₃
T5	200	8-15-15	16 N 30 P ₂ O ₅ 30 K ₂ O	131	26-0-0; 37 (NSA) ¹	34 N 48 SO ₃	331	50 N 30 P ₂ O ₅ 30 K ₂ O 48 SO ₃
T6	300	8-15-15	24 N 45 P ₂ O ₅ 45 K ₂ O	292	26-0-0; 37 (NSA) ¹	76 N 108 SO ₃	592	100 N 45 P ₂ O ₅ 45 K ₂ O 108 SO ₃
T7	400	8-15-15	32 N 60 P ₂ O ₅ 60 K ₂ O	454	26-0-0; 37 (NSA) ¹	118 N 168 SO ₃	854	150 N 60 P ₂ O ₅ 60 K ₂ O 168 SO ₃
T8	500	8-15-15	40 N 75 P ₂ O ₅ 75 K ₂ O	423	26-0-0; 37 (NSA) ¹	110 N 157 SO ₃	923	150 N 75 P ₂ O ₅ 75 K ₂ O 157 SO ₃

MODELIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE UN CORTE DE BIOMASA DE *Lolium×hybridum* EN ASTURIAS USANDO LA DISTRIBUCIÓN WEIBULL

J. J. GORGOSO-VARELA, J. A. OLIVEIRA-PRENDES Y E. AFIF-KHOURI

Departamento de Biología de Organismos y Sistemas. Escuela Politécnica de Mieres. Universidad de Oviedo. C/ Gonzalo Gutiérrez Quirós s/n, 33600 Mieres (Asturias). Email: gorgoso@uniovi.es

RESUMEN

En este trabajo se empleó la función de distribución Weibull de tres parámetros, como alternativa a la distribución normal, para describir la frecuencia de la producción de biomasa en intervalos de producción de 30 g/m² de un cultivo forrajero de raigrás híbrido (*Lolium×hybridum* Hausskn) cv ‘Rusa’, situado en el término municipal de Carreño, en la parte central y costera de Asturias, que fue sometido a tres tratamientos de abonado nitrogenado: 0, 40 y 80 unidades de nitrógeno por ha.

La función se ajustó por el método de los momentos y la bondad del ajuste se comprobó con el test de Kolmogorov-Smirnov a un nivel de significación del 5%. La función Weibull se mostró como un modelo flexible y sencillo capaz de representar distribuciones de frecuencias asimétricas y con diferentes kurtosis (grado de apuntamiento o de achatamiento de la función).

Palabras clave: cultivos forrajeros, fertilización nitrogenada, momentos de la distribución, parámetros de la función.

INTRODUCCIÓN

La caracterización de la biomasa de forraje en pastos es complicada por la variabilidad temporal y espacial de la producción en los mismos. Factores como la topografía, tipo de animal que pasta, localización de los cercados, distribución de los abonados o localización del agua, conforman lugares de alimentación no uniformes para los animales.

Actualmente se acepta que los métodos para la estimación de biomasa asumen que la distribución en la producción se distribuye según una curva normal, pero hay varios problemas que se derivan de esta hipótesis. Por ejemplo, el ganado no pasta uniformemente, siendo mayor la heterogeneidad espacial de la producción de biomasa con una mayor intensidad del pastoreo (Shiyomi *et al.*, 1984), encontrándose en algunas ocasiones que la distribución de frecuencias de la producción de biomasa presenta en estos casos asimetrías hacia la derecha. Otro factor que también influye en las distribuciones de frecuencias son los aprovechamientos selectivos que crean manchas debido a que en algunas zonas los pastoreos son más intensos que en otras (Remington *et al.*, 1994).

Existen otras distribuciones capaces de modelizar distribuciones asimétricas, como son la beta, la log-normal o la gamma. Esta última que ha sido empleada para modelizar producciones de biomasa en pastos (Shiyomi *et al.*, 1998), pero también tienen limitaciones cuando son empleadas para modelizar biomasa de forraje, como el hecho de que son difíciles de integrar y no permiten obtener una función de distribución a partir de la función de densidad, y otras requieren conocer sus extremos superiores e inferiores para conocer sus parámetros o para reescalar los valores de los parámetros estimados (Remington *et al.*, 1994).

Para evitar estas dificultades algunos autores han empleado la distribución Weibull para modelizar la producción de biomasa en pastizales (Remington *et al.*, 1994), que también está ampliamente

difundida en el ámbito forestal para modelizar distribuciones de diámetros de árboles debido a su flexibilidad y sencillez (Bailey y Dell, 1973).

Remington *et al.* (1992) también usaron la distribución Weibull para describir producciones de biomasa aérea y alturas máximas de *Bouteloua gracilis* (H.B.K.) Lagg. Ex Steud y *Buchloe dactyloides* (Nutt.) Engelm. Estos autores compararon los resultados con la distribución normal que solamente era capaz de describir el 50% de las distribuciones de biomasa y el 0% de las distribuciones de alturas máximas. Sin embargo, en este trabajo la distribución Weibull fue capaz de describir el 100% de las distribuciones de biomasa y de alturas máximas.

El objetivo de este estudio es emplear la función de distribución Weibull de tres parámetros como alternativa a la distribución normal para describir la frecuencia de la producción de biomasa en un cultivo forrajero de raigrás híbrido (*Lolium x hybridum*) que ha sido sometido a tres tratamientos de abonado nitrogenado: 0, 40 y 80 unidades de nitrógeno por ha. La función se ajustó por el método de los momentos y la bondad del ajuste se ha testado con el test de Kolmogorov-Smirnov a un nivel de significación del 5%.

MATERIAL Y MÉTODOS

Área de estudio y tratamientos

El ensayo se estableció en la finca “Casero” situada en Candás, Carreño (43° 35' N, 5° 47' W, 80 m) en un suelo Inceptisol, Ustochrept. El cultivo anterior fue maíz forrajero (de mayo a octubre). En las labores previas a la siembra del maíz se llevó a cabo un abonado de fondo con 600 kg/ha de 9-18-27. Durante el cultivo del maíz forrajero se abonó en cobertera con 240 kg/ha de nitrato amónico cálcico del 27% N.

La siembra del raigrás híbrido cv ‘Rusa’ (4x) se produjo en octubre de 2008, con una dosis de semilla de 50 kg/ha, en 3 subparcelas de 100 m² cada una y con 3 tratamientos de abonado nitrogenado diferenciados: en la subparcela 1 con 0 kg/ha de nitrógeno, en la subparcela 2 con 40 kg/ha de nitrógeno y en la subparcela 3 con 80 kg/ha de nitrógeno. La fuente nitrogenada fue nitrato amónico cálcico del 27% de N. La aplicación del nitrógeno se realizó en el mes de marzo de 2009.

En mayo de 2009 se tomaron 30 muestras al azar en cada subparcela, utilizando un marco de muestreo de 0,5 x 0,5 m. Se pesó en verde cada una de las muestras y se tomó una submuestra de 100 gramos de cada una, introduciéndolas durante 2 días en una estufa de ventilación forzada a 70 °C. Posteriormente se determinó el peso seco total de cada una de las muestras.

La función Weibull

La expresión de la función de densidad de Weibull de tres parámetros es la siguiente:

$$f(x) = \left(\frac{c}{b}\right) \cdot \left(\frac{x-a}{b}\right)^{c-1} \cdot e^{-\left(\frac{x-a}{b}\right)^c} \quad [1]$$

donde x es la variable aleatoria, a es un parámetro de situación relacionado con el valor mínimo de la variable aleatoria, b es un parámetro de escala y c es un parámetro de forma.

Los valores que adoptan los tres parámetros son mayores o iguales a cero y su variación permite que la función tome diversas formas. Si $c = 1$ coincide con la distribución exponencial; si $1 < c < 3,6$ presenta asimetría hacia la derecha; si $c = 3,6$ la función de densidad de Weibull se aproxima a la normal; y si $c > 3,6$ presenta asimetría hacia la izquierda.

Integrando la ecuación [1] se obtiene la función de distribución de Weibull, cuya expresión resulta más sencilla y por tanto será la empleada para realizar su ajuste:

$$F(x) = \int_0^x \left(\frac{c}{b}\right) \cdot \left(\frac{x-a}{b}\right)^{c-1} \cdot e^{-\left(\frac{x-a}{b}\right)^c} = 1 - e^{-\left(\frac{x-a}{b}\right)^c} \quad [2]$$

siendo $F(x)$ la frecuencia relativa acumulada de muestras con una producción de biomasa menor o igual a x .

En este trabajo se han establecido intervalos de producción de biomasa seca de 30 g/m², elaborándose los histogramas de frecuencias relativas de producción con las muestras que correspondían a cada valor central del intervalo de producción.

Ajuste de la función Weibull

Los parámetros de la función Weibull fueron obtenidos por el método de los momentos, debido a que para muestras menores o iguales a 30 el método resulta más adecuado que otros métodos de ajuste de la función como el de máxima verosimilitud (Grender *et al.*, 1990).

En el método de los momentos los parámetros b y c se obtienen mediante dos ecuaciones que dependen del primer y del segundo momento de las distribuciones (media aritmética y varianza, respectivamente), suponiendo conocido el valor del parámetro de situación a , que en este caso se hace coincidir con el valor mínimo de las producciones de biomasa en cada tratamiento:

$$b = \frac{\bar{x} - a}{\Gamma\left[1 + \frac{1}{c}\right]} \quad [3] \quad \sigma^2 = \frac{(\bar{x} - a)^2}{\Gamma^2\left[1 + \frac{1}{c}\right]} \cdot \left(\Gamma\left[1 + \frac{2}{c}\right] - \Gamma^2\left[1 + \frac{1}{c}\right] \right) \quad [4]$$

donde \bar{x} : media aritmética de la producción de biomasa de cada distribución (primer momento); σ^2 : varianza de la producción de biomasa de cada distribución (segundo momento) y $\Gamma[i]$: es el valor de la función Gamma en el punto i .

La ecuación [4] sólo depende de c por lo que se puede resolver iterativamente. Para la resolución de la ecuación por el método de bisección (Gerald y Wheatley, 1989) se ha empleado un programa ejecutable en SAS/STATTM (SAS Institute Inc., 2001). Una vez obtenido el valor de este parámetro ya se puede estimar el valor del parámetro de escala b mediante la ecuación [3].

Determinación de la bondad de los ajustes

Se ha comprobado que las distribuciones reales y predichas proceden de una misma población mediante el test de Kolmogorov-Smirnov. Para realizar el test se ha calculado el estadístico D_n que representa la máxima diferencia entre la distribución real y la teórica:

$$D_n = \text{máximo} |F(x_i) - F_0(x_i)| \quad \forall \quad 0 \leq i \leq n \quad [5]$$

A continuación se ha comparado el valor obtenido con la aproximación propuesta por Miller (1956), en este caso para un nivel de significación α igual al 5%, empleando la siguiente expresión:

$$D_{n,\alpha} = \sqrt{\frac{-\text{Ln}\left(\frac{1}{2} \cdot \alpha\right)}{2 \cdot n}} \quad [6]$$

donde Ln es el logaritmo natural, α el nivel de significación en tanto por uno y n el número de muestras tomadas en cada tratamiento. Se considera que la distribución no pasa el test cuando $D_{n,\alpha} > D_n$.

Además se ha aplicado el test de normalidad de Shapiro-Wilk a un nivel de significación del 5% a los datos de los tres tratamientos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el test de normalidad no se obtuvieron evidencias para rechazar la hipótesis de normalidad en los tres tratamientos. Sin embargo, esto no significa que las distribuciones de biomasa seca sigan alguna otra distribución. Mielke (1986) apuntó que si el valor absoluto del coeficiente de asimetría excedía de 0,01 no se puede realmente asumir normalidad en la construcción de intervalos de confianza (*p-valores*) o en la hipótesis testada. Tomando como base este criterio, nuestras distribuciones de producción de biomasa las podemos considerar como asimétricas, pues obtuvimos valores del coeficiente de asimetría de 0,272 para el tratamiento 1, de 0,430 para el tratamiento 2 y de 0,430 para el tratamiento 3.

Por otra parte, la flexibilidad de la función Weibull también permite representar distribuciones con diferentes valores del coeficiente de kurtosis, que indica el grado de apuntamiento o de achatación de la función.

Las estimaciones de los parámetros de la función Weibull para los tres tratamientos se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Parámetros de la distribución Weibull para producciones de biomasa seca (g/m^2) para datos procedentes de tres tratamientos de abonado nitrogenado (Tratamiento 1 = 0 kg/ha de N; Tratamiento 2 = 40 kg/ha de N; Tratamiento 3 = 80 kg/ha de N).

Tratamiento	a	b	a + b	c
1	134,04	99,30	233,34	1,56
2	113,84	128,55	242,39	1,98
3	245,00	79,58	324,58	1,50

Los resultados del test de Kolmogorov-Smirnov a un nivel de significación del 5% indican que los tres tratamientos siguen una distribución Weibull de tres parámetros. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Remington *et al.* (1992) en *Bouteloua gracilis* (H.B.K.) Lagg. Ex Steud y *Buchloe dactyloides* (Nutt.) Engelm, y por Remington *et al.* (1994) con biomasa de *Agropyron cristatum*.

La suma de los parámetros ($a + b$) define el percentil 63 de la distribución (Johnson y Kotz, 1971), es decir, que de cada 100 muestreos de biomasa que se hicieran, sólo 37 producirían más que el valor indicado por ($a + b$). Como se observa en la Tabla 1 el valor del percentil 63 aumenta a medida que lo hace la intensidad del abonado: 233,34 g/m^2 en el tratamiento 1 que corresponde a una parcela sin abonar, 242,39 g/m^2 en el tratamiento 2 que corresponde a una con un abonado de 40 unidades de nitrógeno por ha, y 324,58 g/m^2 en el tratamiento 3 que corresponde a un abonado de 80 unidades de nitrógeno por ha. Sin embargo, los valores mínimos de las muestras que dan el parámetro de situación “ a ” o valor mínimo de cada distribución es menor en el tratamiento 2 (113,84 g/m^2) que en el tratamiento 1 (134,04 g/m^2).

En cuanto al parámetro de forma c toma valores entre 1,5 y 1,98 que son valores que corresponden a distribuciones Weibull con asimetría hacia la derecha en los tres tratamientos. Esto puede

constatarse en la Figura 1 (a, b y c) que muestran las frecuencias relativas observadas del número de muestras de biomasa seca en g/m^2 en cada intervalo de producción y los valores descritos por la función Weibull de tres parámetros para cada tratamiento de abonado nitrogenado.

Es importante indicar que el valor límite inferior de la función Weibull lo establece la función Weibull de dos parámetros (en este caso el parámetro de situación a de la función es igual a cero) y nunca obtiene valores negativos porque los intervalos de confianza no son simétricos. Sin embargo, la distribución normal puede obtener valores negativos cuando los intervalos de confianza son calculados a partir de la media.

La aproximación a una función Weibull resulta muy útil porque una vez definidos los parámetros de la función, se pueden obtener todos los valores de las producciones de biomasa representativas de cada tratamiento de abonado para hacer previsiones de producción en una zona según la dosis de abonado aplicado.

CONCLUSIONES

Los resultados demuestran la flexibilidad de la distribución Weibull para describir distribuciones de producción de biomasa seca asimétricas y con diferentes kurtosis en un cultivo forrajero de *Lolium x hybridum* sometido a diferentes tratamientos de fertilización, siendo esta flexibilidad mayor que un modelo más rígido como es la distribución normal.

Los valores de los parámetros de la función Weibull se relacionan con los valores de la variable descrita y son de fácil interpretación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAILEY, R.L.; DELL, T.R., 1973. Quantifying diameter distributions with the Weibull function. *For. Sci.*, **19(2)**, 97-104.
- GERALD, C.F.; WHEATLEY, P.O., 1989. *Applied numerical analysis* (4th edition). Addison-Wesley publishing Co, Reading, Massachusetts.
- GRENDER, J.M.; DELL, T.R.; REICH, R.M., 1990. Theory and derivation for Weibull parameter probability weighted moments estimators. Res. Pap. SO-260. New Orleans, Louisiana: USDA, Forest Serv., Southern Forest Exp. Sta.
- JOHNSON, N.L.; KOTZ, S., 1971. *Continuous Univariate Distributions*. Vol. 1. John Wiley and Sons. 503 pp. New York.
- MIELKE, P.W., Jr., 1986. Nonparametric statistical analysis: some metric alternatives. *J. Statistical Planning Inference.*, **13**, 377-387.
- MILLER, L.H., 1956. Tables of percentage points of Kolmogoroff statistic. *Journal of the American Statistical Association*, **51**, 111-121.
- REMINGTON, K.K.; BONHAM, C.D.; REICH, R.M., 1992. Blue grama-buffalograss response to grazing: A Weibull distribution. *J. Range Manage.*, **42**, 272-276.
- REMINGTON, K.K.; BONHAM, C.D.; REICH, R.M., 1994. Modeling the distribution of *Agropyron cristatum* biomass in a grazed pasture using the Weibull distribution. *J. Japan. Grassl. Sci.*, **40(2)**, 190-197
- SAS INSTITUTE INC., 2001. SAS/STATTM User's Guide, Version 8.2. Cary, North Carolina.
- SHIYOMI, M.; AKIYAMA, T.; TAKAHASHI, S., 1984. A spatial pattern model of plant biomass in grazing pasture II. *J. Japan. Grassl. Sci.*, **30**, 40-48.

SHIYOMI, M.; OKADA, M.; TAKAHASHI, S.; TANG, Y., 1998. Spatial pattern changes in above-ground plan biomass in a grazing pasture. *Ecol. Res.*, **13**, 313-322.

MODELLING ONE BIOMASS CUT OF *Lolium×hybridum* IN ASTURIAS USING THE WEIBULL DISTRIBUTION

SUMMARY

In this work the three parameter Weibull distribution was used alternative to the normal distribution for describing the frequency of biomass production with intervals of production of 30 g/cm² in a forage crop of hybrid ryegrass (*Lolium×hybridum* Hausskn) cv ‘Rusa’, located in Carreño, in the central and coast part of Asturias. The crop was fertilized with three different treatments of nitrogen: 0, 40 and 80 units of nitrogen per ha.

The function has been fitted by the method of the moments and the goodness of fit was tested with the Komogorov-Smirnov test at level of significance of the 5%. The Weibull function was a flexible and simple model which allowed describe distributions of frequencies with different skewness and kurtosis (tip or flattener of the function).

Keywords: forage crops, nitrogen fertilization, moments of the distribution, parameters of the function.

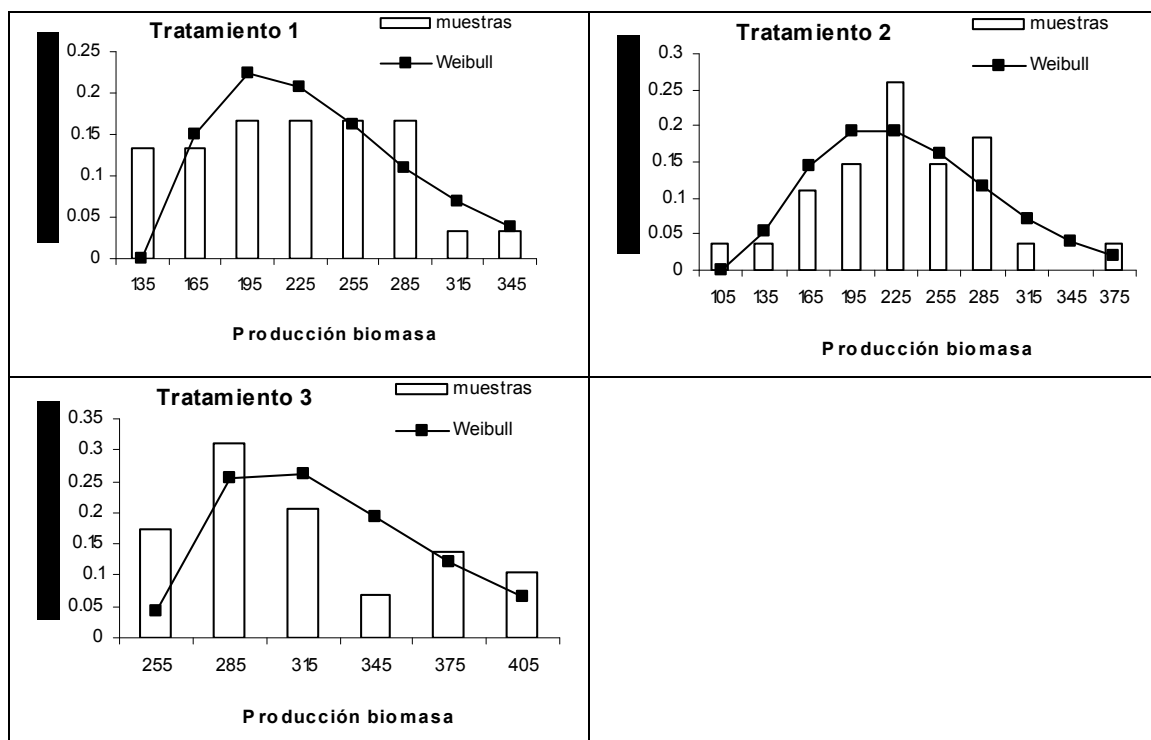


Figura 1. Distribuciones observadas en frecuencias relativas en tanto por uno de la producción de biomasa (g/m²) con los tres tratamientos de abono nitrogenado (Tratamiento 1 = 0 kg/ha de N; Tratamiento 2 = 40 kg/ha de N; Tratamiento 3 = 80 kg/ha de N) y distribuciones descritas por la función Weibull de tres parámetros.

EVALUACIÓN AGRONÓMICA DE GENOTIPOS DE MAÍZ FORRAJERO PARA SU INTRODUCCIÓN EN CULTIVO ECOLÓGICO

L. CAMPO, A.B. MONTEAGUDO Y J. MORENO-GONZÁLEZ¹.

¹Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo (CIAM). Instituto Galego de Calidade Alimentaria (INGACAL). Apartado 10. 15080 A Coruña

RESUMEN

En el año 2009 se desarrolló un ensayo dónde se evaluaron dieciseis genotipos de maíz en tres sistemas de producción (SP): laboreo convencional (LC), laboreo ecológico fertilizado con purín de vacuno (LE-PV) y laboreo ecológico fertilizado con purín de cerdo (LC-PC). Los objetivos de este trabajo fueron: (1) Comparar los efectos del SP y del abonado (orgánico e inorgánico) en la producción, los caracteres agronómicos y la calidad nutritiva de los genotipos, (2) Determinar cuales serían los mejores genotipos en condiciones de cultivo ecológico. Los resultados mostraron que el rendimiento fue superior en LC (14,2 tMS/ha) que en el sistema ecológico, y dentro de este fue superior en la fertilización con purín de vacuno (13,1 tMS/ha) que con el de cerdo (12,1 tMS/ha). La calidad nutritiva también fue superior en LC que en LE. A pesar del mayor rendimiento y calidad nutritiva del LC frente al ecológico, los genotipos “Oia”, “Ribadumia x EC49A”, “Pontearreas” y “Pontearreas x EC49A” obtuvieron una producción de materia seca (PMS) y producción de materia orgánica digestible (PMOD) superiores o iguales en LE-PV frente al LC, mientras que “Covelo” fue el único genotipo cuya producción y calidad nutritiva fue superior en LE-PC.

Palabras clave: *Zea mays* L., purin , producción de materia seca, calidad nutritiva.

INTRODUCCIÓN

Las explotaciones de vacuno de leche de Galicia tienden a intensificar su producción a fin de ser más competitivas en el mercado. Esta intensificación conlleva dos grandes problemas: los costes económicos por la compra de forrajes o piensos concentrados y los problemas ambientales por la acumulación de grandes cantidades de purín y estiércol. Estos problemas pueden evitarse en gran parte con la producción del forraje en la propia explotación, siendo el maíz forrajero un cultivo altamente productivo y energético, y usando el purín como abono orgánico que además de evitar el problema ambiental conlleva un gran ahorro en fertilizantes minerales. Si a esto añadimos la producción dentro de un sistema ecológico conseguimos un producto con mayor valor añadido y, por lo tanto, mayor precio en el mercado.

Por otra parte la producción de maíz ecológico en Galicia implica el desarrollo y la mejora de poblaciones con capacidad para producir un rendimiento aceptable y una buena calidad en base a una fertilización orgánica, la supresión de herbicidas y de insecticidas. Es decir, se necesita identificar y mejorar genotipos con buen rendimiento y calidad forrajera y que además presenten un buen comportamiento en condiciones de cultivo ecológico.

En base a estas premisas los objetivos propuestos en este trabajo son: (1) comparar los efectos del tipo de laboreo y del abonado en la producción, los caracteres agronómicos y la calidad forrajera de 16 genotipos de maíz forrajero, (2) determinar cuales serían los mejores genotipos en condiciones de cultivo ecológico.

MATERIAL Y MÉTODOS

El ensayo se realizó en Mabegondo (A Coruña) en el año 2009. El diseño experimental fue un Split-plot con tres repeticiones donde las parcelas principales representaron el sistema de producción (SP): laboreo convencional (LC), laboreo ecológico fertilizado con purín de vacuno (LE-PV) y laboreo ecológico fertilizado con purín de cerdo (LE-PC) y las subparcelas los genotipos de maíz. Cada parcela elemental estaba compuesta por dos surcos con una superficie total de 12,8 m². Los genotipos de maíz evaluados fueron 9 variedades locales, 2 cruzamientos de variedades locales por líneas puras del CIAM, dos poblaciones y tres híbridos testigos pertenecientes a los ciclos 200-400. El origen de los genotipos queda especificado en la Tabla 1.

El cultivo precedente al ensayo fue una mezcla de guisante-triticale. La preparación del terreno antes de la siembra fue la convencional incluyendo las operaciones de bancada de discos y arado de vertederas. La siembra se realizó con una sembradora de precisión a una densidad final de 9 pl/m².

El abonado en la parcela de LC consistió en un aporte de 125 kg/ha de N, 150 de P₂O₅ y 250 de K₂O en la preparación del terreno para la siembra y de 75 kg/ha de N en cobertera cuando las plantas presentaban entre 40-50cm de altura. El control de malas hierbas se realizó con tratamientos de herbicida en preemergencia. Las parcelas de LE, se fertilizaron con dos pases de purín de tal manera que el aporte final de nutrientes fue de 200 kg/ha de N, 103 de P₂O₅ y 281 de K₂O, a fin de conseguir igualar en lo posible el aporte de N en la totalidad del ensayo. Para el control de malas hierbas se realizó un grabeo con grada de púas “Verticator” cuando la planta de maíz tenía una altura de 4-5cm y una posterior escarda con cultivador “Guerra” cuando la altura de la planta era de 15 a 20cm (Piñeiro *et al*, 2002).

Tabla 1: Procedencia y pedigree de los genotipos empleados en el ensayo

Genotipo	Origen
Izoria	Variedad local BG CIAM, Alava
Pontearreas	Variedad local BG CIAM, Pontevedra
NK THERMO	Testigo oficial OEVV
Mondoñedo	Variedad local BG CIAM, Lugo
SG1S0	Autofecundación de un sintético precoz liso por recombinación de 12 LP, CIAM
ANJOU 290	Testigo oficial OEVV
Oia	Variedad local BG CIAM, Pontevedra
Mondariz	Variedad local BG CIAM, Pontevedra
Lira	Variedad local BG CIAM, A Coruña
SG2S0	Autofecundación de un sintético precoz dentado por recombinación de 11 LP, CIAM
Covelo	Variedad local BG CIAM, Pontevedra
H1	Híbrido experimental, CIAM.
Ribadumia	Variedad local BG CIAM, Pontevedra
PontearreasxEC49A	Cruce entre variedad local y una LP gallega, CIAM
RibadumiaxEC49A	Cruce entre variedad local y LP gallega, CIAM
Ataún	Variedad local BG CIAM, Guipuzcoa

En la fase vegetativa se tomaron datos de vigor temprano y tardío (VTE y VTA), floración femenina y masculina en días transcurridos desde la siembra hasta la floración (FFEM y FMAS), altura total de la planta en cm (HTOT), altura de la planta hasta la inserción de la hoja de la mazorca en cm (HMAZ), porcentaje de plantas caídas en el momento de la recolección (ENC) y presencia de malas hierbas en t/ha (MH). El control de las malas hierbas se realizó cortando toda la vegetación presente entre los dos surcos de cada genotipo de maíz y midiendo su peso en verde. El análisis de varianza

del encamado y las malas hierbas se realizó con los valores transformados, debido a que los errores experimentales no guardan una distribución normal.

La recolección se realizó cuando el contenido de materia seca se encontraba en torno al 35%. En la cosecha se tomaron los datos de peso total de la parcela de cada genotipo en cada tratamiento mediante una cosechadora de precisión con el fin de conocer la producción de materia seca (PMS, t/ha). El contenido de materia seca se determinó por desecación en estufa de aire forzado a 80°C durante 16h en una muestra de 300g. Posteriormente las muestras secas fueron molidas mediante un molino Christy y Norris 8'' con tamiz de 1mm y se analizaron por Espectroscopia de Reflectancia en el Infrarrojo Cercano (NIRS). Las ecuaciones de predicción utilizadas para el análisis NIRS fueron desarrolladas en el CIAM (Campo *et al*, 2007) para evaluar todos los caracteres de calidad nutritiva propuestos para planta entera, excepto la digestibilidad de la materia orgánica *in vitro* (IVMOD). Por ello, la digestibilidad se calculó mediante la suma de las digestibilidades de la mazorca y parte verde y la proporción que ocupan cada una de ellas en la planta entera. En el análisis estadístico se realizó un análisis del Split-plot utilizando el programa SAS (SAS Institute inc., 2009).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracteres agronómicos

Tabla 2: Medias de los parámetros de valor nutritivo y agronómicos en 3 sistemas de producción

	Sistema de producción			LSD(5%)	Significación estadística
	LC	LE-PC	LE-PV		
MO	96,3 b	96,8 a	96,4 b	0,35	*
PB	6,0 a	4,9 b	4,5 b	0,41	***
FND	48,1 a	45,7 b	48,0 a	1,18	**
FAD	24,3 a	23,2 b	25,1 a	1,04	*
ALM	30,9 b	36,1 a	31,6 b	2,73	*
IVMOD	69,2 a	67,7 b	67,7 b	0,59	**
VTE	3,9 a	4,1 a	4,1 a	0,51	ns
VTA	4,1 a	4,3 a	4,3 a	0,70	ns
FFEM	76,5 a	75,9 b	76,8 a	0,54	*
FMAS	76,6 a	75,4 b	76,6 a	0,86	*
HTOT	265,4 a	254,1 b	266,0 a	9,04	*
HMAZ	114,2 a	107,4 b	114,1 a	6,32	*
MH	0,7 a	1,5 b	1,3 b	0,33	**
ENC	1,8 a	1,2 b	1,2 b	0,32	**
NPL	8,1 a	7,6 a	8,3 a	0,85	ns
MS	35,2 b	38,9 a	33,9 b	2,59	*
PMS	14,2 a	12,1 c	13,1 b	0,88	**
PMOD	9,5 a	7,9 b	8,5 b	0,67	**

MO: materia orgánica; PB: proteína bruta; FAD, FND: fibra ácido y neutro detergente; IVMOD: digestibilidad de la materia orgánica in vitro; ALM: almidón. Todos los caracteres estimados sobre materia seca (%). VTE, VTA: vigor temprano y tardío; FFEM, FMAS: floración femenina y masculina (días); HTOT, HMAZ: altura total de la planta y hasta el nudo de inserción de la hoja de la mazorca (cm); MH: malas hierbas (t/ha transformado); ENC: encamado (% transformado); NPL: n° de plantas/m²; MS: materia seca (%). PMS: producción de materia seca (t/ha); PMOD: producción de materia orgánica digestible (tMOD/ha). LSD(5%): mínimas diferencias significativas entre sistemas de producción. Letras diferentes en la misma fila indican diferencias significativas.

Niveles de significación: * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$; *** $P < 0,001$; ns: no significativo ($P > 0,05$).

En el análisis estadístico (Tabla 2), encontramos diferencias significativas entre los SP para la mayoría de los caracteres agronómicos: floraciones (FFEM, FMAS), altura total y hasta la mazorca de la planta (HTOT y HMAZ), contenido de materia seca (MS), siendo estas diferencias significativas

entre LE-PC frente a LC y LE-PV que presentaron un similar crecimiento vegetativo y contenido de MS en recolección. Las diferencias en el encamado y las malas hierbas presentes en los diferentes SP también fueron significativas observando un menor número de malas hierbas en LC (0,7 kg/ha) pero también un mayor encamado 1,8 frente a 1,22 y 1,17 de los SP ecológicos, LE-PC y LE-PV respectivamente. En otros trabajos también se han encontrado diferencias significativas en la presencia de malas hierbas entre cultivo convencional y ecológico (Martínez-Martínez et al, 2009). El número de plantas recogidas fue ligeramente inferior a la dosis de siembra, en torno a las 8 pl/m², sin que las diferencias entre SP fueran significativas. Martínez-Martínez et al (2009) si que encontraron diferencias en el número de plantas recogidas entre un sistema de producción convencional y otro ecológico.

En cuanto a las diferencias entre genotipos (Tabla 3), estas solamente fueron significativas para las fechas de floración, la altura total de la planta y el contenido de MS. También encontramos una interacción significativa entre genotipos y sistemas de producción (SP*genotipos) (Tabla 3) para el vigor y el encamado lo que implica que ciertos genotipos tienen menor encamado en un sistema de producción que en otro.

Tabla 3: Cuadrados medios de varios caracteres de valor nutritivo, agronómicos y de producción en 16 genotipos de maíz forrajero para distintas fuentes de variación (FV).

FV	gl	MO	PB	FND	FAD	ALM	IVMOD
Repetición	2	0,16 ns	0,90 ns	7,68 ns	3,05 ns	73,65 ns	87,14 ***
SP	2	3,09 *	29,91 ***	90,37 **	47,19 *	380,67 *	37,78 **
Genotipo	15	0,10 ns	0,68 ns	15,96 ns	6,70 ns	79,36 *	7,01 *
SP*repetición	4	0,38 ns	0,53 ns	4,32 ns	3,37 ns	23,24 ns	1,10 ns
SP*genotipo	30	0,19 ns	0,48 ns	16,92 **	8,43 **	33,83 ns	3,44 ns
LSD (5%)		0,42	0,67	3,96	2,80	5,60	1,79
FV	gl	MH	ENC	NPL	PMS	PMOD	MS
Repetición	2	0,89 ns	0,30 ns	10,39 ns	17,71 *	8,11 ns	71,45 ns
SP	2	7,85 **	5,76 **	6,64 ns	50,56 **	28,47 **	315,82 *
Genotipo	15	0,07 ns	0,40 ns	3,13 ns	6,21 ns	2,72 ns	40,69 **
SP*repetición	4	0,33 ***	0,31 ns	2,27 ns	2,40 ns	1,40 ns	20,86 ns
SP*genotipo	30	0,07 ns	0,50 *	1,59 ns	7,00 *	2,99 *	11,73 ns
LSD (5%)		0,25	0,68	1,21	2,55	1,67	3,30

MO: materia orgánica; PB: proteína bruta; FAD, FND: fibra ácido y neutro detergente; IVMOD: digestibilidad de la materia orgánica in vitro; ALM: almidón. Todos los caracteres estimados sobre materia seca (%).

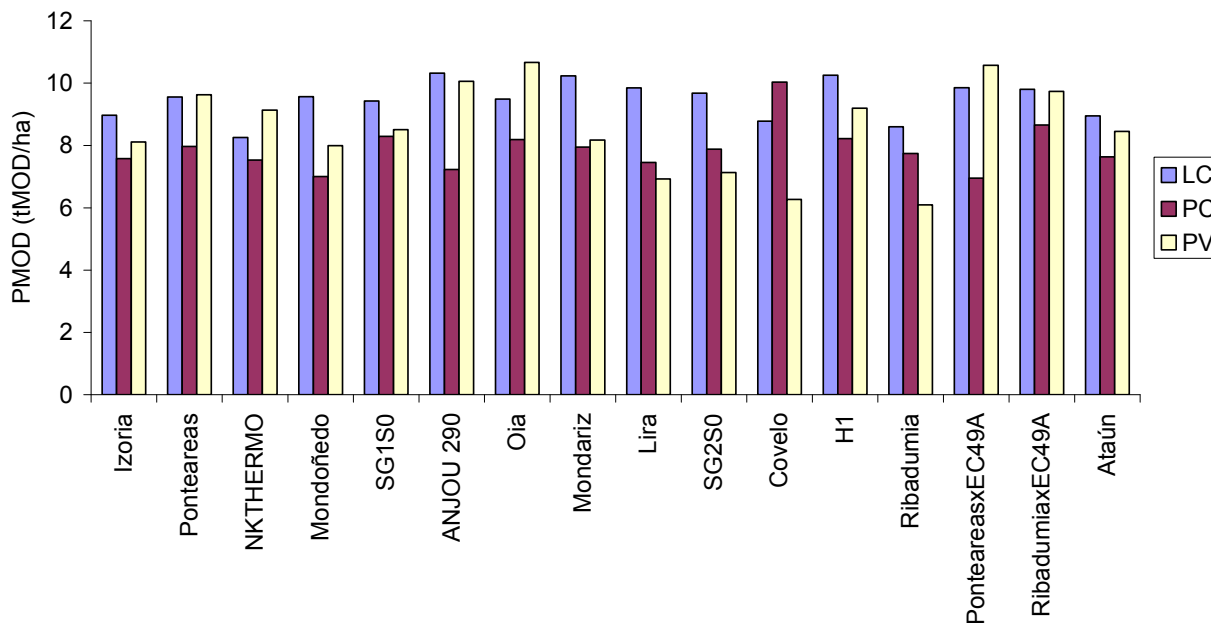
VTE, VTA: vigor temprano y tardío; FFEM, FMAS: floración femenina y masculina (días); HTOT, HMAZ: altura total de la planta y hasta el nudo de inserción de la hoja de la mazorca (cm); MH: malas hierbas (t/ha transformado); ENC: encamado (% transformado); NPL: n° de plantas/m²; MS: materia seca (%). PMS: producción de materia seca (t/ha); PMOD: producción de materia orgánica digestible (tMOD/ha). LSD(5%): mínimas diferencias significativas entre sistemas de producción. SP: sistema de producción;gl: grados de libertad. Niveles de significación: * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$; *** $P < 0,001$; ns: no significativo ($P > 0,05$).

Parámetros de valor nutritivo, producción de materia seca y materia orgánica digestible de los genotipos en los tres sistemas de producción

En todos los parámetros nutritivos evaluados hallamos diferencias significativas entre los tres sistemas de producción (Tabla 2). En el caso de PB y IVMOD los valores más altos aparecen en LC con un 6 y 69,2%, lo que supone el 22,4 y 2,2 % más de contenido protéico y digestibilidad que los obtenidos en los dos SP ecológicos. Por el contrario los valores más bajos de FAD, FND y los más altos de ALM se encontraron en LE-PC con valores de 23,2, 45,7 y 36,1 % respectivamente. Estos datos coinciden casi en su totalidad con los datos presentados por Martínez-Martínez et al (2009) ya

que estos autores también hallaron valores más altos en PB y FND para un sistema convencional; valores de 29,4% en ALM para un sistema ecológico frente a 24,3% en un sistema convencional y una digestibilidad mayor en ecológico que en convencional; 74,6 frente a 73,5% respectivamente. En nuestro trabajo, los genotipos de maíz han sido evaluados para maíz forrajero, por lo que podemos sugerir que el LC presenta mayor calidad nutricional que los otros dos SP ecológicos, debido en mayor medida a la restricción del uso de fertilizantes de síntesis que al efecto de las malas hierbas.

Figura 1: Producción de materia orgánica digestible (PMOD) de los genotipos en los diferentes sistemas de producción



En cuanto a la producción de materia seca (PMS) las diferencias entre los sistemas de producción fueron altamente significativas ($P < 0,01$), con valores de 14,22 t/ha en LC frente a los 13,08 y 12,10 t/ha alcanzadas en los SP ecológicos de LE-PV y LE-PC respectivamente, lo que supone una reducción en la producción del 8% en el primer caso y 14,9% en el segundo. La presencia de malas hierbas parece haber sido un factor más importante en el desarrollo del cultivo ecológico abonado con purín de cerdo. Martínez y Pedrol (2005) también encontraron una mayor producción en maíz forrajero abonado químicamente que con purín en tres años de ensayos.

La PMOD fue significativamente superior en el SP convencional (9,5%) frente a los dos SP ecológicos (7,9 y 8,5 tMOD/ha en LE-PC y LC-PV respectivamente). Tanto en PMS como en PMOD las diferencias en la interacción SP*genotipo fueron significativas (Tabla 3), lo que implica que ciertos genotipos obtienen mayores producciones en unos sistemas de producción que en otros. En la Figura 1 aparecen reflejadas las PMOD de los diferentes genotipos en los tres sistemas de producción. Se puede apreciar que “Oia”, “Ribadumia x EC49A”, “Pontareas” y “Pontareas x EC49A” alcanzaron una PMOD en LE-PV de 10,66; 10,57; 9,63 y 9,73 tMOD/ha, respectivamente. Estas PMOD fueron superiores o iguales a las alcanzadas en LC. “Covelo” fue el único genotipo que cuya PMOD en el SP ecológico de LE-PC fue superior al alcanzado en el SP convencional, 10,03 tMOD/ha frente a las 8,78 tMOD/ha del LC.

CONCLUSIONES

En el desarrollo vegetativo de la planta no encontramos diferencias significativas entre los SP de LC y LE-PV, ya que las plantas fueron similares en altura, floración y vigor. El nivel de malas hierbas fue superior en los dos sistemas ecológicos frente al convencional, pero lo contrario ocurrió con el encamado ya que los valores más altos los encontramos en LC.

La PMS y en general la calidad nutritiva de los genotipos (PB y IVMOD) fueron significativamente más altos en el LC frente a los sistemas de producción ecológicos. Las causas de esta superioridad pueden ser debidas al efecto de las malas hierbas o, en mayor medida, a la menor disponibilidad de nitrógeno con los purines a corto plazo. Este descenso puede verse reducido en sucesivos años de siembra debido al efecto residual del nitrógeno de purín aplicado el año anterior. El LE-PC favoreció el aumento del contenido en almidón y el descenso en el contenido de fibra ácido y neutro detergente.

A pesar de que en LC obtengamos una PMS 8% superior al LE-PV y un 14,9% superior a LE-PC, la interacción existente entre SP*genotipo sugiere que ciertos genotipos funcionen mejor en los SP ecológicos. “Oia”, “Ribadumia x EC49A”, “Pontearas” y “Pontearas x EC49A” obtuvieron PMS y PMOD superiores o iguales en LE-PV frente al LC, mientras que “Covelo” fue el único genotipo cuya producción y calidad nutritiva fue superior en LE-PC. Estos genotipos son unos muy buenos candidatos al cultivo ecológico de maíz forrajero frente a los híbridos comerciales.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen la financiación recibida de las Acciones de Transferencia de Tecnología Agroforestal (09/08) de la Xunta de Galicia y del INIA, RF07-007-C05 y RTA08-00104.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CAMPO RAMÍREZ, L.; CASTRO GARCÍA, P.; MORENO-GONZÁLEZ, J., 2007. Calibración NIRS para estimar la digestibilidad de la materia orgánica de la planta entera de maíz en híbridos seleccionados para forraje. En: Los sistemas forrajeros: Entre la producción y el paisaje. Sociedad Española para el Estudio de los Pastos (Eds). Vitoria-Gasteiz (España), 461-467.
- MARTINEZ-MARTINEZ, A.; PEDROL, N. Y MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ, A., 2009. Maíz para ensilar cultivado en sistemas de producción convencional o ecológica. En: La multifuncionalidad de los pastos: Producción ganadera sostenible y gestión de los ecosistemas. Reiné, R. *et al.* (Eds). Huesca (España), 391-397.
- MARTINEZ-MARTINEZ, A. y PEDROL, N., 2005. Raigrás italiano y maíz implantados con dos sistemas de siembra y abonados con dos tipos de fertilización. En: Producciones agroganaderas: Gestión eficiente y conservación del medio natural. SERIDA (Eds). Gijón (España), 625-632.
- PIÑEIRO, J.; SUÁREZ, R., DÍAZ, N. Y FERNÁNDEZ, J., 2002. Cultivo de maíz forrajero ecológico. Actas del V Congreso de la Sociedad Española de Agricultura Ecológica y I Congreso Iberoamericano de Agroecología, 1253-1261.
- SAS Institute Inc., 1999. *SAS/Stat User's Guide, Version 8*, Cary INC: SAS Institute Inc.

**AGRONOMIC EVALUATION OF FORAGE MAIZE GENOTYPES FOR INTRODUCTION
IN ECOLOGICAL PRODUCTION**

SUMMARY

In 2009 we carried out a trial where sixteen maize genotypes were evaluated in three tillage systems (TS): conventional tillage (CT), ecological tillage fertilized with dairy slurry (ET-DS) and ecological tillage fertilized with pig slurry (ET-PS). The objectives of this study were: (1) to compare the effects of three TS and type of fertiliser (organic and inorganic) for yield, agronomic characteristics and nutritive quality of genotypes, (2) to determine the best genotypes in terms of organic farming. Yield and nutritional quality traits were, in general, higher in conventional than in ecological tillages. Within ecological production systems, fertilized with dairy slurry was superior to that with pig slurry. Some of genotypes cultivated under ET-DS, "Oia", "Ribadumia x EC49A", "Pontareas" and "Pontareas x EC49A", yielded some or higher dry matter and digestible organic matter than under CT. "Covelo" was the only genotype whose production and nutritive quality was higher in ET-PS than in the other systems.

Key words: *Zea mays* L., slurry, dry matter yield, nutritive quality.

ECUACIONES DE CALIBRACIÓN PRELIMINARES PARA LA EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LA BIOMASA EN PLANTAS DE MAÍZ POR NIRS.

L. CAMPO, P. CASTRO Y J. MORENO-GONZÁLEZ¹.

¹Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo (CIAM). Instituto Galego de Calidade Alimentaria (INGACAL). Apartado 10. 15080 A Coruña

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue evaluar la eficiencia de la técnica de Espectroscopía de Reflectancia en el Infrarojo Cercano (NIRS) como método para estimar el contenido de almidón (ALM) y los diferentes componentes de la pared celular: fibra neutro detergente (FND), fibra ácido detergente (FAD), celulosa (CEL), hemicelulosa (HCEL) y lignina (LIG), a fin de poder evaluar la calidad de los genotipos de maíz en la producción de biomasa. Para ello se han desarrollado unas ecuaciones de calibración NIRS preliminares a partir de 85 muestras de planta entera de maíz analizadas en laboratorio. La técnica NIRS fue validada para la mayoría de las características relacionadas con la biomasa en plantas de maíz forrajero (FND, FAD, CEL y ALM). La exactitud en la estimación de LIG y HCEL de planta entera (SD/SECV de 2,01 y 1,98, respectivamente) pueden considerarse aceptables aunque son susceptibles de poder mejorarse, bien utilizando nuevas técnicas de laboratorio para conseguir una mejor precisión en los datos de referencia o bien ampliando el grupo de calibración con nuevas muestras para ampliar el rango de predicción de la ecuación.

Palabras clave: *Zea mays* L., maíz forrajero, lignina, almidón, NIR.

INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L.), es uno de los tres grandes cereales junto con el trigo y el arroz. En un principio su cultivo se limitó al uso de producción de grano para alimentación animal pero actualmente su uso primordial es como planta forrajera para alimentación tanto de ganado vacuno de leche como de carne, debido a su gran producción de materia seca por hectárea y a su alto valor nutritivo. Su alta productividad es lo que le confiere un tercer uso como planta productora de biomasa y, por lo tanto, de etanol. En la hidrólisis de la planta de maíz la fuente más importante de carbohidratos es el almidón y los carbohidratos de la pared celular. La digestibilidad del almidón es variable en las diferentes variedades, tanto por motivos genéticos como fisiológicos relacionados con la madurez del grano (Ordás y Malvar, 2004). Por otra parte la pared celular está compuesta por celulosa, hemicelulosa, lignina y cenizas. La mayor parte de los estudios llevados a cabo para conocer la composición de la pared celular en maíz verde y silos de maíz se han realizado por el método propuesto por Goering y Van Soest (1970), que define tres fracciones distintas de los componentes de la pared celular: la fibra neutro detergente (FND), que representa a todos los componentes de la pared celular (hemicelulosa, celulosa y lignina); la fibra ácido detergente (FAD) que incluye celulosa y lignina y, finalmente, la tercera fracción que es la lignina (lignina-SO₄H₂) propiamente dicha (LIG). La concentración de lignina afecta a la capacidad de degradación de la fibra y, consecuentemente, a la hidrólisis. A medida que disminuye el contenido de lignina en la pared celular la eficiencia en la hidrólisis se incrementa. Por lo tanto es importante conocer el contenido en almidón y en los componentes de la pared celular en los genotipos de

maíz para poder evaluar su calidad en la producción de biomasa. A fin de estimar estos parámetros, el objetivo de este trabajo fue evaluar la eficacia de la técnica NIRS como método para estimar el contenido de almidón y los diferentes componentes de la pared celular (FND, FAD, CEL, HCEL y LIG). Ello, a su vez, posibilitará seleccionar los mejores genotipos de maíz para su utilización en la producción de biomasa.

MATERIAL Y MÉTODOS

Material vegetal

La procedencia de las muestras utilizadas en el desarrollo de las ecuaciones fueron tres ensayos. El primero de ellos se sembró en Mabegondo (A Coruña) y estaba compuesto por 49 genotipos de maíz forrajero pertenecientes a los ciclos 200-300, sembrados en un sistema de producción convencional y con un diseño experimental Látice triple 7x7. El segundo ensayo fue sembrado en un sistema de producción ecológico y con un diseño Látice 6x7 con tres repeticiones. El ensayo estuvo compuesto por 42 genotipos de maíz forrajero pertenecientes a los ciclos 200, 300 y 400 y fue evaluado en Barbadás (Orense). El tercer ensayo se realizó en Arkaute (Alava) y estuvo formado por 34 muestras pertenecientes a los ciclos 300-500, dispuestas en un diseño de Bloques completos al azar con dos repeticiones.

Análisis de laboratorio

El contenido de materia seca de las muestras se determinó por desecación en estufa de aire forzado a 80°C durante 16h en una muestra de 300g. Posteriormente fueron molidas mediante un molino Christy y Norris 8'' con tamiz de 1mm. Sobre las muestras secas y molidas se determinó el contenido de cenizas (CZ) y humedad residual de la muestra seca en un analizador termogravimétrico TGA-601 (LECO Co., Michigan, USA), siendo expresado el valor en materia orgánica (MO) como 100-CZ; componentes de la pared celular (fibra neutro detergente, FND; fibra ácido detergente, FAD; celulosa, CEL y lignina sulfúrico, LIG) según Goering y Van Soest (1970), siendo determinados FND y FAD en un digestor FIBERTEC (Foss Tecator AB, Suecia), por separado y expresado su contenido libre de cenizas y con cenizas, respectivamente. El contenido de almidón (ALM) se determinó polarimétricamente según el método oficial nº 34 del MAPA (1995).

Para el análisis por Espectrofotometría de Reflectancia en el Infrarrojo Cercano (NIRS), se tomaron dos submuestras de cada genotipo que se leyeron una vez en la zona espectral comprendida entre 1100-2500 nm, mediante un espectrofotómetro Foss NIRSystem 6500 (Foss NIRSystem, MD, USA). El programa informático utilizado para la obtención y registro de espectros, calibración, validación y análisis de los resultados fue el WinISI 1.5 (Infrasoft International, PA16780, USA, 2000).

La metodología empleada para el desarrollo de las ecuaciones fue la siguiente: se seleccionaron 85 muestras como grupo de calibración, basándonos en el análisis de componentes principales y con la opción SELECT. Se utilizaron dos métodos estadísticos para la obtención de las ecuaciones NIRS: PLS (mínimos cuadrados parciales) y MPLS (mínimos cuadrados parciales modificados). Utilizando estos métodos se realizó la regresión entre los datos espectrales y los de referencia. Los espectros fueron tratados previamente mediante SNV (Standard normal variate) y De-trending (Barnes *et al.*, 1989) para corregir los efectos de la dispersión de la luz. Se probaron dos procedimientos matemáticos, la primera y segunda derivada. Las mejores ecuaciones se seleccionaron atendiendo a los valores

más bajos del error estándar de validación cruzada (SECV) y el error estándar de calibración (SEC), y los valores más elevados del coeficiente de determinación en calibración (R^2c).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los datos de calibración de las ecuaciones se presentan en la Tabla 1. Las ecuaciones obtenidas a partir del procedimiento estadístico MPLS (mínimos cuadrados parciales modificados), la segunda derivada y cuatro grupos de validación cruzada permitieron obtener las estimaciones más exactas para FND, FAD, LIG, CEL y ALM. En el caso de HCEL los mejores resultados fueron alcanzados con el método estadístico de PLS y la segunda derivada.

Tabla 1: Modelo de ajuste y estadísticos de calibración NIRS para varios caracteres de calidad en la producción de biomasa para planta de maíz.

Carácter	Valores de laboratorio		Modelo de ajuste		Estadísticos de calibración				
	Media	SD	PE	TM	Nc	SEC	R^2c	SECV	SD/SECV
FND	47,10	5,94	MPLS	2d	84	1,20	0,94	1,42	4,18
FAD	23,24	3,86	MPLS	2d	85	0,87	0,95	0,97	3,96
HCEL	23,85	2,52	PLS	2d	82	1,14	0,74	1,27	1,98
LIG	2,04	0,46	MPLS	2d	85	0,16	0,88	0,23	2,01
CEL	20,94	3,38	MPLS	2d	85	0,72	0,95	0,79	4,29
ALM	27,26	10,20	MPLS	2d	83	1,49	0,96	2,03	5,03

FND: fibra neutro detergente; FAD: fibra ácido detergente; HCEL: hemicelulosa; LIG: lignina; CEL: celulosa; ALM: almidón. PE: procedimiento estadístico: PLS: mínimos cuadrados parciales, MPLS: mínimos cuadrados parciales modificados. TM: tratamiento matemático: 2d segunda derivada. SEC: error estándar de calibración; SECV: error típico de validación cruzada; R^2c : coeficiente de determinación en calibración; SD: desviación estándar; Nc: nº muestras en calibración.

Para la mayoría de los constituyentes se encontró un $R^2c > 0,88$. Según Williams (2003) se definen siete niveles de precisión de la calibración basado en los valores R^2c . Los valores comprendidos entre 0,83 y 0,90 son útiles para la mayoría de las aplicaciones incluyendo la investigación, las predicciones aproximadas y el control de calidad. Las calibraciones por encima de 0,98 se pueden utilizar para cualquier aplicación. La HCEL presentan una correlación algo más baja, 0,74, por lo tanto según este autor, puede ser utilizada en investigación y predicciones aproximadas. El SEC asociado a este parámetro es admisible 1,14, ya que su valor es menor al error de laboratorio aceptable para HCEL. En general los parámetros nutritivos de la pared celular son difíciles de determinar en laboratorio por lo que hay que ser muy precisos en los procedimientos.

Sin embargo, R^2c ofrece información sobre la calidad de la calibración pero no sobre la precisión y exactitud de las predicciones. 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 3 la calibración es robusta, si el valor se encuentra entre 2,5 y 3 la calibración es buena y si el cociente se encuentra entre 2,5 y 2 la calibración es aceptable para análisis cuantitativos y cualitativos respectivamente. En la Tabla 1 se muestran los estadísticos de calibración de todos los caracteres evaluados. En estas calibraciones los valores SD/SECV se encuentran entre 5,03 y 2,01 para todos los caracteres excepto HCEL que sólo alcanzó el 1,98. Según estos resultados la ecuación para HCEL 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 estimar FND, FAD, LIG, CEL y ALM con buenas predicciones.

Cozzolino *et al.* (2000) también concluyen que el método NIRS es una buena técnica para la estimación de DMO *in vitro*, FND, FAD y proteína cruda de la planta entera de maíz.

CONCLUSIONES

Los valores de predicción de las ecuaciones desarrolladas para la mayoría de los parámetros considerados, FND, FAD, CEL y ALM, son muy buenos y por lo tanto pueden utilizarse para la evaluación de caracteres relacionados con la biomasa en plantas de maíz forrajero.

La exactitud en la determinación de LIG de planta entera puede considerarse aceptable aunque es susceptible de poder mejorarse. Los valores de predicción de la ecuación desarrollada para el carácter HCEL no son todavía muy buenos, pero pueden mejorarse de dos maneras, afinando la técnica en el laboratorio, para conseguir una mayor precisión en los datos de referencia y ampliando el grupo con nuevas muestras de calibración para ampliar el rango de predicción del parámetro en la ecuación.

En general el uso de la segunda derivada y el procedimiento estadístico de mínimos cuadrados parciales modificados, para generar las ecuaciones de predicción, permitió obtener mejores resultados en comparación con otros tratamientos matemáticos.

Como conclusión final añadir que la Espectroscopía de Reflectancia en el Infrarojo Cercano, se mostró, tal como se refiere en la literatura, como una técnica aplicable y fiable para la estimación de los parámetros relacionados con la biomasa en la planta entera de maíz en la producción de bioetanol.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen la financiación recibida del Ministerio de Ciencia e Innovación, proyecto EUI08-03635; de la Dirección Xeral de Investigación, Desenvolvemento e Innovación, proyecto 09MRU029503PR; del INIA, proyecto RTA08-00104; así como al contrato de doctores del Sistema INIA-CCAA (L. Campo).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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.
- 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.
- GOERING, H.; VAN SOEST, P., 1970. *Forage fiber analysis (Apparatus, Reagents, Procedures and some applications)*. U.S.D.A. Agriculture Handbook n° 379, 20 pp. EEUU.
- MAPA, Método oficial n° 34 a, BOE, 2nd, Marzo 1995.
- ORDÁS, A.; MALVAR, R.A., 2004. Procesos de selección de maíces forrajeros. *Vida Rural* n° 78, 30-32.
- 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.
- WILLIAMS, P., 2003. *Near Infrared technology-Getting the best out of light*. PDK Projects, Nanaimo, Canada.

Win ISI 1.5, 2000. *ISI WINDOWS Near-Infrared Software, The Complete Software Solution for Routine Analysis, Robust Calibration and Networking*, ISI (Infrasoft International), LLC, Port Matilda, PA, USA.

NIRS PRELIMINARY EQUATIONS FOR THE EVALUATION OF THE QUALITY OF THE BIOMASS IN PLANTS OF MAIZE

SUMMARY

The objective of this work was to evaluate the efficiency of the technology NIRS as a method to estimate the content of starch (ALM) and the different components of the cellular wall: fiber neutral detergent (FND), fiber acid detergent (FAD), cellulose (CEL), hemicelulose (HCEL) and lignin (LIG), in order to be able to evaluate the nutritive quality of the genotypes of maize in the production of biomass. A few preliminary calibration NIRS equations were developed from 85 samples of the maize whole plant based on laboratory analysis. These NIRS equations were highly accurate when they were tested in cross-validation procedures for most of the characteres related to plant biomass of forage maize, such as FND, FAD, CEL and ALM. However, NIRS equations for LIG and HCEL were only acceptable based on the SD/SECV criterium, which was 2.01 and 1.98, respectively. Thus, these equations are subceptible to increase the accuracy of predictin by extending the number of calibration samples to a wider range.

Key words: *Zea mays* L., forage maize, lignin, starch, NIR.

CONTENIDO DE MACRO-, MICRONUTRIENTES Y METALES PESADOS EN EL SUELO TRAS LA ADICIÓN DE COMPOST DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS

A.I. ROCA FERNÁNDEZ^{1*}, E. VIDAL VÁZQUEZ² Y A. PAZ GONZÁLEZ²

¹Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo. Apdo. 10 - 15080, A Coruña (España).

²Universidad da Coruña. Campus de A Zapateira s/n. Apdo. 15071, A Coruña (España).

*anairf@ciam.es

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto que la adición de compost de Residuos Sólidos Urbanos (RSU) ejerció sobre los niveles de macro-, micronutrientes y metales pesados en diferentes suelos de cultivo y comparar los resultados obtenidos usando cuatro técnicas analíticas: un método semicuantitativo, FRX, y otro cuantitativo, ICP-MS, para el análisis del contenido total de los elementos presentes en el suelo y la extracción con el agente quelante DTPA y la solución ácida Mehlich-3, para el análisis de los elementos disponibles. No se observaron diferencias entre tratamientos (sin y con compost) en los contenidos totales. P, K, Ca y Pb presentaron tendencia a ser superiores en las parcelas con compost. Fluorescencia extrajo un contenido superior ($P < 0,001$) de elementos que espectroscopia. Fe, Cu, Mn y Cr disponibles fueron superiores ($P < 0,001$) en las parcelas con compost. Mehlich-3 extrajo un contenido mayor ($P < 0,001$) de Fe y Cr en las parcelas con compost. La eficacia de las soluciones extractantes dependió del tratamiento empleado y de los elementos a evaluar. Son necesarios más estudios a nivel comparativo para poder evaluar la acción del compost a largo plazo y los cambios que se producen en los contenidos de los elementos en el suelo.

Palabras clave: enmiendas, contenido total, fluorescencia, elementos disponibles, Mehlich-3

INTRODUCCIÓN

El compost está reconocido como fertilizante y enmienda orgánica de suelos. Su adición debe ser optimizada teniendo en cuenta que el suelo actúa como un filtro y receptor de residuos, cuya capacidad no es ilimitada. La condición del suelo de interfase entre la biosfera, litosfera, hidrosfera y atmósfera lo convierte en una estación de tránsito de los contaminantes, en la que pueden permanecer retenidos grandes períodos de tiempo (lo que aumenta el que puedan ser degradados y perder su naturaleza contaminante) o bien, ser tan móviles que inmediatamente se incorporen a los demás medios y, a las redes tróficas (Doménech, 1995).

Evaluar el contenido total y el grado de disponibilidad de los elementos presentes en el suelo resulta necesario, ya que nos permite hacer una apreciación sobre su abundancia y distribución, auxiliando además a la caracterización del suelo (Porta *et al.*, 2003). No obstante, el análisis de estos elementos resulta complejo debido a la diversidad de elementos a determinar y a las bajas concentraciones en las que algunos de ellos se encuentran en el suelo por lo que es difícil recomendar un procedimiento generalizado de análisis (Caridad, 2002).

El objetivo de trabajo fue evaluar el efecto que la adición de compost de RSU ejerció sobre los contenidos de macro-, micronutrientes y metales pesados en diferentes suelos de cultivo y, comparar los resultados obtenidos al emplear cuatro técnicas analíticas diferentes.

MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se realizó en 2000-2001 en 49 parcelas de 4 m² (n= 29, sin compost y n= 20, con compost de RSU) situadas en A Coruña, siendo la dosis de aplicación de 50 t ha⁻¹. El cultivo mayoritario fue el maíz forrajero. Se realizó un muestreo aleatorio, tomándose varias submuestras de suelo de la capa arable (0-20 cm) en 5 puntos de cada parcela.

Se determinaron los contenidos medios de macro-, micronutrientes y metales pesados en las muestras de suelo (sin y con compost) y se compararon los resultados obtenidos con 4 técnicas. Para el análisis del contenido total de los elementos presentes en el suelo, se aplicó un método semicuantitativo, la fluorescencia de rayos X (FRX), y otro cuantitativo, la espectroscopia de emisión inducida por plasma argón (ICP-MS) mientras que para el análisis de los elementos disponibles se utilizaron dos agentes extractantes, el agente quelante DTPA y la solución ácida Mehlich-3, siguiendo los métodos descritos por Roca (2005). El análisis estadístico de los datos se efectuó con el programa SPSS 15.0, aplicándose el test t-Student para muestras independientes comparándose los contenidos medios de los elementos según el método (FRX vs. ICP-MS y DTPA vs. Mehlich-3) y según el tratamiento (sin y con compost).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La calidad del compost experimental (tabla 1) fue buena al encontrarse todos los metales pesados por debajo del límite máximo establecido por la legislación (BOE, 1998).

Análisis del contenido total de macronutrientes. Los contenidos totales en P, K, Ca y Mg no presentaron diferencias significativas entre tratamientos (sin y con compost). Se observó una tendencia a ser superiores P, K y Ca en las parcelas con compost tras determinación con FRX y, lo mismo para Ca tras extracción ácida por ICP-MS (tabla 2).

Tabla 1. Niveles máximos de metales pesados permitidos en un compost considerado de calidad para su aplicación al suelo según la legislación vigente y el experimental.

Metales pesados mg kg ⁻¹	Legislación vigente compost (O 28/1998)	Compost experimental	
		FRX	ICP-MS
Cadmio	< 10		2
Cromo	< 400	30	27
Níquel	< 120	29	16
Plomo	< 300	255	244
Cobre	< 450	95	76
Zinc	< 1100	500	446
Mercurio	< 7		0,1

La técnica de FRX extrajo, en la mayoría de las ocasiones, un contenido medio de macronutrientes significativamente superior (P<0,001) que la extracción con ICP-MS, tanto en las parcelas sin como con compost. Una excepción fue el Ca que en las parcelas con compost no presentó diferencias significativas entre ambos métodos mientras que en las sin compost su contenido medio fue significativamente superior (P<0,01) al emplear FRX que con ICP-MS. El contenido medio de P medido por FRX fue del orden de 3 veces superior al extraído con NO₃H. El contenido de K fue de 6-8 veces mayor por FRX. Los contenidos en Ca y Mg fueron de 2-3 veces inferiores por ICP-MS. La fluorescencia fue el método más adecuado para la determinación del contenido total de estos cuatro macronutrientes ya que la extracción ácida no resultó lo suficientemente intensa como para liberar los elementos de las redes silicatadas o de los minerales estables, lo que corrobora lo dicho por Caridad (2002).

Tabla 2. Macronutrientes P, K, Ca y Mg medidos por FRX e ICP-MS (mg kg⁻¹).

Sin compost	P _{total}	K _{total}	Ca _{total}	Mg _{total}	Con compost	P _{total}	K _{total}	Ca _{total}	Mg _{total}
FRX ¹					FRX				
n	29	29	29	29	n	19	19	19	19
Media	0,32	2,28	0,80	1,10	Media	0,36	2,33	0,86	0,98
Desv.	0,159	0,698	0,956	0,312	Desv.	0,180	0,669	1,159	0,317
Mín.	0,05	1,35	0,12	0,43	Mín.	0,08	1,58	0,16	0,53
Máx.	0,78	4,41	5,40	1,66	Máx.	0,78	4,01	5,42	1,57
ICP-MS					ICP-MS				
n	29	29	29	29	n	19	19	19	19
Media	0,11	0,41	0,33	0,65	Media	0,11	0,34	0,41	0,63
Desv.	0,052	0,159	0,661	0,238	Desv.	0,072	0,175	0,863	0,263
Mín.	0,03	0,10	0	0,20	Mín.	0,02	0,10	0,02	0,17
Máx.	0,27	0,73	3,59	1,25	Máx.	0,27	0,63	3,91	1,10
Sig. método ²	***	***	**	***	Sig. método ²	***	***	ns	***
Sig. tratamiento ³	ns	ns	ns	ns	Sig. tratamiento ³	ns	ns	ns	ns

¹n= Número de muestras; Desv.= Desviación típica; Mín.= Mínimo; Máx.= Máximo. ²Sig. método= FRX vs.

ICP-MS (NS, No significativo; * P<0.05; **P<0,01; ***P<0,001). ³Sig. tratamiento= Sin compost vs. Con compost (NS, No significativo; * P<0.05; **P<0,01; ***P<0,001).

Análisis del contenido total de micronutrientes. No se observaron diferencias significativas entre tratamientos (sin y con compost) en los contenidos totales de los cuatro micronutrientes analizados. Sin embargo, se observó una tendencia a ser superiores Fe, Cu, Mn y Zn en las parcelas sin compost, tanto medidos por FRX como por ICP-MS (tabla 3).

Tabla 3. Micronutrientes Fe, Cu, Mn y Zn medidos por FRX e ICP-MS (mg kg⁻¹).

Sin compost	Fe _{total}	Cu _{total}	Mn _{total}	Zn _{total}	Con compost	Fe _{total}	Cu _{total}	Mn _{total}	Zn _{total}
FRX ¹					FRX				
n	29	29	29	29	n	19	19	19	19
Media	44094	67	1100	156	Media	42474	65	1049	151
Desv.	7583,4	17,0	255,7	47,3	Desv.	7995,6	14,4	246,8	41,9
Mín.	24450	22	420	50	Mín.	28000	28	640	80
Máx.	61330	110	1610	270	Máx.	59000	84	1800	280
ICP-MS					ICP-MS				
n	29	29	29	29	n	19	19	19	19
Media	33862	34	771	94	Media	30211	30	743	86
Desv.	5026,5	13,0	202,1	31,2	Desv.	7714,2	10,4	255,5	33,0
Mín.	20000	4	333	30	Mín.	13000	3	4000	31
Máx.	34000	73	1189	150	Máx.	39000	46	1542	172
Sig. método ²	***	***	***	***	Sig. método ²	***	***	***	***
Sig. tratamiento ³	ns	ns	ns	ns	Sig. tratamiento ³	ns	ns	ns	ns

¹n= Número de muestras; Desv.= Desviación típica; Mín.= Mínimo; Máx.= Máximo

²Sig. método= FRX vs. ICP-MS (NS, No significativo; * P<0.05; **P<0,01; ***P<0,001).

³Sig. tratamiento= Sin compost vs. Con compost (NS, No significativo; * P<0.05; **P<0,01; ***P<0,001).

La fluorescencia extrajo un contenido medio de micronutrientes significativamente superior (P<0,001) que ICP-MS, tanto en las parcelas sin como con compost. El contenido medio de Cu estimado por FRX fue casi el doble del obtenido tras extracción con HNO₃. Los elementos Fe, Mn y Zn presentaron unos contenidos medios por FRX que no llegaron nunca a duplicar a los obtenidos tras extracción ácida. Los contenidos medios en Fe, independiente del tratamiento, se consideran adecuados para los suelos del área de A Coruña y se encuentran muy relacionados con la composición del material de partida. Sin embargo, los contenidos medios en Mn fueron relativamente elevados en los suelos sin compost cuando se comparan con los observados en otros suelos de Galicia (Macías y Calvo de Anta, 1992). Los elementos Cu y Zn presentaron un amplio rango de oscilación, tanto en parcelas

sin como con compost, y dentro del mismo orden que el descrito por Caridad (1999) en el horizonte superficial del suelo de una pequeña cuenca agrícola en la que se adicionaron cantidades elevadas de purín.

Análisis del contenido total de metales pesados. Los contenidos totales de Cr, Ni y Pb no presentaron diferencias significativas entre tratamientos (sin y con compost). Sin embargo, se observó una tendencia a ser superiores los contenidos de Pb en las parcelas con compost tras determinación con FRX (tabla 4), debido probablemente a que los niveles de Pb del compost experimental ya eran elevados previamente a su adición al suelo y próximos a los límites máximos establecidos por la legislación vigente (BOE, 1998).

La técnica de fluorescencia extrajo un contenido significativamente superior ($P < 0,001$) de estos tres metales pesados que la extracción ácida con NO_3H . De forma que los contenidos de Cr, Ni y Pb resultaron de 2-3 veces superiores cuando se midieron con FRX que cuando se utilizó ICP-MS. El valor de referencia A de la normativa holandesa de 1987 (Ma *et al.*, 1997) que determina los límites máximos de los metales pesados presentes en el suelo tras la aplicación de residuos sólidos urbanos procedentes de un proceso de compostaje, fijado en 100 mg kg^{-1} para el Cr, fue superado en 2 de las 29 muestras de suelo procedentes de las parcelas sin compost y en 1 de las 19 muestras de las parcelas con compost medidas por ICP-MS mientras que por FRX dicho umbral fue alcanzado o superado en 16 de las 29 muestras de las parcelas sin compost y en 9 de las 19 muestras de las parcelas con compost.

El nivel de referencia A para el Ni se cifra en 35 mg kg^{-1} y fue superado en 4 de las 29 muestras de las parcelas sin compost y en 1 de las 19 muestras de las parcelas con compost por ICP-MS. Dicho umbral por FRX fue alcanzado o superado también en 26 de las 29 muestras de las parcelas sin compost y en 16 muestras de las 19 parcelas con compost.

Tabla 4. Metales pesados Cr, Ni y Pb medidos por FRX e ICP-MS (mg kg^{-1}).

Sin compost	Cr _{total}	Ni _{total}	Pb _{total}	Con compost	Cr _{total}	Ni _{total}	Pb _{total}
FRX ¹				FRX			
n	29	28	4	n	19	19	13
Media	113	58	48	Media	102	53	54
Desv.	57,2	25,1	8,4	Desv.	45,9	23,5	18,0
Mín.	40	30	38	Mín.	13	8	38
Máx.	310	125	56	Máx.	155	91	103
ICP-MS				ICP-MS			
n	29	29	29	n	19	19	19
Media	48	28	25	Media	45	25	25
Desv.	26,8	18,9	9,9	Desv.	27,2	16,0	12,1
Mín.	40	27	25	Mín.	13	8	13
Máx.	260	115	103	Máx.	143	81	63
Sig. método ²	***	***	***	Sig. método ²	***	***	***
Sig. tratamiento ³	ns	ns	ns	Sig. tratamiento ³	ns	ns	ns

¹n= Número de muestras; Desv.= Desviación típica; Mín.= Mínimo; Máx.= Máximo ²Sig. método= FRX vs. ICP-MS (NS, No significativo; * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$; *** $P < 0,001$). ³Sig. tratamiento= Sin compost vs. Con compost (NS, No significativo; * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$; *** $P < 0,001$).

Análisis de los elementos disponibles presentes en el suelo, micronutrientes. El análisis de los elementos disponibles en el suelo para Fe, Cu, Mn y Zn no mostró diferencias significativas entre tratamientos (sin y con compost) cuando se utilizó el agente quelante DTPA como solución extractante. Sin embargo, cuando se utilizó la solución ácida Mehlich-3 se observó que los contenidos medios

de Fe, Cu y Mn disponible fueron significativamente superiores ($P < 0,001$) en las parcelas con compost (tabla 5). No pudiéndose establecer diferencias significativas entre ambos métodos de extracción para los elementos Cu, Mn y Zn disponible, aunque una tendencia a mayores contenidos de estos tres micronutrientes extraídos con Mehlich-3 fue observada en las parcelas con compost. Al considerar el total de las 41 muestras de suelo analizadas, independientemente del tratamiento empleado, se obtuvieron los siguientes valores medios de estos cuatro micronutrientes extraídos con DTPA: 99,54 mg kg⁻¹ de Fe, 36,82 mg kg⁻¹ de Mn, 6,75 mg kg⁻¹ de Zn y 3,47 mg kg⁻¹ de Cu. Las concentraciones medias de dichos elementos extraídas con Mehlich-3 fueron de: 133,95 mg kg⁻¹ de Fe, 49,90 mg kg⁻¹ de Mn, 5,16 mg kg⁻¹ de Zn y 2,22 mg kg⁻¹ de Cu. Por lo tanto, teniendo en cuenta el conjunto de las muestras se observó que la solución ácida Mehlich-3 extrajo más Fe y Mn y menos Zn y Cu que el agente quelante DTPA.

En general, se admite que la solución Mehlich-3 extrae mayores contenidos de Fe, Cu, Mn y Zn (Caridad, 2002) ya que contiene compuestos de naturaleza ácida y un quelato, EDTA, por lo que es capaz de solubilizar una mayor cantidad de micronutrientes. Sin embargo, los datos obtenidos en este trabajo indican que dicha regla no siempre se cumple para los elementos Cu y Zn en los suelos estudiados. Este resultado puede ser debido a interacciones entre la extractabilidad y diversas propiedades del suelo, por ejemplo, se sabe que el agente quelante DTPA presenta una mayor eficiencia en cuanto a la capacidad de solubilizar nutrientes como el Cu y Zn en condiciones de pH próximas a la neutralidad, mientras que Mehlich-3 se considera más adecuado en condiciones de pH ácidas.

Tabla 5. Micronutrientes Fe, Cu, Mn y Zn medidos por DTPA y Mehlich-3 (mg kg⁻¹).

Sin compost	Fe _{disponible}	Cu _{disponible}	Mn _{disponible}	Zn _{disponible}	Con compost	Fe _{disponible}	Cu _{disponible}	Mn _{disponible}	Zn _{disponible}
DTPA ¹					DTPA				
n	27	27	27	27	n	14	14	14	14
Media	96	3,9	35	8,0	Media	106	2,7	41	4,4
Desv.	46,7	3,64	25,88	11,00	Desv.	65,9	1,34	29,3	3,00
Mín.	32	0,1	5,0	0,7	Mín.	44	0,9	9,0	0,8
Máx.	208	15,2	98,4	49,8	Máx.	274	6,1	113	12,6
Mehlich-3					Mehlich-3				
n	27	27	27	27	n	14	14	14	14
Media	78	1,5	14	3,9	Media	242	3,6	58	7,4
Desv.	60,5	1,21	26,1	5,17	Desv.	75,7	2,23	31,6	7,07
Mín.	18	0	1,4	0	Mín.	116	1,3	25,6	1,1
Máx.	286	4,6	127	24,7	Máx.	360	10,2	142	24,6
Sig. método ²	***	ns	ns	ns	Sig. método ²	***	ns	ns	ns
Sig. tratamiento ³	ns	ns	ns	ns	Sig. tratamiento ³	***	***	***	ns

¹n= Número de muestras; Desv.= Desviación típica; Mín.= Mínimo; Máx.= Máximo. ²Sig. método= DTPA vs. Mehlich-3 (NS, No significativo; * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$; *** $P < 0,001$). ³Sig. tratamiento= Sin compost vs. Con compost (NS, No significativo; * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$; *** $P < 0,001$).

Análisis de los elementos disponibles presentes en el suelo, metales pesados. El análisis de los elementos disponibles no mostró diferencias significativas entre tratamientos para Cd, Ni y Pb, observándose una tendencia a ser estos valores superiores en las parcelas con compost (tabla 6). El contenido medio de Cr disponible fue significativamente superior ($P < 0,001$) en las parcelas con compost cuando se utilizó la solución ácida Mehlich-3. No se observaron diferencias significativas entre métodos para el elemento Cd. El agente quelante DTPA extrajo, independientemente del tratamiento, un contenido significativamente superior ($P < 0,001$) de Pb disponible que Mehlich-3 alcanzando valores de 4-6 veces superiores.

Tabla 6. Metales pesados Cd, Cr, Ni y Pb medidos por DTPA y Mehlich-3 (mg kg⁻¹).

Sin compost	Cd _{disponible}	Cr _{disponible}	Ni _{disponible}	Pb _{disponible}	Con compost	Cd _{disponible}	Cr _{disponible}	Ni _{disponible}	Pb _{disponible}
DTPA					DTPA				
n	27	27	27	27	n	14	14	14	14
Media	0,06	0,09	0,72	1,92	Media	0,07	0,01	0,81	2,51
Desv.	0,055	0,028	1,137	1,340	Desv.	0,044	0,019	1,249	0,834
Mín.	0	0	0,03	0,19	Mín.	0,02	0	0,27	1,26
Máx.	0,20	0,20	4,62	6,17	Máx.	0,16	0,07	5,10	4,22
Mehlich-3					Mehlich-3				
n	27	27	27	27	n	14	14	14	14
Media	0,03	0,09	0,18	0,55	Media	0,06	0,22	0,39	0,49
Desv.	0,051	0,025	0,383	0,985	Desv.	0,086	0,150	0,671	0,958
Mín.	0	0	0	0	Mín.	0	0	0	0
Máx.	0,15	0,13	2,06	4,50	Máx.	0,24	0,44	2,59	3,33
Sig. método ²	ns	ns	*	***	Sig. método ²	ns	***	ns	***
Sig. tratamiento ³	ns	ns	ns	ns	Sig. tratamiento ³	ns	***	ns	ns

¹n= Número de muestras; Desv.= Desviación típica; Mín.= Mínimo; Máx.= Máximo. ²Sig. método= DTA vs. Mehlich-3 (NS, No significativo; * P<0.05; **P<0,01; ***P<0,001). ³Sig. tratamiento= Sin compost vs. Con compost (NS, No significativo; * P<0.05; **P<0,01; ***P<0,001).

CONCLUSIONES

Los contenidos totales de macro-, micronutrientes y metales pesados presentes en el suelo no presentaron diferencias significativas entre parcelas sin y con compost. Niveles altos de P, K, Ca y Pb total fueron encontrados en los suelos de cultivo tras la adición de compost. Los contenidos de Fe, Cu, Mn y Cr disponible fueron superiores en las parcelas con compost.

La técnica de fluorescencia extrajo un contenido mayor de macro-, micronutrientes y metales pesados que el método de espectroscopia. La solución ácida Mehlich-3 extrajo un contenido más alto de Fe y Cr, en las parcelas con compost, que el agente quelante DTPA. Sin embargo, resulta difícil el poder recomendar el uso de uno de estos dos agentes extractantes.

Para lograr evaluar de forma más precisa el efecto de la adición de este tipo de enmienda orgánica al suelo sobre los contenidos medios de macro-, micronutrientes y metales pesados es necesario efectuar un seguimiento a largo plazo de las parcelas, y de los cambios que en ellas se producen, y que condicionan los contenidos de los elementos en el suelo.

AGRADECIMIENTOS

Este proyecto fue financiado por la Xunta de Galicia con el PGIDT01AGR10302PR.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BOE, 1998. *Orden de 28 de mayo de 1998 sobre fertilizantes y afines*. Boletín Oficial del Estado, 131, 18028-18078. Madrid (España).
- CARIDAD CANCELA, R., 1999. Niveles de metales pesados y otros elementos en suelos de una cuenca agrícola. *Memoria de Licenciatura*. Universidade da Coruña. 113 pp. A Coruña (España).
- CARIDAD CANCELA, R., 2002. Contenido de macro-, micronutrientes, metales pesados y otros elementos en suelos naturales de São Paulo (Brasil) y Galicia (España). *Tesis Doctoral*. Universidade da Coruña, 574 pp. A Coruña (España).
- DOMÉNECH, X., 1995. *Química del suelo: El impacto de los contaminantes*. Ed. Miraguano, 190 pp. Madrid (España).
- MA, L. Q.; TAN, F.; HARRIS, W. G., 1997. Concentrations and distributions of eleven metals in Florida soils. *Journal of Environmental Quality*, **26**, 769-775.

MACÍAS VÁZQUEZ, F.; CALVO de ANTA, R., 1992. Suelos de la provincia de La Coruña. *Ed. Diputación Provincial de La Coruña*. 85 pp. A Coruña (España).

PORTA CASANELLAS, J.; LÓPEZ-ACEVEDO REGUERÍN, M.; ROQUERO de LADURU, C., 2003. *Edafología para la agricultura y el medio ambiente*. 3ª Edición. Ed. Mundi-Prensa, 929 pp. Madrid (España).

ROCA FERNÁNDEZ, A. I., 2005. Uso de compost procedente de Residuos Sólidos Urbanos como enmienda agrícola en suelos del Área Metropolitana de A Coruña. *Memoria de Licenciatura*. Universidad da Coruña, 226 pp. A Coruña (España).

SUMMARY

MACRO-, MICRONUTRIENTS AND HEAVY METALS CONTENT IN SOIL AFTER MUNICIPAL SOLID WASTE COMPOST ADDITION

The aim of this study was to evaluate the effect of Municipal Solid Waste (MSW) compost addition had on the average contents of macro-, micronutrients and heavy metals in different agricultural soils from A Coruña and compare the results obtained using four analytical techniques: a semi-quantitative method, XRF, and a quantitative method, ICP-MS, for total analysis and extraction with DTPA chelating agent and Mehlich-3 acid solution, for analysis of available elements. There were no significant differences between treatments (with and without compost) for total contents. A trend was observed to be higher P, K, Ca and Pb in the compost plots. Fluorescence extracted a higher ($P<0,001$) content of elements than spectroscopy. Fe, Cu, Mn and Cr available were higher ($P<0,001$) in the compost plots. Mehlich-3 extracted a higher content ($P<0,001$) of Fe and Cr in the compost plots. The effectiveness of extractant solutions depended on the process used and the soil elements to evaluate. It is necessary to carry out more comparative studies and longer time to study the action of long-term compost addition and the changes on the levels of soil elements.

Key words: organic amendments, total content, fluorescence, available elements, Mehlich-3.

EVOLUCIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE MAÍZ FORRAJERO Y LAS PROPIEDADES BIOLÓGICAS DEL SUELO DURANTE CINCO AÑOS BAJO NO-LABOREO Y ABONADO CON PURÍN

I. MIJANGOS, C. GARBISU, L. EPELDE, J.A. GONZÁLEZ E I. ALBIZU

NEIKER – Tecnalia / Dpto. de Ecosistemas. Parque Tecnológico de Bizkaia – P. 812. Berreaga, 1. E-48160 Derio (Bizkaia). Telf: +34 944 034 323 Fax: +34 944 034 310. imijangos@neiker.net

RESUMEN

Ante la necesidad de reducir costes en las explotaciones ganaderas, el cultivo de forrajes bajo no-laboreo y la utilización del purín se plantean como alternativas interesantes al laboreo y abonado (mineral) convencionales. Por otra parte, es creciente el empleo de propiedades biológicas del suelo como indicadores de su salud y fertilidad. Para evaluar a nivel productivo y medioambiental, diferentes manejos [*i.e.*, no-laboreo + abonado orgánico con purín (NL+O); no-laboreo + abonado inorgánico con N-P-K (NL+I); laboreo convencional + abonado orgánico (LC+O); laboreo convencional + abonado inorgánico (LC+I)] se analizaron durante cinco años la producción de maíz forrajero y varios bioindicadores edáficos en un ensayo en Derio (Bizkaia). El purín produjo cosechas comparables e incluso superiores al abonado mineral. Por el contrario, la compactación del terreno bajo no-laboreo limitó notablemente la productividad a partir del tercer año. El incremento de la temperatura del suelo durante el desarrollo del maíz afectó negativamente a la actividad media (AWCD) y diversidad microbiana, así como a las actividades enzimáticas arilsulfatasa, fosfatasa ácida y β -glucosidasa. Interesantemente, la actividad ureasa y el N mineralizable, así como la actividad deshidrogenasa y la humedad del suelo, guardaron una relación positiva con la producción final de maíz, mostrando su valor como indicadores de fertilidad.

Palabras clave: abonado orgánico; no-laboreo; bioindicadores; salud del suelo; fertilidad

INTRODUCCIÓN

La difícil situación actual de las explotaciones de vacuno de leche está obligando a reducir los costes de producción al máximo. Con el objetivo de aprovechar los recursos de la propia explotación para obtener una base forrajera sólida y a bajo coste, se están llevando a cabo diferentes prácticas agrícolas, como la utilización del purín como abono orgánico y el no-laboreo (siembra directa). Entre las ventajas de ambas técnicas, destacan el ahorro económico y la conservación de la materia orgánica y la estructura del suelo. Sin embargo, también pueden presentar inconvenientes: el abonado con purín puede originar la eutrofización de los recursos hídricos cercanos y además, si bien es cierto que permite elevar el pH de los suelos ácidos a corto plazo, a largo plazo puede acidificarlos como consecuencia de la oxidación del amonio a ácido nítrico. En cuanto al no-laboreo, puede ocasionar una disminución de la productividad por la compactación superficial del terreno (especialmente en suelos con textura fina), aunque según Tebrügge y Düring (1999) este problema se atenúa con el tiempo, a medida que aumenta el contenido en materia orgánica y los macroporos generados por las lombrices.

Por otra parte, en la actualidad se demanda que las prácticas agrícolas sean capaces de conjugar la producción agronómica con el respeto al medio ambiente y sus componentes (e.g., el suelo). En este sentido, y como complemento a los análisis físico-químicos tradicionales, cada vez está más extendida la utilización de ciertas propiedades biológicas del suelo como indicadores de su salud y ferti-

lidad (Alkorta *et al.*, 2003).

Teniendo en cuenta todo esto, el objetivo principal del trabajo es comparar la evolución de la productividad de los suelos bajo diferentes prácticas agrícolas (*i.e.*, abonado con purín *vs.* mineral y no-laboreo *vs.* laboreo convencional) y evaluar el potencial de una serie de propiedades biológicas del suelo como indicadores de su fertilidad.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo experimental se localizó en la finca de NEIKER-Tecnalia 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. Se desarrolló sobre un terreno homogéneo de textura franco-arcillo-limosa y ácido (pH en agua = 5,4), clasificado como Cambisol Epidiátrico (FAO).

Los tratamientos se llevaron a cabo de manera continuada durante los años 2005-2009 en subparcelas de dimensiones 5 m x 3,5 m, repartidas al azar en dicha parcela. Dichos tratamientos resultaron de la combinación de dos sistemas de abonado [inorgánico (I) *versus* orgánico (O)] con dos sistemas de laboreo [convencional (LC) *versus* no-laboreo (NL)] para la producción de maíz forrajero (*Zea mays* L. cv Moncada) como cultivo de verano en una rotación anual. La rotación la completa, como cultivo de invierno, raigrás italiano alternativo o una mezcla de triticale (*x Triticosecale* Wittm. ex A. Camus cv. Senatrit) y guisante forrajero (*Pisum sativum* L. cv. Cartouche). Antes de cada cultivo, las subparcelas orgánicas recibieron aproximadamente 60 m³ ha⁻¹ de purín fresco de vacuno en superficie, lo que supuso 150 kg N ha⁻¹, 60 kg P ha⁻¹ y 130 kg K⁺ ha⁻¹ disponibles para el maíz. En las subparcelas minerales se abonó con NH₄NO₃ (33,5%), P₂O₅ (18%) y KCl (60%) a las mismas dosis disponibles. El laboreo convencional consistió en un pase de vertedera y tres pases de rotavator. La siembra se realizó siempre con una sembradora directa marca Semeato, con una densidad de 100 000 plantas de maíz ha⁻¹. Las subparcelas bajo siembra directa se trataron previamente con glifosato (36%) a razón de 6 L ha⁻¹. No se aplicaron insecticidas.

Los muestreos de suelo se realizaron cada año durante la fase de máximo desarrollo del maíz. Se tomaron muestras al azar en cada una de las subparcelas del ensayo con una sonda manual (2,5 cm de diámetro; 25 cm de profundidad). Se secaron al aire durante una semana, se tamizaron (2 mm) y permanecieron a 4°C hasta su análisis.

Se analizaron las siguientes propiedades biológicas del suelo: abundancia de lombrices 0-25 cm (conteo directo), la actividad media (AWCD) y diversidad microbianas (S e índices de Shanon, Simpson y Pielou) estimadas en base al color desarrollado en las ecoplacas BiologTM (Epelde *et al.*, 2008), el N mineralizable (Powers, 1980), la respiración basal (EGM-4/SRC-1 de PPSystems) y las actividades enzimáticas β-glucosidasa (relacionada con el ciclo del C), ureasa (ciclo del N), fosfatasa ácida (ciclo del P), arilsulfatasa (ciclo del S) y deshidrogenasa, (Dick *et al.*, 1996). También se midió la temperatura del suelo a 10 cm de profundidad, su humedad gravimétrica 0-25cm y el grado de compactación 0-20 cm, 20-40 cm y 40-75 cm (penetrómetro Rimik CP40).

Para estimar la producción forrajera se cortaron las dos hileras centrales de maíz centrales en cada subparcela, en estado pastoso-vítreo.

Para establecer las diferencias productivas entre tratamientos se realizó un análisis de la varianza (ANOVA) seguido de un test PLSD de Fisher, usando el programa Statview de Microsoft.

Asimismo, se realizó un análisis de componentes principales (ACP) a partir de todos los datos edáficos y de producción, usando para ello el programa Canoco 4.5 para Windows.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Figura 1 muestra el resultado de incorporar en un ACP todas las variables analizadas a lo largo de los 5 años consecutivos de cultivo de maíz. Con el objetivo de evitar el sesgo producido por las diferencias climatológicas entre años, los valores de cada variable fueron transformados en porcentajes respecto a un valor de referencia (*i.e.*, valor medio de las subparcelas inorgánicas bajo laboreo convencional).

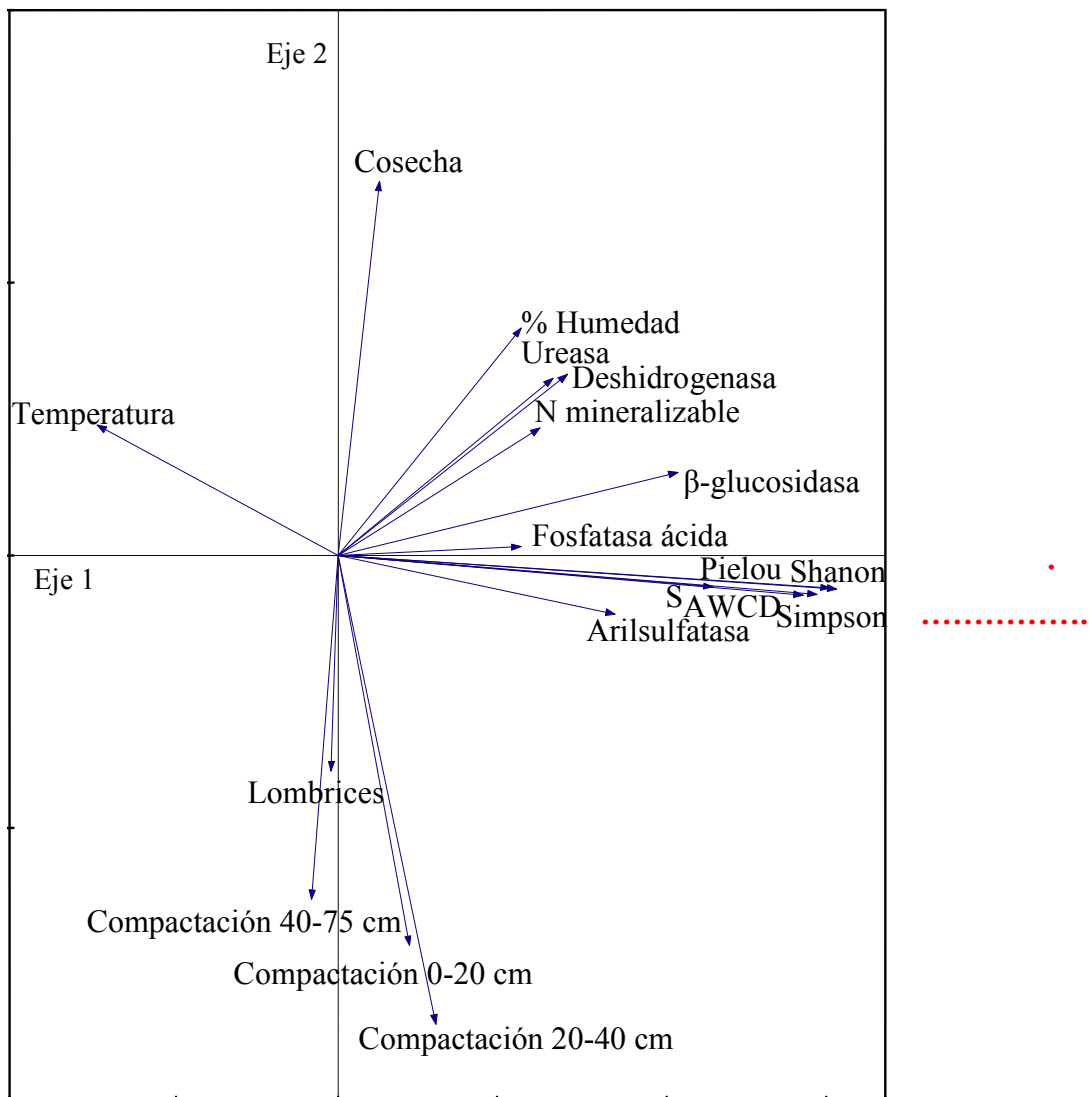


Figura 1. Análisis de Componentes Principales de las variables edáficas y de producción analizadas. S: número de pozos con crecimiento positivo en placas Biolog™; AWCD: desarrollo medio de color en placas Biolog™.

El eje 1 explica el 29% de la varianza y muestra una estrecha relación entre las medidas de actividad media (AWCD) y los índices de diversidad microbianos obtenidos a partir de las placas de Biolog™, así como con las actividades enzimáticas arilsulfatasa, fosfatasa ácida y β-glucosidasa. En posición opuesta a estas medidas se sitúa la temperatura del suelo, lo cual parece indicar que el aumen-

to de temperatura del suelo durante el cultivo de maíz en verano afecta negativamente a la actividad y diversidad microbianas del suelo. Este efecto fue menos acusado por la actividad deshidrogenasa, indicadora de la población microbiana viable en cada momento, así como por las medidas relacionadas con el ciclo del N (actividad ureasa y N mineralizable), las cuales se mostraron más ligadas a la producción de maíz. A este respecto, era esperable que la actividad microbiana responsable de la mineralización del N y la humedad del suelo durante la fase de máximo desarrollo del cultivo influyeran en su productividad final. Dicha productividad también se vio muy afectada por la compactación del suelo a lo largo del perfil 0-75 cm (el eje 2 explica el 16% de la varianza).

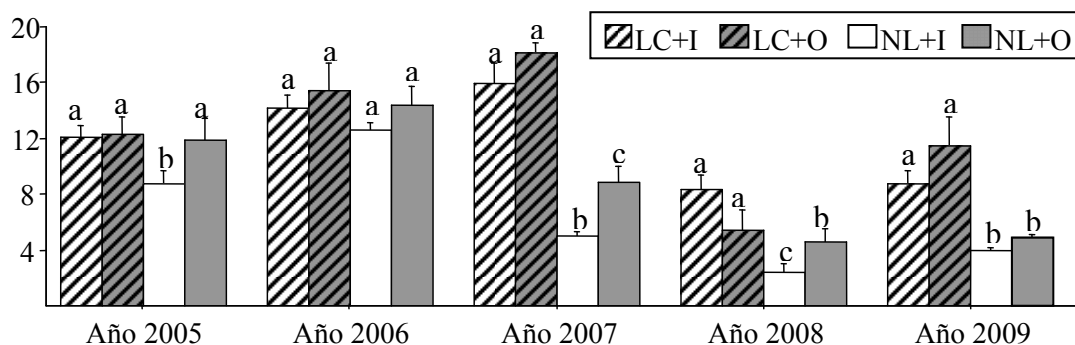


Figura 2. Efecto del laboreo y el abonado sobre la producción de maíz forrajero. Dentro de cada año, diferentes letras indican diferencias significativas ($P < 0,05$). LC: laboreo convencional; NL: no laboreo; I: abonado inorgánico; O: abonado orgánico.

La abundancia de lombrices también pareció relacionarse negativamente con la productividad y positivamente con la compactación. Esto se debe a que el laboreo resulta perjudicial para las poblaciones de lombrices que, por tanto, se hallaron mayoritariamente en las subparcelas bajo no-laboreo, más compactadas y progresivamente menos productivas que bajo laboreo convencional.

En la Figura 2 se observa la evolución de la producción de maíz en estos 5 años. En los dos primeros años las producciones fueron adecuadas y similares entre los 4 tratamientos objeto de estudio, pero a partir del tercer año (2007) la producción descendió significativamente en las subparcelas bajo no-laboreo (NL+O y NL+I), coincidiendo con un incremento de la compactación superficial por encima de 3 MPa, a partir de entonces (Mijangos *et al.*, 2008). De acuerdo con estos resultados, Vepraskas (1994) estableció 2,5 MPa como el valor límite de resistencia a la penetración para el maíz, a partir del cual el desarrollo radicular se vería limitado significativamente. Otros trabajos establecen este límite en 2 MPa (Tavares *et al.*, 2001). Parece, por tanto, necesario realizar algún tipo de laboreo para evitar la excesiva compactación del suelo a partir del tercer año. No obstante, tanto la textura fina del suelo (contenido en limo y arcilla de 54,5 y 30,6%, respectivamente) como la distribución al azar de los tratamientos y el tamaño reducido de las subparcelas (que obligó a aumentar el número de maniobras durante la siembra), aceleraron el proceso natural de compactación. Entre las alternativas de manejo del suelo planteadas, la combinación “no-laboreo + abonado inorgánico” (NL+I) fue sistemáticamente la menos productiva a lo largo de los 5 años de estudio. Dentro de cada sistema de laboreo, el abonado orgánico produjo sistemáticamente mayores cosechas que el abonado mineral (excepto bajo laboreo convencional en 2008), aunque las diferencias no fueron significativas en la mayoría de los casos. Por último, en 2008 y 2009 la producción descendió en todos los tratamientos debido a los

daños producidos por el gusano de alambre (*Agryiotes* sp.) sobre las semillas. A este respecto, el cultivo continuado de maíz forrajero como cultivo de verano, conjuntamente con la no aplicación de insecticidas, posiblemente contribuyeron al aumento de la población del gusano.

CONCLUSIONES

El aumento de la temperatura del suelo bajo cultivo de maíz forrajero puede afectar negativamente a la diversidad y la actividad de las comunidades microbianas del suelo, en términos generales. Asimismo, las actividades microbianas directamente relacionadas con la mineralización del N durante el desarrollo del cultivo guardan una relación positiva con la producción final de maíz, al igual que la disponibilidad de agua.

El abonado orgánico con purín fresco de vacuno es una alternativa viable al abonado mineral convencional, en términos productivos. Por el contrario, la compactación del terreno bajo siembra directa limita progresivamente la producción de maíz forrajero en suelos de textura fina.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al INIA la financiación del proyecto RTA 2006-00153-C02-02, a partir del cual se obtuvieron los resultados presentados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALKORTA, I.; AIZPURUA, A.; RIGA, P.; ALBIZU, I.; AMEZAGA, I.; GARBISU, C., 2003. Soil enzyme activities as biological indicators of soil health. *Reviews on Environmental Health*, **18**, 65-73.
- 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*, J.W. DORAN, A.J. JONES (Ed.). SSSA. Madison (EEUU), 247-271.
- EPELDE, L.; BECERRIL, J.M.; HERNÁNDEZ-ALLICA, J.; BARRUTIA, O.; GARBISU, C., 2008. Functional diversity as indicator of the recovery of soil health derived from *Thlaspi caerulescens* growth and metal phytoextraction, *Applied Soil Ecology*. **39**, 299-310.
- MIJANGOS, I.; ALBIZU, I.; EPELDE, L.; PINTO, M.; DEL HIERRO, O.; ARRIAGA, H.; GARBISU, C., 2008. Effects of direct seeding and cow slurry application on corn production in fine-textured soils. En: *Biodiversity and Animal Feed. Future challenges for grassland production*. Proceedings of the 22 General Meeting of the European Grassland Federation. A. HOPKINS *et al.* (Ed.). Uppsala (Suecia), 613-615.
- POWERS, R.F., 1980. Mineralizable soil nitrogen as an index of nitrogen availability to forest trees. *Soil Science Society of America Journal*, **44**, 1314-1320.
- TAVARES, F.J.; BARBOSA, G.M.C.; GUIMARAES, M.F.; FONSECA, I.C.B., 2001. Resistência do solo à penetração e desenvolvimento do sistema radicular do milho (*Zea mays*) sob diferentes sistemas de manejo em um Latossolo Roxo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, **25**, 725-730.
- TEBRÜGGE, F.; DÜRING, R.A., 1999. Reducing tillage intensity-a review of results from a long-term study in Germany. *Soil and Tillage Research*, **53**, 15-28.
- VEPRASKAS, M.J., 1994. Plant response mechanisms to soil compaction. En: *Plant-Environment Interactions*. R.E. WILKINSON (Ed.). Marcel Dekker. New York (EEUU), 263-287.

5 YEARS DYNAMICS OF FORAGE CORN PRODUCTION AND SOIL BIOLOGICAL PROPERTIES UNDER NO-TILLAGE AND SLURRY APPLICATION

SUMMARY

In order to reduce costs in livestock farms, no-tillage and slurry reutilization are interesting alternatives to conventional tillage and mineral fertilization for forage production. On the other hand, soil biological properties are being more and more used as indicators of soil health and fertility. To evaluate the effects of different soil managements [*i.e.*, no-tillage + organic fertilization with slurry (NL+O); no-tillage + inorganic fertilization with N-P-K (NL+I); conventional tillage + organic fertilization (LC+O); conventional tillage + inorganic fertilization (LC+I)] on forage production and the environment, corn yield and several soil bioindicators were measured through a 5 year field assay in Derio (Biscay). Slurry application led to similar or even higher corn yields than mineral fertilization. On the contrary, no-tillage caused soil compaction that seriously limited corn production after the third year. Soil temperature affected microbial average activity (AWCD) and diversity, and also the enzyme activities arylsulphatase, acid phosphatase and β -glucosidase. Most interestingly, urease activity and mineralizable N, as well as dehydrogenase activity and soil humidity, appeared positively correlated with final corn yield, showing their potential as soil fertility indicators.

Keywords: organic fertilization; no-tillage; bioindicators; soil health; fertility

COMPARACIÓN DE DOS SISTEMAS DE MANEJO EN UNA PRADERA DE RAIGRÁS INGLÉS-TRÉBOL BLANCO

¹A. MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ, ¹A. SOLDADO, ¹A. ARGAMENTERIA, ¹A. GONZÁLEZ,
²N. PEDROL Y ¹A. MARTÍNEZ MARTÍNEZ

¹Área de Nutrición Animal, Pastos y Forrajes. SERIDA. Apdo. 13. E-33300 Villaviciosa (España).

admartinez@serida.org

²Dpto. Biología Vegetal e Ciencia do Solo. Universidade de Vigo. E-36310 Vigo

RESUMEN

El presente estudio se llevó a cabo en praderas de raigrás inglés-trébol blanco (*Lolium perenne* L.-*Trifolium repens* L.), implantadas en otoño de 2006 en un valle interior de Asturias, con el objetivo de evaluar la incidencia del tipo de manejo convencional (MC) o ecológico (ME) sobre la producción, composición botánica y calidad nutritiva de estas praderas en el periodo 2006-2009.

Los resultados de composición botánica en los sucesivos aprovechamientos muestran que las parcelas de ME tendieron a presentar mayores porcentajes de la leguminosa sembrada que las de MC. Aún así, la evolución en el tiempo muestra praderas descompensadas en ambos manejos con escasa presencia de gramíneas y muy alta de leguminosas. En lo referente a las producciones obtenidas, el primer año fueron muy superiores a las medias habituales, debido a un año agronómico muy favorable para la producción de forrajes, siendo significativamente superiores en MC. Estas diferencias se fueron atenuando hasta no apreciarse diferencias significativas a partir del segundo año. Al igual que la producción, tampoco los parámetros de valor nutritivo medidos presentaron diferencias entre ambos manejos, excepto para la proteína, con elevados contenidos en digestibilidad y energía.

Palabras clave: Fertilización mineral, estiércol, producción, composición botánica, valor nutritivo, forrajes ecológicos

INTRODUCCIÓN

El impacto de las prácticas agrícolas lleva muchos años siendo objeto de debate (Coxworth *et al.*, 1981). Ya en los años 70, se pronosticó que la intensificación de las prácticas agrícolas convencionales generaría serios problemas de degradación medioambiental y que serían necesarios cambios drásticos en la tecnología empleada. La erosión del suelo, la salinización, la eutrofización y los pesticidas de alta permanencia, entre otros, son algunos de los efectos medioambientales que dan lugar, además, a bajos rendimientos productivos (De Bivort, 1975).

Actualmente, el concepto de agricultura intensiva convencional está siendo sometido a debate; la preocupación por la calidad y la conservación medioambiental, y por el desarrollo de las áreas rurales ha llevado a la Unión Europea a promover acciones a favor de prácticas agrarias que minimicen el impacto ambiental, impulsando la agricultura ecológica. En este nuevo contexto, se necesita buscar sistemas de cultivo que permitan reducir los costes de producción y mantener la calidad ambiental (González-Murua *et al.*, 2003).

La producción en ecológico excluye el uso de los fertilizantes nitrogenados convencionales, empleando en su lugar la rotación de cultivos para realizar un balance entre el aporte y la demanda de N. Estos sistemas de producción, diseñados para reducir el uso de fertilizantes, dan lugar a enormes beneficios medioambientales y ahorran gastos de producción, siempre dependiendo de la optimización

de los ciclos naturales del aporte de N. Hay evidencia de que en los sistemas ecológicos hay mayor actividad biológica y mejoras en la calidad del suelo en comparación con sistemas convencionales. Además, se ha demostrado consistentemente que la eficiencia en la utilización del N ha sido mayor en los sistemas ecológicos (Stopes *et al.*, 1996). Asimismo, una adecuada rotación de cultivos, va a garantizar en los manejos ecológicos un alto valor nutritivo de los forrajes obtenidos al aumentar el contenido en proteínas y minerales así como un aumento de la digestibilidad de los mismos (de la Roza *et al.*, 2008).

Trabajos previos de nuestro grupo de investigación han puesto de manifiesto que los forrajes obtenidos bajo MC muestran mayor producción en materia seca que los obtenidos en ME (Martínez *et al.*, 2008). Sin embargo, el uso de fertilizantes minerales nitrogenados limita el crecimiento de las leguminosas e induce cambios considerables en la composición botánica. Por el contrario, la ausencia de fertilización mineral en ME conlleva un doble beneficio: por un lado, el desarrollo de las leguminosas no se ve inhibido, lo que se traduce en una menor degradación de la pradera, y por otro, la disminución de inputs repercute en una mejor rentabilidad de las explotaciones (Alvárez Iglesias *et al.*, 2009).

Con este preámbulo, el objetivo del presente trabajo ha sido evaluar la incidencia a medio-largo plazo del tipo de manejo convencional (MC) o ecológico (ME) sobre la producción, composición botánica, y calidad nutritiva de una pradera de raigrás inglés- trébol blanco durante tres años a partir de la siembra.

MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en praderas de raigrás inglés-trébol blanco (*Lolium perenne* L. cv. 'Tove'-*Trifolium repens* L. cv. 'Huia'), en un valle interior de Asturias (43° 23' N y 6° 07' O), a 50 m sobre el nivel del mar, sobre un suelo de textura franco-arcillosa, con una dosis de siembra de 34 y 3 kg ha⁻¹ de semilla viable para el raigrás inglés y trébol blanco, respectivamente. Se utilizó un diseño en bloques al azar distribuido en parcelas elementales de 80 m² con cuatro repeticiones (MC o ME). La fertilización aplicada en MC se ajustó en función de los análisis previos de suelo, siendo de 207 kg ha⁻¹ año⁻¹ de N, distribuidos en tres aplicaciones, y 120 kg ha⁻¹ año⁻¹ para P₂O₅ y K₂O en una sola aplicación a la salida del invierno. En ME las parcelas se manejaron según los requisitos de la agricultura ecológica (Reglamento N° 2092/91; CEE, 1991), sustituyendo la fertilización mineral por estiércol, mayoritariamente de vacuno, con una concentración de 5,8; 6,3; 6,7 y 2,6 kg t⁻¹ de N, P₂O₅, K₂O y MgO, respectivamente, y una dosis de aplicación de 30 t ha⁻¹ año⁻¹ a la salida del invierno.

Las praderas fueron implantadas en el otoño de 2006 y se levantaron en la primavera de 2009 para completar la rotación con el maíz como cultivo de verano. En este periodo se realizaron 14 cortes según la idoneidad de las condiciones ambientales, distribuidos entre noviembre de 2006 y abril de 2009. De éstos, los dos cortes realizados en la primavera de cada año se ensilaron para su aprovechamiento como alimentación invernal de los animales. El forraje obtenido en cada corte fue procesado y analizado para determinar su producción de materia seca (MS) en kg MS ha⁻¹, contenido en materia seca (MS) por secado en estufa de aire forzado a 60 °C durante 24 horas, valor nutritivo por NIRS de acuerdo con las ecuaciones desarrolladas en el Laboratorio de Nutrición Animal del SERIDA y acreditadas por ENAC (Acreditación N° LE 430/930), y energía metabolizable según ARC (1980). La composición botánica del forraje obtenido en cada corte se determinó por separación manual, diferencian-

do porcentajes en MS de especies sembradas (raigrás inglés y trébol blanco), otras especies (gramíneas y dicotiledóneas) y materia muerta.

Los datos de producción de MS, composición botánica, composición química y contenido energético fueron contrastados mediante análisis de varianza de medidas repetidas en el tiempo considerando el manejo como efecto fijo (SAS, 1999). Paralelamente para facilitar la interpretación de los resultados se realizó una prueba t de Student de dos colas para estimar diferencias entre manejos por comparación de producción media acumulada de MS en el periodo de estudio y los porcentajes medios de presencia de las fracciones botánicas separadas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1 se puede observar la evolución en la producción de MS según manejo desde la implantación de las praderas hasta su levantamiento en la primavera de 2009. El análisis no mostró diferencias significativas entre manejos, pero sí una tendencia ($p = 0,06$) hacia una mayor producción en el MC con producciones medias acumuladas de $36,6 \pm 1,49$ vs. $31,4 \pm 2,38$ t MS ha⁻¹ para MC y ME respectivamente. Como puede apreciarse, las producciones el primer año fueron significativamente superiores en MC; sin embargo estas diferencias se fueron atenuando hasta no apreciarse diferencias significativas a partir del segundo año.

Cabe destacar que el contenido en MS de los forrajes fue significativamente superior en el ME ($13,9 \pm 0,10$ vs. $14,7 \pm 0,18$ % MS; $p \leq 0,05$ para MC y ME respectivamente) considerando los valores medios de todos los cortes. Este efecto coincide con el relatado por Martínez Fernández *et al.*, (2008) en praderas de raigrás italiano y trébol violeta.

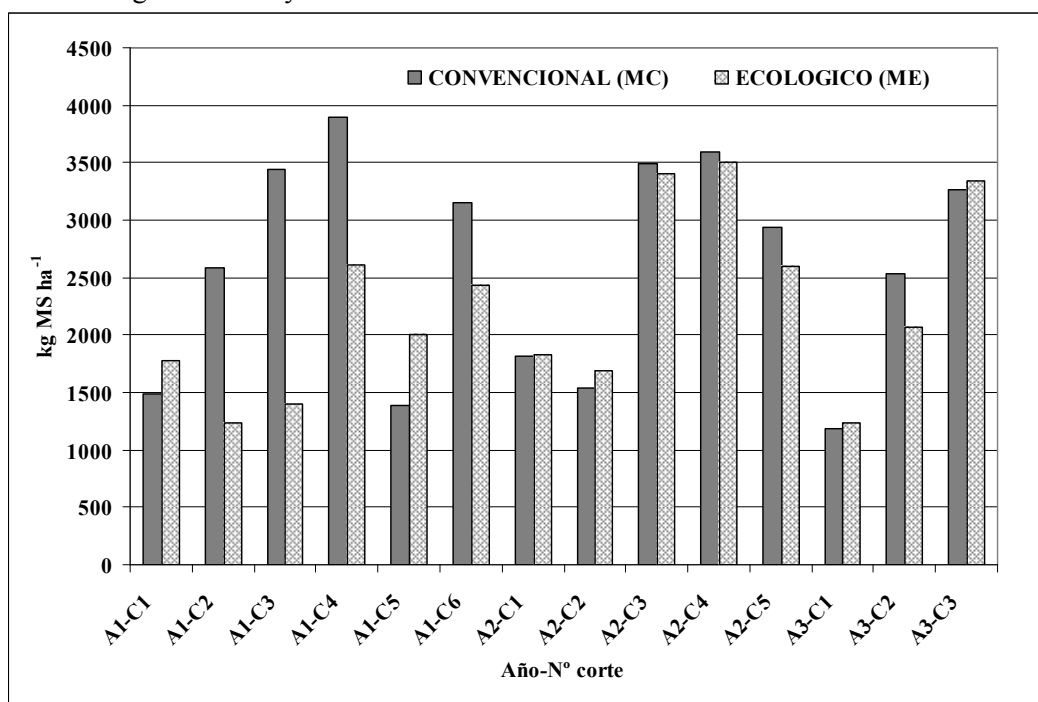
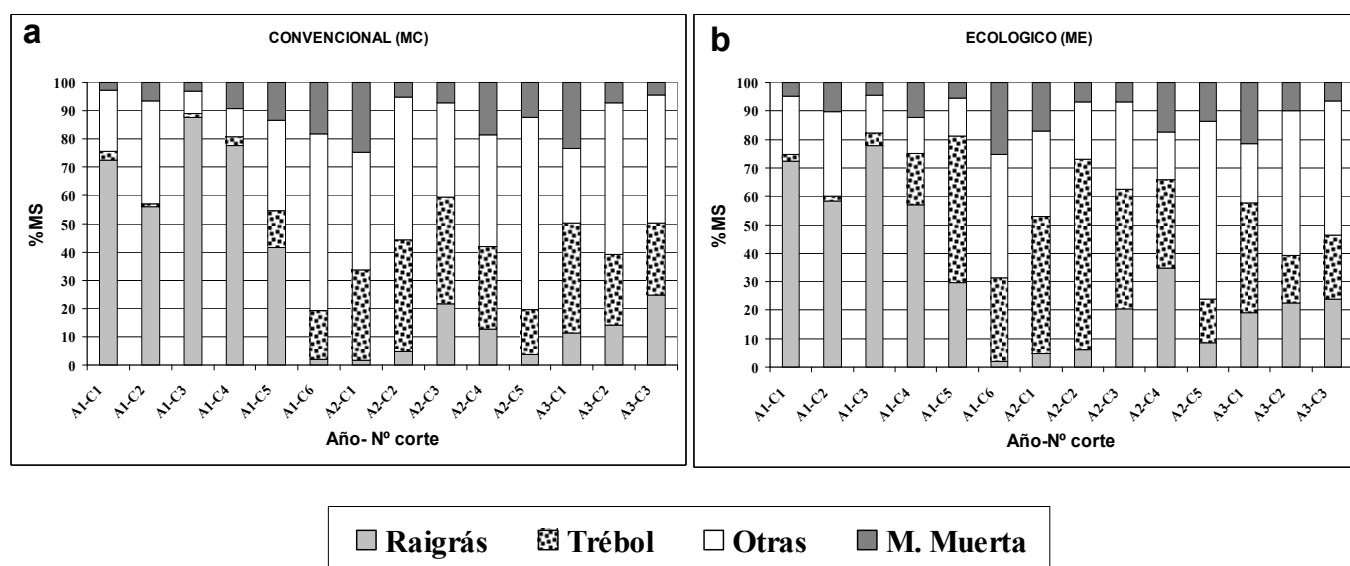


Figura 1. Evolución de las producciones de materia seca (kg MS ha⁻¹) según manejo convencional (MC) o ecológico (ME).

El estudio de la evolución de la composición botánica muestra praderas descompensadas en ambos manejos con escasa presencia de gramíneas y muy alta de leguminosas respecto a los porcentajes iniciales de semilla empleados (Ver Figura 2). Hay un incremento significativo en el tiempo de la

proporción de trébol en el ME con contenidos medios para el total de cortes evaluados de $18,3 \pm 2,30$ vs. $28,2 \pm 5,34$ % MS; $p \leq 0,05$ para MC y ME respectivamente. Este hecho está relacionado con el uso de fertilizantes minerales en el MC, que está demostrado que limita el crecimiento de las leguminosas. No se apreciaron diferencias significativas ($p > 0,05$) en el tiempo con respecto a la evolución del raigrás inglés, de otras especies y de la materia muerta, con contenidos medios de $32,04 \pm 1,04$ vs. $29,18 \pm 10,00$ % MS; para el raigrás, de $36,21 \pm 4,10$ vs. $30,84 \pm 11,19$ % MS; para otras especies y de $10,46 \pm 0,82$ vs. $10,96 \pm 1,02$ % MS; para la materia muerta en MC y ME respectivamente.

Figura 2. Evolución de la composición botánica por corte en praderas de larga duración en manejo convencional vs. ecológico.



En lo referente a la evolución de la calidad nutritiva (Figura 3), el análisis de varianza de medidas repetidas en el tiempo sólo muestra diferencias significativas con respecto al manejo para el contenido en proteína bruta (PB), con contenidos promedio elevados ($22,30 \pm 4,50$ vs. $21,09 \pm 5,35$ % PB sms; $p = 0,03$ para MC y ME). Se observa un menor promedio global de PB con ME a pesar de la mayor proporción de trébol blanco, esto pudo ser debido a que en MC el estado vegetativo poco avanzado del componente otras especies, principalmente formado por dicotiledóneas, aportó buenos niveles en parámetros nutritivos.

Con respecto al efecto tiempo y la interacción tiempo* manejo, el análisis estadístico resultó altamente significativo para la mayoría de las variables. Este efecto es esperable, ya que hay siempre un máximo de cantidad y calidad nutricional en primavera y un mínimo en verano. Además del cambio interestacional dentro de cada año se observa también una evolución de año en año.

El análisis no muestra diferencias significativas respecto al contenido en cenizas entre manejos, ($p > 0,05$). Sin embargo, considerando la extracción total de cenizas en ambos manejos se observa una ventaja para el ME, ya que la menor cantidad de cenizas (CZ), permite extraer mayor cantidad de materia orgánica por hectárea (4093 ± 206 vs. 3766 ± 268 kg CZ ha⁻¹ para MC y ME respectivamente).

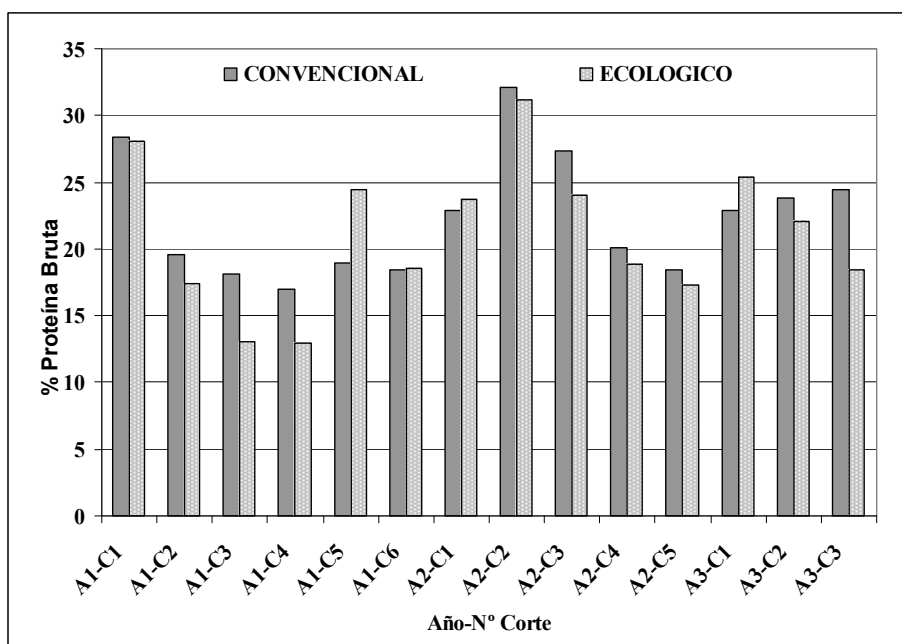


Figura 3. Evolución del contenido en proteína bruta según manejo (MC o ME)

Tampoco el resto de parámetros de valor nutritivo y aporte energético medidos presentaron diferencias significativas ($p > 0,05$) entre las parcelas de MC y ME con elevados valores de digestibilidad ($73,32 \pm 1,25$ vs. $72,43 \pm 1,24$ %) y energía ($10,17 \pm 0,65$ vs. $10,26 \pm 0,15$) para MC y ME respectivamente. Esta similitud en la calidad nutritiva entre manejos, a pesar de la menor presencia leguminosa sembrada en las parcelas de MC, puede atribuirse, por una parte, a que el componente de otras especies estuvo principalmente formado por dicotiledóneas (fundamentalmente trébol violeta) que aportaron unos buenos niveles en parámetros nutritivos y, por otra, al bajo porcentaje de materia muerta.

CONCLUSIONES

A la vista de los resultados podemos concluir que en praderas de larga duración de zonas templado-húmedas, el manejo convencional no supone una ventaja con respecto al ecológico, ya que las diferencias en producción entre manejos se atenúan con el tiempo hasta no detectar diferencias significativas a partir del segundo año. Se observan claras diferencias con respecto a la evolución del contenido en leguminosas, cuyo crecimiento en MC se ve inhibido por el uso de fertilizantes. La evolución en el tiempo tampoco muestra diferencias significativas en los parámetros de calidad nutritiva y contenido energético

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al INIA la financiación del proyecto RTA2006-00082-C02, que ha permitido la ejecución de este trabajo, así como la colaboración del personal de campo y técnico del Laboratorio de Nutrición Animal del SERIDA

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ÁLVAREZ-IGLESIAS, L.; MARTÍNEZ, A.; PEDROL, N.; MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ, A. 2009. Incidencia del tipo de manejo sobre las características agronómicas y ecofisiológicas de praderas de raigrás inglés/trébol blanco. En: *La multifuncionalidad de los pastos: producción ganadera sostenible y gestión de los ecosistemas*, R. Reiné, et al. (Eds.). Gráficas Alós. Huesca (España), 335-341.

- A.R.C., 1980. *The nutrient requirements of ruminant livestock*. Commonwealth Agric. Bureaux, 351 pp. (Reino Unido).
- 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.
- COXWORTH, E.; KERNAN, J.; KNIPFEL, J.; THORLACIUS, O.; CROWLE, L., 1981. Review: crop residues and forages in western Canada; Potential for feed use either with or without chemical or physical processing. *Agriculture and Environment*, **6**, 245-256.
- DE BIVORT, L.H., 1975. World agricultural development strategy and the environment. *Agriculture and Environment*, **2**, 1-14.
- DE LA ROZA, B.; MARTÍNEZ FERNÁNDEZ, A.; ARGAMENTERÍA, A. 2008. Rotación de cultivos forrajeros para ensilares zonas templado húmedas. *Mundo Ganadero*, **210**, 52-55.
- GONZÁLEZ-MURUA, C.; GONZÁLEZ MORO, M.B.; ESTAVILLO, J.M., 2003. Nitrógeno, agricultura y medio ambiente. En: *La Ecofisiología Vegetal: Una Ciencia de Síntesis*. M.J. REIGOSA *et al.* (Eds.). Editorial Thomson. Madrid (España), 387-412..
- STOPES, C.; MILLINGTON, S.; WOODWARD, L., 1996. Dry matter and nitrogen accumulation by three leguminous green manure species and the yield of a following wheat crop in an organic production system. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, **57**, 189- 196.
- MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ, A.; PEDROL, N.; MARTÍNEZ, A.; SOLDADO, A.; VICENTE, F.; DE LA ROZA DELGADO, B., 2008. Effect of different management systems on sown meadows. En: *Biodiversity and Animal Feed. Future Challenges for Grassland Production*. A. HOPKINS *et al.* (Eds.) Uppsala (Sweden), 607-609.
- SAS, 1999. SAS (Statistical Analysis System) Institute, SAS/STATTM. *user's guide.*, SAS Institute, Inc. 10. Carry, NC.

COMPARISON BETWEEN TWO MANAGEMENT SYSTEMS IN A PERENNIAL RYEGRASS – WHITE CLOVER LEY.

SUMMARY

The present study was carried out on perennial ryegrass-white clover leys (*Lolium perenne* L.-*Trifolium repens* L.) sown in autumn 2006 in an inner valley in Asturias, with the aim of assessing the effect of conventional (CM) vs. organic (OM) management on dry matter yield, botanical composition and nutritive quality in the period 2006-2009.

Botanical separation results obtained from successive cuts, show that OM leys tend to contain higher percentages of sown legumes than CM. Even so, time evolution shows unbalanced meadows under both managements, with low presence of grasses and high presence of legumes respect to seed dosage used. First year yields were higher than average because of better weather conditions for forage production, being significantly higher CM yields. These differences diminished with time and no significant differences were observed from the second year onwards. Nutritive quality parameters did not show differences under both managements, with the exception of crude protein, with high digestibility and energy contents

Keywords: Mineral fertilization, manure, dry matter yield, botanical composition, nutritive quality, organic forages.

TRANSFERENCIA DE ECUACIONES NIRS DESARROLLADAS EN EQUIPOS DE LABORATORIO (*AT-LINE*) A EQUIPOS PORTÁTILES PARA EL CONTROL DE CALIDAD EN CAMPO DE ENSILADOS DE HIERBA.

A. MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ, A. SOLDADO, A. GONZÁLEZ, S. MODROÑO Y B. DE LA ROZA-DELGADO

Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario. Área de Nutrición Animal, Pastos y Forrajes. Apdo. 13. E-33300 Villaviciosa. admartinez@serida.org

RESUMEN

Numerosas investigaciones han profundizado en el conocimiento de la tecnología NIRS como herramienta eficaz para el control de calidad en agroalimentación. Por ello, el propósito del presente trabajo ha sido validar ecuaciones NIRS desarrolladas sobre ensilados en fresco en equipos de laboratorio (*at-line*), para posteriormente evaluar su capacidad predictiva en sistemas portátiles (*on-site*) para realizar control de calidad a pie de campo.

Antes de iniciar la transferencia, las ecuaciones desarrolladas en un equipo FossNIRSystem 6500 (400-2500nm) fueron validadas externamente utilizando 36 muestras de ensilados de hierba en fresco, procedentes de diferentes explotaciones agroganaderas de la Cornisa Cantábrica. La capacidad predictiva del modelo en el equipo portátil se evaluó tras la incorporación al modelo de la información espectral de otras 20 muestras analizadas en el equipo Zeiss Corona 45 VisNIR 1.7 (*on-site*) (302-1711nm). Este modelo fue validado externamente en base a un test de comparación de medias tras la predicción simultánea de la información espectral de 12 muestras en el equipo *at-line* y en el equipo *on-site*. La concordancia estadística de los resultados obtenidos permite la transferencia de ecuaciones NIRS a equipos portátiles, para su uso como herramientas instantáneas para el control de calidad.

Palabras clave: NIRS, estrategias de transferencia, análisis *on line*, ensilados

INTRODUCCIÓN

El conocimiento del pH y los parámetros fermentativos tales como el ácido láctico y el ácido butírico tiene especial relevancia puesto que son verdaderos indicadores de la eficacia del proceso de fermentación de los ensilados, estando estrechamente relacionados con su valor nutritivo y su posibilidad de uso para alimentación de vacuno lechero por la problemática que presenta específicamente el ácido butírico para la producción de derivados lácteos. Por otra parte, Chambelain y Wilkinson (1996) indican que los mejores predictores de ingestión de materia seca de ensilados por el vacuno lechero son el contenido en la misma, en materia orgánica digestible y en N soluble sobre N total. Offer *et al.* (1993) también relacionaron la ingestión voluntaria de ensilados en ovino con el contenido en N amoniacal y con unos índices Cluster en función de azúcares residuales, ácido láctico, ácidos grasos volátiles, N amoniacal y valor de neutralización.

En la actualidad el análisis *on site* para predecir las características fermentativas de ensilados es una alternativa factible gracias al empleo de los sensores NIRS portátiles de redes de diodos, carentes de partes móviles (Fernández Ahumada *et al.*, 2008). En este sentido, si bien la aplicación y el desarrollo de nuevos paquetes quimiométricos ha posibilitado estrategias para mejorar en exactitud y

precisión las ecuaciones de predicción NIRS (de la Roza-Delgado *et al.*, 2006, Soldado *et al.*, 2008), es necesario incidir en la gran dificultad que entraña el análisis de muestras húmedas y muy heterogéneas (Soldado *et al.*, 2007).

Hasta la fecha, nuestro grupo de investigación ha empleado la tecnología NIRS para evaluar con éxito la calidad nutritiva y fermentativa de ensilados de hierba en fresco (Martínez *et al.* 2007; Soldado *et al.*, 2007; González *et al.*, 2009), pero siempre utilizando instrumentación *at-line*. En estos momentos, uno de los retos que se plantean entorno a la tecnología NIRS, es aprovechar las grandes bases de datos espectrales que fruto de la experiencia y años de estudio, están disponibles en equipamientos de laboratorio, para transferir a equipamientos portátiles, que posibiliten una predicción instantánea. Sin embargo, aún está sin perfeccionar la metodología para la transferencia, de estas ecuaciones desarrolladas en el laboratorio.

Por ello, el propósito del presente trabajo ha sido validar ecuaciones NIRS desarrolladas sobre ensilados en fresco, en equipos de laboratorio (*at-line*) para posteriormente evaluar su capacidad predictiva en sistemas portátiles (*on-site*) y así posibilitar el control de calidad a pie de campo.

MATERIAL Y MÉTODOS

En el presente estudio se utilizó como punto de partida las ecuaciones de NIRS desarrolladas en 2009 en el equipo *at-line* Foss NIRSystem 6500, sobre una población de 240 ensilados de hierba en fresco recogidos entre 2003 y 2008 en explotaciones asturianas (González *et al.*, 2009), para el análisis de: pH, Materia seca (MS), Nitrógeno amoniacal (NNH₃), Nitrógeno soluble (NSOL), Ácido láctico (LACT) y Ácido butírico (BUT). Esta ecuación, fue validada en base a un test de comparación de medias (t_{student}), utilizando un colectivo externo de 36 muestras (SET A) de ensilados de hierba en fresco procedentes de explotaciones agroganaderas de la Cornisa Cantábrica recogidas durante 2009.

La capacidad predictiva del modelo en el equipo portátil NIRS Zeiss Corona 45 VisNIR 1.7 se evaluó, tras la incorporación a la ecuación de calibración inicial de la información espectral de 20 nuevos ensilados recogida en el equipo portátil, más 12 ensilados adicionales cuyos espectros se almacenaron paralelamente en ambos equipos NIRS para la comparación estadística. Ambo subconjuntos constituyen el SET B (N= 32 muestras).

Análisis NIRS: La recogida de la información espectral se llevó a cabo con los dos instrumentos NIRS involucrados en este estudio.

El equipo de referencia fue un NIRSystems 6500 (FOSS NIRSystems, Silver Spring, MD, USA), provisto de un monocromador de barrido continuo y dotado de un módulo de transporte, con rango de lectura comprendido entre 400-2500 nm y un autoincremento de 2 nm. La información espectral se recogió en modo reflectancia (Log 1/R) utilizando una cápsula especial para productos naturales con ventana de cuarzo y superficie de irradiación de la muestra de 94 cm². Se analizaron dos cargas por muestra y cada una de ellas por duplicado y se utilizó el espectro promedio en los procesos de calibración y validación. La recogida de datos espectrales y el análisis quimiométrico se llevó a cabo mediante el programa WinISI II versión 1.50 (Infrasoft International, Port Matilda, PA, USA, 2000).

El equipo NIRS portátil utilizado, fue un Zeiss Corona 45 VisNIR 1.7, de red de diodos, con rango de lectura entre 302-1711 nm y un autoincremento de 3 nm. Los espectros en fresco se recogieron utilizando una placa petri convencional en modo reflectancia (Log 1/R). Se recogieron cuatro es-

pectros por muestra y se utilizó el espectro promedio para los estudios de comparación realizados. La recogida de datos espectrales se realizó con el software CORA v. 3.2.2 (Carl Zeiss, Inc) y el posterior análisis quimiométrico se llevó a cabo, tras exportar los datos, mediante el programa WinISI II versión 1.50 (ISI, 2000).

Análisis vía húmeda: La misma fracción de muestra utilizada en el análisis NIRS fue procesada por vía húmeda para evaluar los parámetros fermentativos de los ensilados. Una parte fue prensada y sobre el jugo se determinó el pH, nitrógeno amoniacal (NNH₃) y nitrógeno soluble (NSOL) por destilación y valoración Kjeldahl, ácidos butírico (BUT) y láctico (LAC) por cromatografía líquida de alta resolución (columna Shodex RS PAK KC-L6). Paralelamente, el resto de la muestra se desecó en estufa de aire forzado a 60 °C durante 24 h para la determinación de materia seca (MS).

Desarrollo de calibraciones NIRS: Para llevar a cabo el análisis de los parámetros fermentativos en el equipo de red de diodos, fue necesario primeramente desarrollar de nuevo la ecuación de calibración en un rango espectral solapado para ambos equipos (400-1711 nm), con la población de calibración descrita por González *et al* (2009), tras la estandarización espectral y utilizando como estrategia quimiométrica la regresión por mínimos cuadrados parciales (MPLS), para evitar problemas de colinealidad al trabajar con muchas bandas en el espectro (Murray, 2004). Se aplicó una transformación previa de los datos espectrales mediante tratamiento de corrección de dispersión de la luz (SNVD; Standard Normal Variate and Detrend) y segunda derivada (Shenk y Westerhaus, 1996).

Como segunda estrategia de calibración se evaluó la incorporación a la población inicial de calibración (equipo NIRSystems 6500; N=240), de 20 muestras elegidas aleatoriamente entre las del SETB y cuya huella espectral había sido recogida en el equipo NIRS Zeiss Corona. La nueva ecuación de calibración se desarrolló en las condiciones anteriormente descritas.

La validación de la ecuación definitiva se realizó en base a un test de comparación de medias en las 12 muestras del SET B restantes, analizadas con ambos equipamientos NIRS.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 se muestran los resultados de comparación de medias y de validación externa con el SET A de la ecuación NIRS de partida, antes de su transferencia, desarrollada en el equipo de laboratorio (400-2500 nm). Utilizando como estadísticos la distancia de Mahalanobis global (GH<3) y la distancia vecinal (NH<1), no se detectaron anómalos espectrales en el conjunto de validación externa.

Tabla 1. Estadísticos del test de comparación de medias entre los valores de referencia (vía húmeda) y los predichos NIRS en el colectivo de validación externa de ensilados de hierba en fresco (SET A; n=36)

Parámetro	Referencia	Predicho	Ecuaciones de correlación	R ²	P	GH	NH
pH	4,57	4,58	y = 0,8685 x +0,6123	0,74	NS	1,46	0,71
MS (%)	22,52	22,69	y = 1,0821x -1,6801	0,97	NS	1,46	0,72
NNH ₃ *	116	121	y = 0,9199 x +13,862	0,93	NS	1,46	0,72
NSOL	0,42	0,41	y = 0,5811 x +0,1624	0,90	NS	1,45	0,69
Láctico*	1467	1538	y = 1,0495 x - 1,9283	0,92	NS	1,48	0,73
Butírico*	307	292	y = 0,9552 x - 1,0483	0,93	NS	1,43	0,77

MS: Materia seca; NSOL: g Nitrógeno Soluble /100mLde jugo; *: g/100mL de jugo; R²: Coeficientes de correlación; P: Significación estadística; P>0,05= No significativo (NS); y = valor predicho; x = valor de referencia; GH: Distancia de Mahalanobis; NH: Distancia vecinal

Además, no se detectaron diferencias estadísticamente significativas entre los valores predichos vía NIRS y los datos de referencia vía húmeda. En todos los parámetros fermentativos se obtuvieron coeficientes de correlación superiores a 0,90, a excepción del pH. Estos resultados han permitido dar validez a los resultados NIRS predichos con la ecuación desarrollada por González *et al.* (2009) y posibilitar su posterior transferencia a otros tipos de instrumentación.

A continuación, para llevar a cabo la transferencia de esta ecuación NIRS al equipo portátil, se recogió la huella espectral de las 32 muestras del SET B en ambos instrumentos. En la Figura 1a se puede observar el espectro medio de esta población en el equipo de referencia (monocromador 6500) y en el de red de diodos (CORONA). A la vista de las diferencias tanto en lo referente al rango espectral (400-2500nm vs. 302-1711 nm) como a la respuesta en reflectancia, se realizó una estandarización en el rango de medida coincidente de ambos equipos (400-1710 nm), para que los espectros del CORONA (satélite) fueran semejantes a los del NIRS 6500 (master). En la Figura 1b, se puede observar la concordancia entre espectros medios del SET B recogidos en ambos equipamientos tras la estandarización.

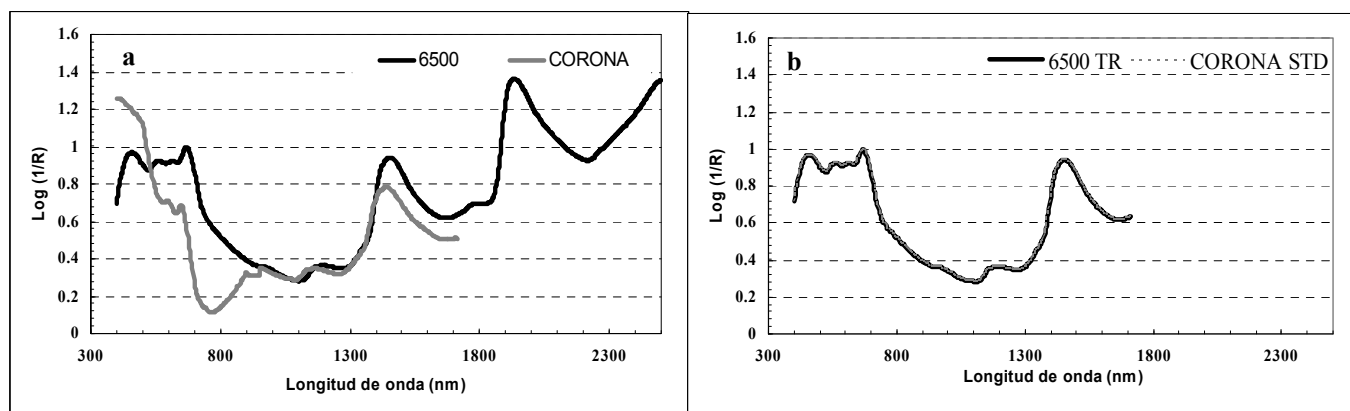


Figura 1. Espectro promedio del colectivo de validación externa (SET B) en ambos equipamientos NIRS: a) espectros originales; b) espectros corregidos por el rango de solapamiento y estandarizados

Para la transferencia definitiva de la ecuación NIRS a equipamientos, para el análisis de parámetros fermentativos en ensilados de hierba en estado natural, se desarrolló nuevamente un modelo de calibración, partiendo de los 240 espectros estandarizados y en el rango común (400-1710 nm). La validación externa de esta nueva ecuación NIRS con la información espectral del SET B recogida en el equipo portátil, no resultó satisfactoria. Por tanto, fue necesario plantear una segunda estrategia de calibración. Para ello, se seleccionaron aleatoriamente 20 espectros entre los 32 del SET B, que se incluyeron en el colectivo de calibración. Se desarrolló nuevamente la ecuación (N=260 muestras), obteniéndose los estadísticos que se muestran en la Tabla 2. Como puede observarse, todos los coeficientes de determinación de la validación cruzada son superiores a 0,70, lo que permitirían el empleo de estos modelos en rutina.

Por último, además de la validación cruzada para evaluar la capacidad predictiva de esta nueva ecuación, se realizó una validación externa con las 12 muestras restantes del SET B que no fueron incluidas en la calibración.

Tabla 2. Estadísticos de las ecuaciones NIRS para el control de calidad de ensilados de hierba en fresco en equipos portátiles (N=240 +20)

Parámetro	ETC	R ²	ETVC	r ²
pH	0,282	0,77	0,316	0,72
MS (%)	2,158	0,92	2,844	0,89
NNH₃*	20,923	0,88	29,266	0,76
NSOL	0,052	0,87	0,068	0,78
Láctico*	491	0,79	575	0,71
Butírico*	231	0,80	275	0,72

MS: Materia seca; NSOL: g Nitrógeno Soluble /100mLde jugo; *: g/100mL de jugo; ETC: Error típico de calibración; R² y r²: coeficientes de determinación de calibración y validación cruzada; ETVC: Error típico de validación cruzada

La comparación estadística, considerando como valores de referencia los obtenidos en el equipo de laboratorio NIRS 6500 y como predichos los obtenidos en el equipo portátil, se detallada en la Tabla 3. Los resultados no muestran diferencias significativas para ningún parámetro de fermentación en ensilados de hierba salvo en el caso del NNH₃ (P=0,05), de difícil precisión debido a su volatilidad.

Tabla 3. Estadísticos del test de comparación de medias entre los valores de referencia (NIRS 6500) y los predichos NIRS con el instrumento de red de diodos (Zeiss Corona) en el colectivo de validación externa de ensilados de hierba en fresco (SET B; n=12)

Parámetro	Referencia NIRS 6500	Predicho NIRS Zeiss Corona	P
pH	4,79	4,69	NS
MS (%)	31,26	32,84	NS
NNH₃ *	136	173	0,05
NSOL	0,45	0,65	NS
Láctico*	1397	1617	NS
Butírico*	835	724	NS

MS: Materia seca; NSOL: g Nitrógeno Soluble /100mLde jugo; *: g/100mL de jugo; P: Significación estadística; P>0,05= No significativo (NS)

CONCLUSIONES

La concordancia estadística de los resultados obtenidos entre un equipo NIRS de laboratorio y un equipo portátil, permite dar el primer paso para la utilización de estos últimos como sensores instantáneos, a partir de las bibliotecas espectrales ya existentes, y en este caso concreto para el control de calidad de ensilados en campo. Para la transferencia de ecuaciones NIRS, es necesario: (1) estandarización de los instrumentos; (2) desarrollo de los modelos existentes en el rango de solapamiento de longitudes de onda de los equipos NIRS y (3) inclusión en el colectivo de calibración de la información espectral de algunas muestras recogida en el equipamiento al que se va transferir la ecuación NIRS.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean expresar su agradecimiento al INIA por la financiación de los proyectos INIA RTA2006-00082-C02 y PCTI (EQUIP08-15), así como al personal técnico del Área de Nutrición, Pastos y Forrajes del SERIDA por su colaboración.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CHAMBERLEIN, A.T.; WILKINSON, J.M., 1996. *Feeding the dairy cow*. Ed. Chalcombe Publication, 241pp. Marlow (UK).
- FERNANDEZ-AHUMADA, E.; GARRIDO-VARO, A.; GUERRERO-GINEL, J.E., 2008. Feasibility of Diode-Array Instruments to carry Near Infrared Spectroscopy from laboratory to feed process control. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **56**, 3185-3192.
- GONZÁLEZ, M.A.; MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ, A.; MODROÑO, S.; SOLDADO, A.; DE LA ROZA-DELGADO, B., 2009. Desarrollo de modelos NIRS para el control de calidad de ensilados de hierba en fresco. En: *La multifuncionalidad de los pastos: producción ganadera sostenible y gestión de los ecosistemas*. Actas de la XLVIII RC de la SEEP., 287-293.
- ISI, 2000. The complete software solution using a single screen for routine analysis, robust calibrations, and networking. Manual. FOSS NIRSystems/TECATOR. Infrasoft International, LLC. Sylver Spring MD, USA.
- MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ, A.; VICENTE, V.; SOLDADO, A.; MODROÑO, S.; GALIANO, R.; ROZA-DELGADO, B. de la., 2007. Evaluation of NIRS mathematical models to establish quality control of grass silages: External validation. En: *Permanent and Temporary Grassland Plant, Environment and Economy*. EGF 2007, p36. Ed. A. de Vlieghe and L. Carlier. Ghent (Bélgica).
- MURRAY, I., 2004. Scattered information: philosophy and practice of near infrared spectroscopy. En: Proceedings of the 11th International Conference. 1-12. Ed. A.M.C. DAVIES, A. GARRIDO-VARO. NIR Publications, Chichester, (UK).
- OFFER, N. W.; ROOKE, J. A.; DEWHURST, R. J.; THOMAS, C., 1993. Rapid assessment of silage fermentation characteristics by electrometric titration. *British Society of Animal Production Winter Meeting*, Paper XIX. Scarborough (UK)
- ROZA-DELGADO, B. de la; SOLDADO, A.; MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ, A.; VICENTE, F.; MODROÑO, S., 2006. NIRS as a tool to predict nutritive quality of raw Total Mixed Rations with silages incorporated. En: *Sustainable Grassland Productivity. Grassland Science in Europe*, **11**, 571-573. Ed: J. Lloveras; A. González-Rodríguez; O. Vázquez Yáñez; J. Piñeiro; O. Santamaría; L. Olea y M. J. Poblaciones.
- SHENK, J. S.; WESTERHAUS, M. O., 1996. Routine operation and calibration development manual. NIRSystems, Tech Toad, Silver Spring, MD 20904. PN IS-0119. USA.
- SOLDADO, A.; MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ, A.; MODROÑO, S.; GALIANO, R. DE LA ROZA-DELGADO., B., 2007. NIRS as alternative to chromatographic technique to predict final fermentation products in raw undried silages. En: *Permanent and Temporary Grassland Plant, Environment and Economy*. EGF 2007, p37. Ed.: A. de Vlieghe & L. Carlier (Bélgica)
- SOLDADO, A.; MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ, A.; PEDROL, N.; MARTÍNEZ, A.; DE LA ROZA-DELGADO., B., 2008. Aplicación de la tecnología NIR para la determinación de la composición botánica de praderas. En: *XLVII Reunión Científica de la SEEP. Pastos, clave en la gestión de los territorios: Integrando disciplinas*, 113-120.

TRANSFERENCE OF NIRS EQUATIONS DEVELOPED ON LABORATORY INSTRUMENTS TO PORTABLE EQUIPMENTS FOR ON SITE GRASS SILAGE QUALITY CONTROL

SUMMARY

Several researches have deepened on NIRS technology as an effective tool for quality control in agrofood field. Therefore, the purpose of this study has been to validate NIRS equations, developed in laboratory instruments (at-line) to predict fresh grass silage quality, and to evaluate their predictive capability in portable systems (on-site). The equations were developed on a FossNIRSystem 6500 (400-2500nm) instrument in the Animal Nutrition Laboratory (SERIDA) and they were externally validated using 36 fresh grass silage samples from different farms from Cantabrian Coastal area. The prediction performance of the portable instrument was tested after including in the calibration set the spectral information of 20 grass silage samples recorded in the Zeiss Corona 45 VisNIR1.7. This model was validated by comparing with a t-test the predicted values obtained for 12 different external samples on both instruments simultaneously (at-line and on-site instruments).

The statistical agreement showed by these results manifests the feasibility of portable instruments as effective and immediate tool for on- site (on field) quality control.

Keywords: NIRS, transfer strategy, on-line analysis, silage.

EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DE MEZCLAS DE LEGUMINOSAS PRATENSES ANUALES

M. MURILLO VILANOVA, F. GONZÁLEZ LÓPEZ, J. PAREDES GALÁN Y P. M. PRIETO
MACÍAS

Departamento de Producción Forestal y Pastos, Centro de Investigación Finca La Orden, 06187 Guadajira, Badajoz.

RESUMEN

Se han evaluado y seleccionado distintas mezclas de pratenses para la recuperación de áreas de pastos de secano del suroeste español. Estas áreas de clima semiárido, con distribución irregular de las lluvias entre estaciones y años, se caracterizan por sus suelos ácidos y poco profundos, con bajo contenido en materia orgánica y nutrientes, principalmente fósforo y nitrógeno. Estas condiciones edafoclimáticas suponen los principales factores limitantes para el desarrollo de los pastos. De las mezclas evaluadas, constituidas por distintas especies y dosis de leguminosas pratenses anuales, se seleccionaron dos, para las áreas de estudio, por su productividad, equilibrio y persistencia. Ambas estaban compuestas por una dosis total de 20 kg/ha de *Trifolium subterraneum*, *T. striatum*, *T. glomeratum*, *T. cherleri*, *Ornithopus compressus* y *Biserrula pelecinus*, una de ellas con el mismo número de semillas para todas las especies y la segunda con una cantidad de cada especie proporcional a las dosis usadas normalmente en la siembra de monocultivo.

Palabras clave: *Biserrula*, *Medicago*, *Ornithopus*, *Trifolium*, pasto

INTRODUCCIÓN

Los pastos representan la principal riqueza de extensas áreas del oeste y suroeste peninsular, zonas de clima semiárido cuya principal vocación productiva es la ganadera y, de manera secundaria, la silvícola y la agrícola. Estas zonas de pastos presentan amplias áreas con evidentes signos de erosión y degradación, principal consecuencia de prácticas y labores agrícolas inadecuadas que contribuyen a la pérdida de especies vegetales y al desplazamiento de variedades autóctonas por otras de menor interés pastoral, lo que supone una disminución en la calidad de los pastos. La recuperación de estas zonas debe basarse, fundamentalmente, en la restauración de la cubierta vegetal perdida.

Según Montoya (1981), para conseguir el establecimiento y persistencia de una población vegetal, es necesario que las especies a utilizar se encuentren adaptadas al medio y presenten una diversidad suficiente para hacer frente a las limitaciones ecológicas. En los sistemas de dehesa, las leguminosas anuales tienen especial importancia como especies pratenses por su calidad, sus mecanismos de dureza seminal que les permiten persistir y producir en ambientes limitantes con marcada aridez estival y su capacidad de fijar importantes cantidades de nitrógeno atmosférico, aumentando la fertilidad de los suelos y satisfaciendo las necesidades nutricionales de otras plantas (Arevalillo *et al.*, 1997). La presencia de distintas especies y cultivares de leguminosas, adaptadas a las condiciones locales, garantiza una mayor probabilidad de alcanzar un pasto productivo, equilibrado y persistente. Según Rivas Goday (1964) y Moreno y Gallardo (1983), las especies *Trifolium subterraneum* L., *Trifolium glomeratum* L., *Trifolium striatum* L., *Trifolium cherleri* L., *Medicago polymorpha* L., *Ornithopus compressus* L. y *Biserrula pelecinus* L. presentan un alto valor forrajero y están presentes, en mayor o menor proporción, en los buenos pastos.

Una extensa colección de ecotipos autóctonos de estas leguminosas se encuentran en el Banco de Germoplasma situado en la “Finca La Orden”, de la Junta de Extremadura, que comenzó a formarse en 1967, como consecuencia de los trabajos de mejora que se llevaban a cabo con *Trifolium subterraneum*. Recolecciones sucesivas han permitido disponer de suficiente material vegetal autóctono para su estudio y evaluación (González, 1994; González *et al.*, 1998). El uso de estas especies garantiza una mayor persistencia de la vegetación, característica tan importante, o más, que la productividad (Wolfe, 1998). Los trabajos desarrollados durante años han proporcionado una primera selección de ecotipos productivos y bien adaptados a nuestro medio, material necesario para la elaboración de mezclas persistentes. Así, mediante la evaluación y selección en condiciones reales, este trabajo aborda la búsqueda de mezclas de distintas especies y ecotipos de leguminosas pratenses anuales, productivas, equilibradas y persistentes, capaces de sobrevivir en las condiciones adversas de la dehesa y de soportar el estrés producido por las condiciones de sequía.

MATERIAL Y MÉTODOS

Los ensayos se establecieron en cuatro fincas de suelo franco-limoso y pH ácido: La Cobacha, La Orden, San Rafael y Valdesequera. Tras la práctica de las labores necesarias se fertilizó el terreno con superfosfato y se realizó la siembra en octubre, a mano y a voleo, tapando posteriormente la semilla. El diseño experimental se estableció en bloques al azar con tres repeticiones, en parcelas de 6mx2 m.

Los ecotipos utilizados en este proyecto proceden de los trabajos de selección llevados a cabo, durante años, en la Finca La Orden. Con ellos se elaboraron ocho mezclas distintas, estableciendo para todas ellas una dosis total de 20 kg/ha. La mezcla base (M1) incluía el mismo número de semillas para todas las especies, calculado en función del peso de 1000 semillas. También se sembraron dichas especies en monocultivo (M0) con la misma dosis que en M1. El resto de las mezclas se elaboró siguiendo distintos criterios, basados tanto en los datos obtenidos en consultas bibliográficas como en experiencias propias de trabajos anteriores. Las dosis de siembra se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Dosis de siembra (kg/ha) de las mezclas (M1-M8) y monocultivos (M0)

Especie	M0	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
<i>Trifolium subterraneum</i>	7,9	7,9	2,9	7,0	5,5	9,8	3,3	10,9	5,9
<i>Trifolium striatum</i>	1,9	1,9	2,9	2,5	2,8	2,4	3,3	2,1	3,3
<i>Trifolium glomeratum</i>	0,4	0,4	2,9	1,0	0,6	0,5	3,3	0,6	1,1
<i>Trifolium cherleri</i>	2,0	2,0	2,9	3,2	2,8	2,5	3,3	2,1	3,3
<i>Ornithopus compressus</i>	2,5	2,5	2,9	2,1	3,5	3,1	3,3	2,8	4,0
<i>Biserrula pelecinus</i>	1,4	1,4	2,9	1,2	2,0	1,7	3,3	1,5	2,4
<i>Medicago polymorpha</i>	3,9	3,9	2,9	3,0	2,7	0,0	0,0	0,0	0,0
TOTAL kg/ha		20	20	20	20	20	20	20	20

En cada uno de los tratamientos, mezclas y monocultivos, se realizaron controles periódicos de proteína bruta, producción de materia seca, producción de semilla (separación y conteo manual tras el agostamiento del pasto), nascencia y persistencia (conteo de plantas en cuadrados de 25 cmx25 cm, lanzados a lo largo de un transecto en cada parcela). Se practicó, mediante corte, un pastoreo simulado.

Los datos se analizaron con el programa estadístico SPSS. Al final del primer año, los resultados obtenidos permitieron seleccionar las mezclas de mayor éxito y, a su vez, plantear nuevas mezclas. La nueva siembra se realizó en octubre, en las cuatro fincas, de la misma forma que el año anterior, sometiéndose esta vez a un pastoreo controlado con ganado ovino. Se realizaron los mismos controles periódicos que el primer año en todas las parcelas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante el primer año, la excesiva proliferación de malas hierbas impidió la toma de datos en Valdesequera. Las otras tres fincas experimentales presentaron diferencias significativas, fácilmente detectables en el análisis de componentes principales (Figuras 1 y 2).

Matriz de componentes

	1	2	3
Nº plantas T.sub	,677	,294	,162
Nº plantas T.str	-,248	-,833	,200
Nº plantas T.glom	-,242	-,602	,288
Nº plantas T.ch	,731	,413	-,334
Nº plantas O.c	,508	6,115E-02	,701
Nº plantas B.p	-,576	,483	,546
Producción (kg/ha)	-,850	,173	6,458E-03
Prod.semillas T.sub	-,229	,721	,525
Prod.semillas T.str	,940	-3,643E-04	3,581E-02
Prod.semillas T.glom	-,318	,449	-,279
Prod.semillas T.ch	-,355	,661	,136
Prod.semillas O.c	,815	,185	,184
Prod.semillas B.p	-,171	,386	-,661

% de la varianza acumulado

Componente 1: 32,960
 Componente 2: 55,429
 Componente 3: 70,011

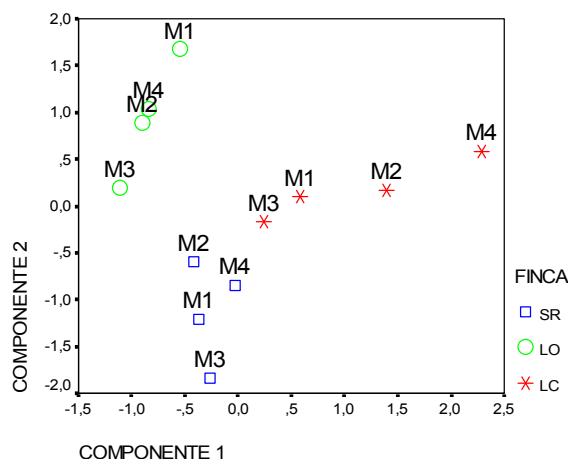
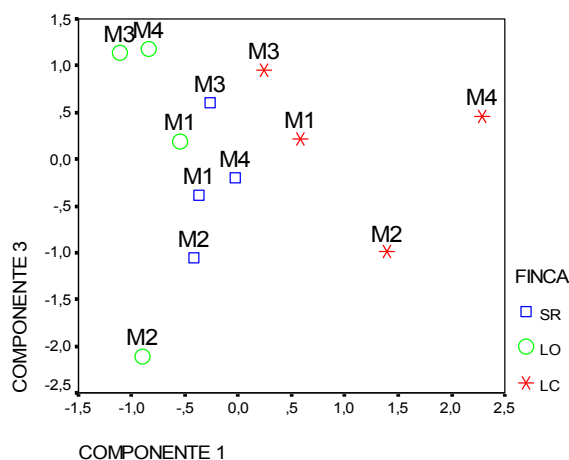


Figura 1. Análisis de Componentes Principales, mezclas de seis especies

Mediante este análisis estadístico y la interpretación de los datos de nascencia, producción de materia seca, producción de semilla y competencia entre especies (mediante comparación de las mezclas con los monocultivos), se establecieron los siguientes criterios para la elaboración de las nuevas mezclas (Tabla 2):

1. Las mezclas que contenían el mismo número de semillas (M1) y misma dosis de siembra para todas las especies (M6), fueron las más equilibradas y productivas.

- El número de semillas de *T. subterraneum* debía reducirse en M3, M5 y M7, ya que la competencia que ejercía éste amenazaba la persistencia de las demás especies en las mezclas. Así, se elaboraron dos nuevas mezclas, M9 y M11 (esta última sólo en La Orden). Se calculó, para M11, la dosis normalmente utilizada para cada especie en cultivo puro. M9 se elaboró de la misma forma, pero intercambiando las dosis de *T. striatum* y *T. glomeratum*, para favorecer la mayor presencia del *T. glomeratum*, debido a su menor vigor de crecimiento.
- El escaso desarrollo de *M. polymorpha* en los suelos con pH<6 quedó patente en dos de las fincas. En San Rafael (pH = 6,43), sin embargo, el medicago ejerció una excesiva competencia sobre el resto de especies, por lo que el año siguiente sólo se introdujo en una nueva mezcla, M10, elaborada con el mismo número de semillas para todas ellas.

Tabla 2. Dosis de siembra (kg/ha)

Especie	M0	M1	M6	M9	M10	M11
<i>Trifolium subterraneum</i>	7,9	7,9	3,3	5,9	6,0	5,9
<i>Trifolium striatum</i>	3,3	3,3	3,3	1,6	2,5	3,3
<i>Trifolium .glomeratum</i>	0,6	0,6	3,3	3,3	0,5	1,6
<i>Trifolium cherleri</i>	3,6	3,6	3,3	3,3	2,7	3,3
<i>Ornithopus compressus</i>	2,8	2,8	3,3	3,3	2,1	3,3
<i>Biserrula pelecinus</i>	1,8	1,8	3,3	2,6	1,3	2,6
<i>Medicago polymorpha</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	4,8	0,0
Total (kg/ha)	20,0	20,0	19,8	20,0	20,0	20,0

El desarrollo de las plantas, las pautas de crecimiento de las mezclas y la proporción de especies dentro de ellas, fueron similares en los cuatro enclaves, no así la producción anual, observándose grandes diferencias entre las fincas (Figura 3), con un mínimo de 870 kg MS/ha (M6, San Rafael) y un máximo de 6309 kg MS/ha (M10, Valdesequera). Las mezclas, sin embargo no presentaron diferencias en el contenido de proteína bruta, siendo del 27% en marzo y 16% en mayo en todas las fincas.

La comparación de las mezclas con las especies en monocultivo (Figura 4) pone de manifiesto la elevada supervivencia de trébol subterráneo, que compite con las demás especies, que ven reducida su persistencia. *T.cherleri* y *T.glomeratum* fueron los más perjudicados en este aspecto. A pesar de su baja supervivencia, destaca el elevado número de plantas de *T.glomeratum* en M6 y M9 (Figura 5) lo que, unido a su alta producción de semillas (Tabla 3) puede compensar, en años siguientes, la pérdida de esta especie en las mezclas. Por el contrario, la escasa producción de semillas de *T.striatum* (Tabla 3) podrá afectar, en años sucesivos, la persistencia de esta especie.

Tabla 3. Producción de semillas (kg/ha) de cada especie en las mezclas de siembra.

Mezcla	T.sub	T.str	T.glom	T.cher	O.comp	B.pel	M.pol	total
M1	97	55	76	165	118	75	-	585
M6	28	28	214	131	74	53	-	529
M9	60	15	151	129	178	83	-	616
M10	53	18	33	75	75	38	182	474
MEDIA	60	29	119	125	111	62	182	551

Las mezclas M1 y M10 presentaron mayor equilibrio entre las especies, aunque *Medicago polymorpha* volvió a revelarse como la especie más competente y productiva en suelos de pH>6, lo que puede afectar al futuro equilibrio de la mezcla M10.

Se analizaron también por separado los datos obtenidos en La Orden, única finca en la que se sembró M11. A pesar de que esta mezcla y M9 produjeron la misma cantidad de materia seca (5730 kg/ha), M11 presentó mayor porcentaje de nascencia y resultó más equilibrada.

CONCLUSIONES

La recuperación de áreas de dehesa degradadas debe basarse fundamentalmente en la restauración de la vegetación perdida, devolviéndole al pasto su diversidad original. Esta diversidad, introducida con las mezclas de siembra, debe complementarse con una buena productividad y un correcto equilibrio que permita su persistencia. De las especies estudiadas, *Medicago polymorpha* ejerció excesiva competencia sobre las demás especies en aquellos suelos con pH>6, mientras *Trifolium glomeratum* fue la más afectada por la competencia. Así, las mezclas que resultaron más equilibradas, productivas y potencialmente persistentes, fueron aquellas en las que, para una dosis total de 20kg/ha de *Trifolium subterraneum*, *T. striatum*, *T. glomeratum*, *T. cherleri*, *Ornithopus compressus* y *Biserrula pelecinus*, se empleó el mismo número de semillas para todas las especies o una cantidad de cada especie proporcional a las dosis usadas normalmente en las siembras de cultivo puro. Será necesario, sin embargo, el seguimiento de las mezclas durante unos años, para comprobar su evolución en el tiempo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AREVALILLO, A. M.; GONZALEZ, G.; GONZALEZ CRESPO, D. G., 1997. Pastagens extensivas do sudoeste de la Península Ibérica: Produzir mais conservando melhor. *Actas de XXXVII Reunión de la SEEP*, 163-182.
- GONZALEZ LOPEZ, F., 1994. *Variedades españolas de Trébol subterráneo*. Ed. Consejería de Agricultura y Comercio, Junta de Extremadura, 31pp. Mérida (España).
- GONZALEZ, F.; MORENO, V.; PANIAGUA, M., 1998. *Prospección, recogida, multiplicación, caracterización y documentación de leguminosas pratenses y arbustos forrajeros en áreas degradadas del S.O. de la Península Ibérica*. Memoria – SIA, Junta de Extremadura, Mérida, (España).
- MONTOYA, J. M., 1981. Las limitaciones ecológicas en los procesos de selección de *Tr. subterraneum* y otras especies pascícolas anuales. *Pastos*, **11(1)**, 137-144.
- MORENO, V.; GALLARDO D., 1983. Avances en la evaluación de leguminosas anuales distintas del trébol subterráneo. *Actas de XXIII reunión de la SEEP*. Sevilla.
- RIVAS GODAY, S., 1964. *Vegetación y flora de la cuenca Extremeña del Guadiana*. Diputación Provincial de Badajoz, 777pp. Badajoz (España).
- WOLFE, E. C., 1998. Pasture species-persistence or productivity?. 25 years of the Riverina Outlook Conference, Wagga Wagga 1973-1998.

EVALUATION AND SELECTION OF ANNUAL LEGUME PASTURE MIXTURES

SUMMARY

Different pasture mixtures have been evaluated for the recovery of grazing areas of Southwest Spain. These areas of semi-arid climate, with irregular seasonal and annual distribution of rainfall, are characterized by shallow acid soils with low organic matter content and nutrients, mainly phosphorus and nitrogen. These soil and climatic conditions are the main constraints for the development of pastures. Two of the evaluated annual pasture legumes mixtures, were selected for the study areas because of their productivity, balance and persistence. Both, with a total dose of 20 kg/ha, included *Trifolium subterraneum*, *T. striatum*, *T. glomeratum*, *T. cherleri*, *Ornithopus compressus* and *Biserrula*

pelecinus. One of them with the same number of seeds for all the species and the second one with a quantity of each species proportional to the doses used in monoculture.

Key words: *Biserrula*, *Medicago*, *Ornithopus*, *Trifolium*, pasture

Matriz de componentes

	1	2	3
Nº plantas T.sub	,384	-,457	-,723
Nº plantas T.str	-,171	,652	-,175
Nº plantas T.glom	-,556	,795	,133
Nº plantas T.ch	,596	,609	-4,90E-02
Nº plantas O.c	,702	,260	-,329
Nº plantas B.p	,592	,442	-5,39E-02
Producción (Kg/ha)	,105	-,884	-2,80E-02
Prod.semillas T.sub	,647	-,381	,381
Prod.semillas T.str	,561	,155	-,562
Prod.semillas T.glom	,641	-,107	,208
Prod.semillas T.ch	,677	6,320E-02	,632
Prod.semillas O.c	,773	,234	-,351
Prod.semillas M.p	-,238	,138	,316
Prod.semillas B.p	,730	7,067E-02	,644

% de la varianza acumulado

Componente 1: 32,024

Componente 2: 53,047

Componente 3: 68,949

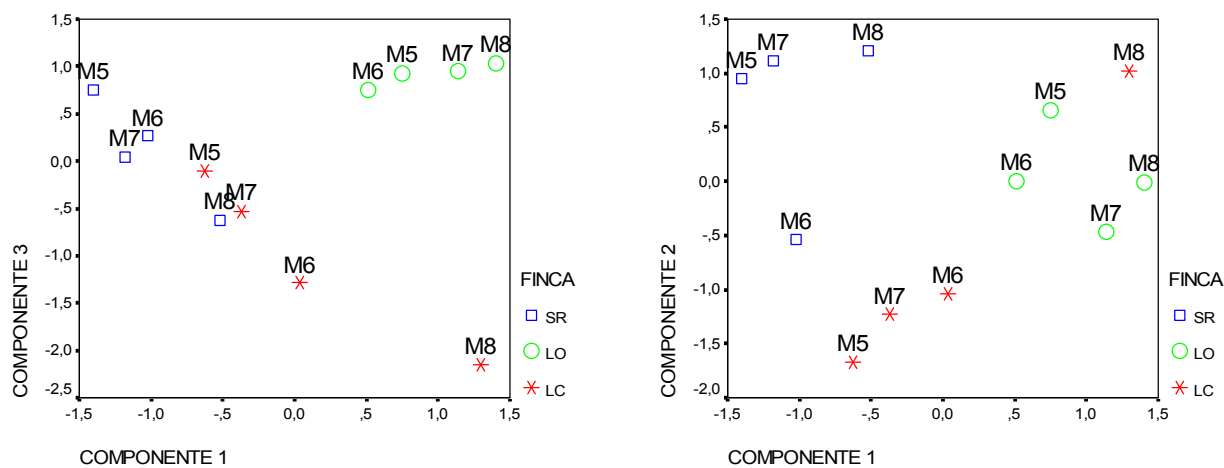


Figura 2. Análisis de Componentes Principales, mezclas de siete especies

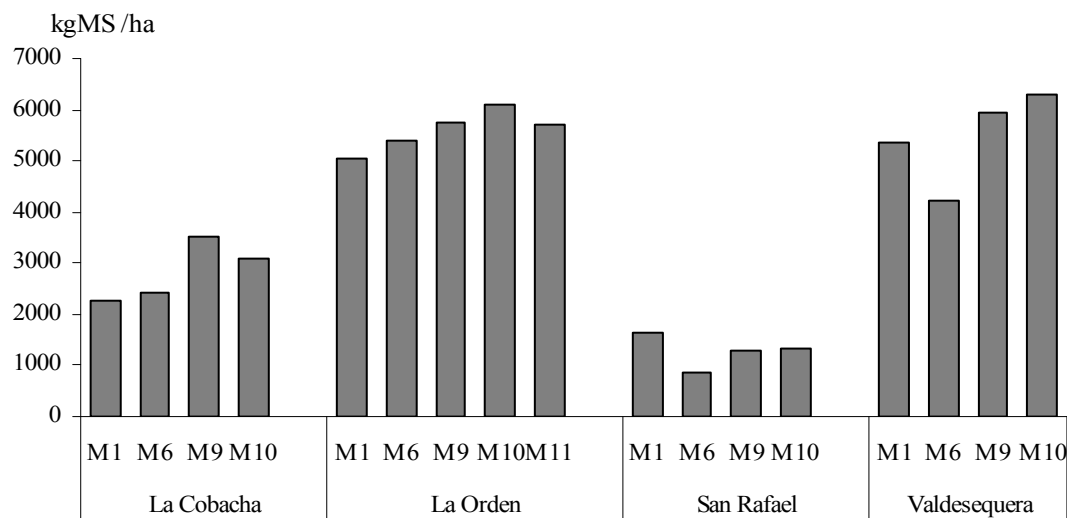


Figura 3. Producción media de las distintas mezclas en las cuatro fincas experimentales

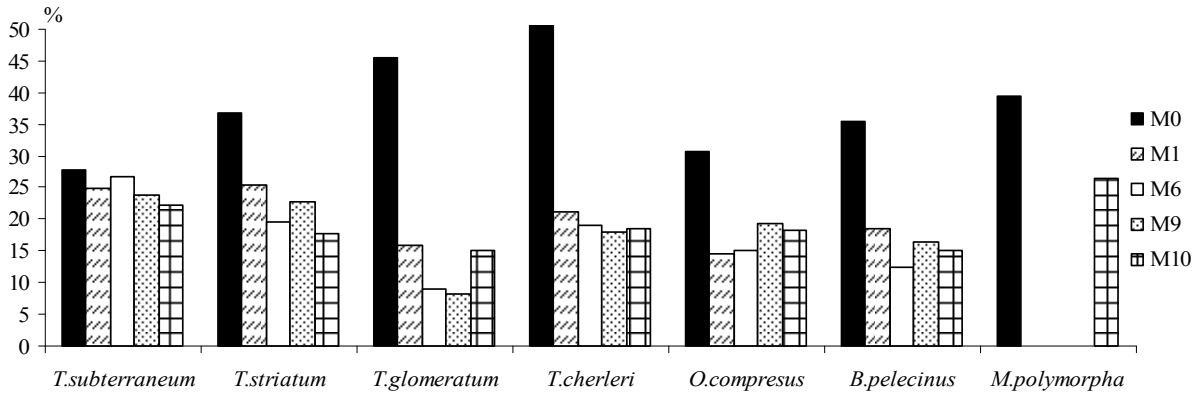


Figura 4. Porcentaje de supervivencia de las especies en monocultivo (M0) y mezclas

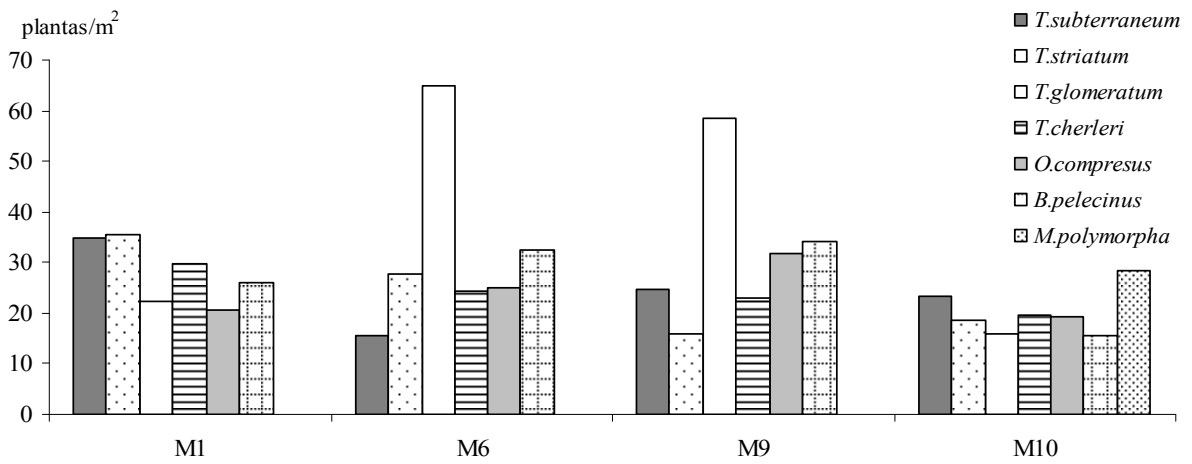


Figura 5. Número de plantas por unidad de superficie persistentes en primavera

EFFECTO DE FERTILIZANTES SOBRE LA PRODUCCIÓN DE BIOMASA Y PARÁMETROS DE CALIDAD EN PASTOS HERBÁCEOS DE DEHESA DESPUÉS DE TRES AÑOS CONTINUADOS DE APLICACIÓN

O. SANTAMARÍA, M.J. POBLACIONES, L. OLEA, S. RODRIGO, F.J. VIGUERA Y T. GARCÍA-WHITE

Departamento de Ingeniería del Medio Agronómico y Forestal (U. de Extremadura). Escuela de Ingenierías Agrarias. Ctra. Cáceres s/n, 06071 Badajoz.

RESUMEN

La dehesa es un sistema agrosilvopastoral muy extendido en el S.O. de la Península Ibérica. Los pastos, principal aprovechamiento, pueden ser mejorados entre otras prácticas mediante fertilización. Con el fin de evaluar el efecto de distintos productos fertilizantes sobre la producción y diferentes parámetros de calidad del pasto (proteína, fibra y lignina), se inició un proyecto de investigación en el año agrícola 2006/07. En la presente comunicación se presentan los resultados obtenidos en el tercer año de estudio (2008/09). El trabajo se realizó en una dehesa de Extremadura tanto en pasto natural como en pradera. Se realizaron 8 tratamientos y las aplicaciones se hicieron en superficie en otoño. Se realizaron 2 cortes en el periodo de acotamiento al pastoreo (de marzo a junio), uno a mediados de primavera y otro a finales. Aunque sin significación estadística, los tratamientos fertilizantes tendieron a producir una mayor cantidad de biomasa que el testigo no fertilizado, llegando a incrementos de hasta el 50% en algún caso. En cuanto a los parámetros de calidad, el tratamiento T2 (300 kg-ha⁻¹ Thomaskali) produjo un pasto con un contenido de proteína bruta significativamente mayor que el resto de tratamientos.

Palabras clave: fibra, lignina, pasto natural, pradera, proteína bruta.

INTRODUCCIÓN

La dehesa es un sistema agrosilvopastoral que se extiende por todo el S.O. de la Península Ibérica. Los pastos herbáceos suponen su principal aprovechamiento, y debido a la irregularidad climática de estas zonas su producción es limitada y muy variable, tanto en cantidad como en calidad. Una de las prácticas usadas para incrementar estas producciones ha sido la fertilización; si bien, al ser una operación costosa, solo será aplicable cuando produzca un aumento significativo en la calidad y en la producción de biomasa. Esta premisa se alcanza bajo condiciones de baja fertilidad de suelo, como suele ocurrir en la dehesa (Olea y San Miguel, 2006), siendo la fertilización fosfórica, con superfosfato de cal, la más utilizada (Olea *et al.*, 2005). Con el fin de evaluar el efecto de distintos productos fertilizantes sobre la producción de biomasa y diferentes parámetros de calidad (proteína bruta, fibra neutro detergente, fibra ácido detergente y lignina ácido detergente) del pasto de dehesa, se inició un proyecto de investigación en el año agrícola 2006/2007. En la presente comunicación se presentan por tanto los resultados obtenidos tras tres años de fertilización continuada.

MATERIAL Y MÉTODOS

Los experimentos fueron realizados en una dehesa representativa del S.O. de la provincia de Badajoz (Coordenadas UTM: x = 686227,9; y = 4243406,1), dedicada a la producción de pastos con

aprovechamiento directo mediante pastoreo con ganado ovino y porcino. Su clima es semiárido mediterráneo con una pluviometría anual y temperatura media (media de los 30 últimos años) de 653 mm y 16,1 °C respectivamente. La temperatura media durante el año de estudio fue más baja que la del año medio (13,5 °C). Las precipitaciones (577,4 mm) fueron menores que en el año medio, obteniéndose las mayores en invierno (324 mm) seguidas de las de otoño (153,4 mm), y las de primavera (88 mm).

El estudio se planteó en 2 ensayos, uno sobre pasto natural y el otro sobre pradera. Las características iniciales del suelo fueron: suelos ácidos (pH=5,6) y con niveles de fertilidad medio-altos, mayores en pasto natural (16 ppm de P asimilable y 37,48% de arcilla) que en pradera (8 ppm de P y 31,01 % de arcilla). El pasto natural estaba formado fundamentalmente por gramíneas: *Bromus* spp, *Lolium rigidum* Gaud, *Hordeum murinum* L.; leguminosas: *Ornithopus compressus* L., *Biserrula pelecinus* L. y varias especies del género *Trifolium* y otras plantas de la familia de las crucíferas y de las plantagináceas. En cuanto a la pradera, ésta fue instaurada un año antes del comienzo del ensayo, en el 2005, con una mezcla de *T. subterraneum* L. (mezcla de 4 variedades) y *Lolium multiflorum* Lam. (tipo bianual).

Se evaluaron 3 productos fertilizantes: Thomaskali (12% CaO, 12% P₂O₅, 18% K₂O, 4% MgO, 3% S), Kainita (20% Na, 11% K₂O, 5% MgO, 4% S) y Kieserita (50% SO₃, 25% MgO), de la misma casa comercial (K+S KALI GMBH, Kassel, Alemania), además del superfosfato de cal (29% CaO, 27% SO₃, 18% P₂O₅, Intergal Española S.A., Madrid), con distintas dosis formando 8 tratamientos (Tabla 1) distribuidos al azar en bloques completos con 4 repeticiones (por tanto, 4 bloques por tipo de pasto; y los 8 tratamientos por bloque). Cada repetición de cada tratamiento se emplazó en parcelas unitarias de 6x3 m².

Cada año, los aportes de los distintos fertilizantes se realizaron a voleo, en cobertera y después de las primeras lluvias otoñales. En la zona se realizó un pastoreo continuo diferido, retirando a los animales del área de ensayo entre el 1 de marzo y el 30 de junio para así controlar la producción en ese periodo mediante 2 cortes, uno realizado a mediados de primavera y otro a finales de primavera-principios de verano. Sobre las 128 muestras de biomasa recogidas se determinó la materia seca total (MS), como la suma de la recogida en ambos cortes, proteína bruta (PB), fibra neutro detergente (FND), fibra ácido detergente (FAD) y lignina ácido detergente (LAD) según los procedimientos habituales (PB: Método de Dumas, AOAC, 1995; FND, FAD y LAD: Van Soest, 1963).

Tabla 1. Tratamientos evaluados

Trat.	Producto-dosis	Trat.	Producto-dosis
S	250 kg·ha ⁻¹ Superfosfato de cal	M2	200 kg·ha ⁻¹ de Kainita + 100 kg·ha ⁻¹ de Thomaskali
T1	175 kg·ha ⁻¹ Thomaskali	K1	80 kg·ha ⁻¹ de Kieserita + 100 kg·ha ⁻¹ de Thomaskali
T2	300 kg·ha ⁻¹ Thomaskali	K2	125 kg·ha ⁻¹ de Kieserita + 100 kg·ha ⁻¹ de Thomaskali
M1	150 kg·ha ⁻¹ de Kainita + 100 kg·ha ⁻¹ de Thomaskali	B	Testigo sin fertilizar

La comparación del efecto de los distintos tratamientos sobre cada uno de los parámetros analizados se realizó mediante ANOVA, considerando los efectos principales (tipo de pasto y/o momento del corte y tratamiento) y sus interacciones. Además se realizaron comparaciones múltiples mediante

test LSD de Fisher para ver las diferencias entre los distintos tratamientos en el caso de diferencias significativas en el ANOVA.

RESULTADOS

Análisis conjunto de los ensayos en pasto natural y pradera

En cuanto a la producción de biomasa en el periodo acotado al pastoreo (suma de los dos cortes), no hubo diferencias significativas ($p > 0,05$) entre la obtenida en pasto natural ($3258,2 \text{ kg MS}\cdot\text{ha}^{-1}$) y en pradera ($3208,8 \text{ kg MS}\cdot\text{ha}^{-1}$). En los parámetros de calidad, la PB fue significativamente mayor en pradera (14,4%) que en pasto natural (12,9%). Ni en las fibras ni en la lignina hubo diferencias significativas entre los tipos de pasto, si bien las fibras muestran una tendencia inversa al contenido en proteína: FND (pradera 44,0%; pasto natural 54,2%), FAD (pradera 28,0%; pasto natural 30,9%), y lignina (LAD: pradera 2,9%; pasto natural 2,5%).

Análisis por separado en pasto natural y pradera

Los análisis de la varianza efectuados sobre la producción de biomasa y cada uno de los parámetros de calidad pueden observarse en la Tabla 2.

Tabla 2. ANOVA de los efectos principales (época y tratamiento) y su interacción sobre las variables respuesta: producción (suma de los 2 cortes), PB, fibra ácido detergente (FAD), fibra neutro detergente (FND) y lignina ácido detergente (LAD).

		Producción		Proteína bruta		FND		FAD		LAD		
Fuente	gl	F	p	F	p	F	p	F	p	F	p	
Natural	época (e)	1		4,9	0,03	1,5	0,22	21,9	< 0,01	44,3	< 0,01	
	trat. (t)	7	1,1	0,39	3,2	<0,01	1,2	0,32	1,3	0,30	0,8	0,61
	e*t	7			0,3	0,95	0,5	0,85	0,4	0,87	0,8	0,63
Pradera	época (e)	1		43,3	< 0,01	42,1	< 0,01	61,4	< 0,01	92,6	< 0,01	
	trat. (t)	7	1,5	0,21	1,2	0,34	0,8	0,61	0,4	0,89	1,1	0,40
	e*t	7			1,4	0,25	0,6	0,78	1,3	0,30	1,0	0,44

En ésta se puede observar cómo el momento del corte (época) afectó a todos los parámetros de calidad, con excepción de a la FND en pasto natural. El tratamiento fertilizante únicamente afectó de manera significativa a la proteína, no habiendo diferencias significativas en las producciones de biomasa. No obstante, si que se observó que los fertilizantes tendían a producir mayor biomasa herbácea con respecto al testigo no fertilizado. Dentro de éstos, los tratamientos K2 y S en pasto natural y M1 y T2 en pradera, fueron los que tendían a producir más biomasa (Tabla 3).

En cuanto a los parámetros de calidad, se observó que el pasto obtenido en el primer corte tuvo significativamente un mayor contenido en proteína bruta y un menor contenido en fibra y lignina que el obtenido en el segundo corte (Fig. 1).

Tabla 3. Producciones de biomasa (kg MS/ha año) obtenidas, como suma de los 2 cortes, en cada tipo de pasto y con cada tratamiento. (Medias ± Error estándar).

Tratamiento	Pasto natural	Pradera
B	2795,3 ± 204,0	2715,0 ± 417,6
K1	3122,8 ± 383,2	2869,6 ± 272,0
K2	3731,4 ± 92,7	2756,6 ± 179,2
M1	3238,6 ± 432,9	4056,2 ± 404,9
M2	2989,7 ± 284,8	3239,6 ± 470,3
S	3447,5 ± 335,3	3254,1 ± 199,4
T1	3408,2 ± 435,0	3268,5 ± 727,5
T2	3331,7 ± 216,8	3510,7 ± 374,3

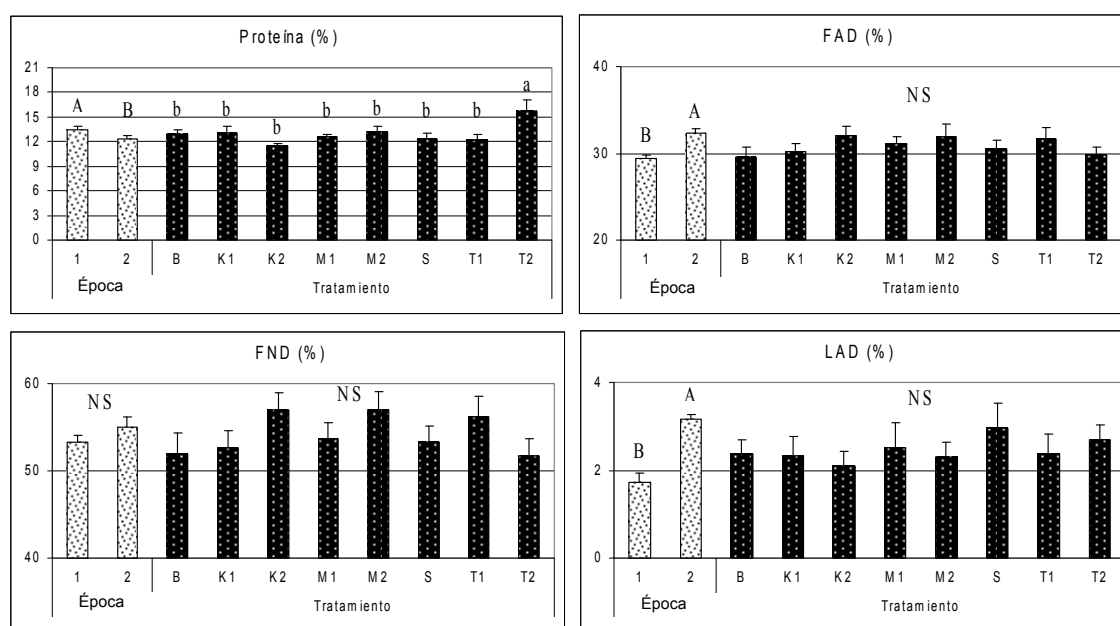


Figura 1. Influencia en pasto natural de los efectos principales considerados, época (1: mediada la primavera; 2: principios de verano) y tratamiento fertilizante, sobre los parámetros de calidad analizados. Las barras verticales expresan el error estándar. Letras distintas, dentro de cada efecto principal, indican diferencias significativas ($p < 0,05$) según el test LSD. NS: No significativo.

Con respecto a los tratamientos, el T2 fue el que produjo biomasa significativamente con mayores contenidos de proteína bruta (Fig. 2). Con respecto a la fibra, aunque no hubo diferencias significativas, si que se observó una tendencia a que el pasto producido tras la aplicación del fertilizante T2 presentaba menores valores de FND y FAD que el producido con la mayor parte del resto de tratamientos. En la Figura 2 sólo se muestran los datos correspondientes a pasto natural ya que fue en el que se observaron mayores diferencias significativas. En pradera la influencia de las diferentes variables consideradas (época y tratamiento) fue similar al pasto natural.

DISCUSIÓN

Con respecto a la producción de biomasa, no se observaron diferencias significativas ni entre tipos de pastos (natural o pradera) ni entre los diferentes tratamientos fertilizantes. Entre los diferentes tipos de pastos si que se encontraron diferencias en los años anteriores de estudio (2006/2007 y

2007/08) a favor del pasto natural (Santamaría *et al.*, 2009). La falta de significación del año del estudio (2008/09) pudo ser debida a que la pradera fue instaurada en el año 2005 y por tanto después de 4 años se haya producido en ésta una cierta naturalización que haya ido igualando la composición botánica. Aun así, en la pradera todavía hubo una mayor proporción de leguminosas que en el pasto natural (datos no mostrados), lo cual estuvo en línea con el hecho de que el contenido de proteína fuera mayor en la pradera que en el pasto natural, dotándole a ésta de una mayor calidad bromatológica.

En ninguno de los años de estudio ha habido diferencias en producción de biomasa entre los diferentes tratamientos aplicados. Para los dos primeros años, esta falta de significación se achacó a la gran variabilidad entre las repeticiones, a los altos valores iniciales de fertilidad (especialmente del fósforo) y a que en ensayos de fertilización, y más con elementos poco móviles como el fósforo, se necesita un número de años alto para que ésta tenga un efecto positivo sobre la biomasa (Santamaría *et al.*, 2009). Para el actual año de estudio (2008/2009), las dos primeras razones se siguen produciendo (ver los altos valores del error estándar en el apartado de resultados), si bien el efecto de la tercera se tendría que ver ya algo compensado después de tres años de aplicaciones consecutivas. No obstante en este año en concreto hay que incluir un nuevo factor, que es la precipitación registrada; y es que se ha constatado (Olea y Paredes, 1997) que en años con pluviometría baja la respuesta del pasto a la fertilización fosfórica es mucho menor, y recordemos que en el año de estudio del presente trabajo la pluviometría fue casi 100 mm menor que la del año medio, especialmente las registradas en primavera. Aun así, y aunque no hubo diferencias significativas, si que se observó que casi todos los fertilizantes tendieron a producir más biomasa que el testigo no fertilizado, con incrementos que en algunos casos llegaron al 33% en el caso del pasto natural (con el tratamiento K2) y al 50% en la pradera (con el tratamiento M1).

En cuanto a los parámetros de calidad, el descenso de la calidad bromatológica (menores valores de proteína y mayores de fibra) según avanzó el ciclo de la planta está en línea con lo constatado en la amplia bibliografía al respecto (Olea *et al.*, 2005). Con respecto a la influencia de los fertilizantes sobre los parámetros de calidad, en los dos primeros años de estudio no hubo diferencias significativas en ninguno de ellos (Santamaría *et al.*, 2009), sin embargo en el presente año de estudio (2008/09), ya empieza a haber un efecto acumulativo de nutrientes en el suelo de tal forma que el tratamiento T2 produjo un pasto con un contenido de proteína bruta significativamente mayor que con el resto de tratamientos. Con el resto de parámetros de calidad (fibra y lignina) se observó también una tendencia a que los fertilizantes produjeron pastos de mejor calidad (menor contenido de fibra, y por tanto mayor digestibilidad del pasto), aunque eso sí, sin diferencias significativas. La principal explicación a este hecho podría venir del mayor porcentaje de leguminosas encontrado en las parcelas fertilizadas frente al testigo no fertilizado.

CONCLUSIONES

Aunque sin significación estadística, los tratamientos fertilizantes tendieron a producir una mayor cantidad de biomasa que el testigo no fertilizado, llegando a incrementos de hasta el 33% para el caso del tratamiento M1 en pradera. En cuanto a los parámetros de calidad, el tratamiento T2 (la mayor dosis de Thomaskali) produjo un pasto con un contenido de proteína bruta significativamente mayor que el encontrado con el resto de tratamientos.

AGRADECIMIENTOS

El presente proyecto ha sido financiado por K+S Kali GMBH a través de un convenio de colaboración con la Universidad de Extremadura. La información climatológica ha sido elaborada por la Agencia Estatal de Meteorología. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AOAC., 1995. *Official Methods of Analysis*. 16th ed. Arlington, USA.

OLEA, L.; PAREDES, J., 1997. Influencia de la superficie disponible y tamaño del rebaño de los pastos mejorados en la producción de la dehesa en el SO de España. *Pastos*, **27**, 219-247.

OLEA, L.; SAN MIGUEL, A., 2006. The Spanish dehesa. A traditional Mediterranean silvopastoral system linking production and nature conservation. *Grassland Science in Europe*, **11**, 3-13.

OLEA, L.; LÓPEZ-BELLIDO, R.J.; POBLACIONES, M.J., 2005. Europe types of silvopastoral systems in the Mediterranean area: dehesa. En: *Silvopastoralism and Sustainable Land Management*, MOSQUERA, M.R. *et al.* (Eds). CABI Publishing, Oxfordshire, UK, 30-35.

SANTAMARÍA, O.; POBLACIONES, M.J.; OLEA, L.; RODRIGO, S.; VIGUERA, F.J.; GARCÍA-WHITE, T., 2009. Influencia de nuevos fertilizantes sobre la producción de biomasa y parámetros de calidad en pastos de dehesa del SO de España. En: *La multifuncionalidad de los pastos: producción ganadera sostenible y gestión de los ecosistemas*, REINÉ, R. *et al.* (Eds.). Gráficas Alós. Huesca, 581-587.

VAN SOEST, P.J., 1963. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. II. A rapid method for determination of fiber and lignin. *J. Assoc. Official Agric. Chem.*, **46**, 829-834.

EFFECT OF FERTILIZERS ON BIOMASS PRODUCTION AND NUTRITIVE VALUE OF DEHESA PASTURE AFTER THREE YEARS OF APLICATION

SUMMARY

Dehesa is an agrosilvopastoral system widespread in southwestern Iberian Peninsula. Natural pastures, which are the main source, could be improved by using a proper fertilization, among other practices. With the aim of evaluating the effect of different fertilizers on biomass production and several nutritive value parameters (crude protein, fiber and lignin) of the pasture in comparison with the traditionally used superphosphate, a study was initiated in 2006/07. In the present communication, the third-year-results (2008/09) are presented. The study was carried out in a *dehesa* located in Extremadura, in two areas: one with natural pastures and other with sown pastures. Eight surface-broadcast fertilization treatments were done in autumn. Two grazing periods were simulated by cutting the pasture in middle-spring and late-spring. Although no statistical differences were found among treatments, fertilizers tended to increase biomass production in comparison to the non-fertilized control; in some cases (treatment M1 in the sown pasture) increments were close to 50%. Regarding the nutritive value, treatment T2 (the highest doses of Thomaskali fertilizer, 300 kg·ha⁻¹) produced biomass with the significant highest protein content.

Key words: fiber, lignin, natural pasture, sown pasture, crude protein.

DINÁMICA PRODUCTIVA DE FORRAJES DE DIFERENTES CULTIVARES DE TRITICALES Y AVENAS COMO SUPLEMENTO DE LOS PASTOS DE DEHESA Y PASTIZALES DEL S.O. DE LA PENÍNSULA IBÉRICA

S. RODRIGO¹, M.J. POBLACIONES¹, N. PINHEIRO², L. OLEA¹, B. MAÇAS², O. SANTAMARÍA¹
Y T. GARCÍA-WHITE¹.

¹ Escuela de Ingenierías Agrarias (EIA) Universidad de Extremadura. Carretera de Cáceres s/n, 06071 Badajoz, España. ² Instituto Nacional de InvestigaçãO Agrária. INRB/IP-INIA. Elvas, Portugal.

RESUMEN

La dehesa del SO de la Península Ibérica tiene en la producción de biomasa herbácea la base del aprovechamiento ganadero en extensivo de estos ecosistemas. Debido a las irregularidades climáticas que soporta el área de estudio, se producen a lo largo del año periodos de escasez de alimentos para los animales. En este trabajo se estudió la producción y calidad de distintos cultivos forrajeros con una doble utilización: pastoreo en invierno, y siega y conservación en primavera. Se utilizaron 4 cultivares de triticale (Fronteira, Alter y 2 cultivares en estudio denominados INIA 1 e INIA 2 proporcionados por el INIA portugués), 3 cultivares de *Avena sativa* (Sta. Eulália, Sta. Rita y Boa-Fé) y 2 testigos, el raigrás italiano anual y el cultivo en asociación de avena-veza. Se comprobó que los triticales INIA 1 y 2, y la avena Sta. Rita, superan al resto de especies en cantidad de biomasa si se les aplica un solo corte (18.656, 16.387 y 14.931 kg ha⁻¹), sumándose a ellas Fronteira y Sta. Eulália si el aprovechamiento se hacía en dos ocasiones. El triticale Fronteira y la avena Boa-Fé, fueron los cultivos con mayor contenido en PB (11,81 y 12 %), apreciándose en los triticales mayor contenido en fibra que en las avenas.

Palabras clave: biomasa, proteína, silvopastoral

INTRODUCCIÓN

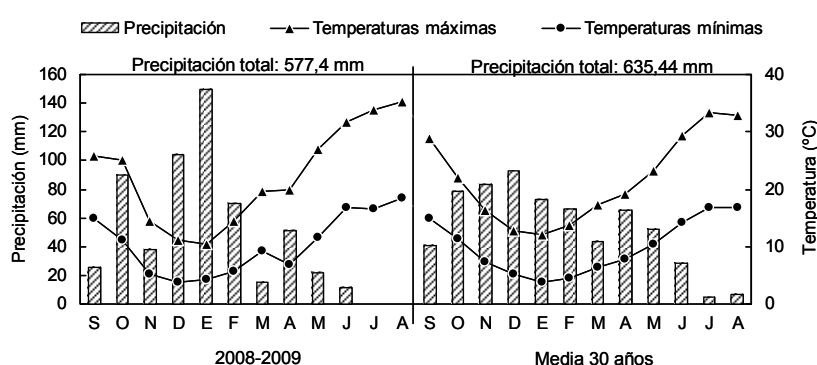
La dehesa, tal y como la conocemos hoy, es el resultado de un proceso evolutivo basado, entre otros factores, en la utilización por parte del hombre de los diferentes recursos que este ecosistema ofrece. Este sistema agrosilvopastoral se extiende por todo el S.O. de la Península Ibérica, ocupando en ésta unos 4 millones de hectáreas de las cuales 1,3 millones están en Extremadura (M.A.P.A., 2007), que junto a las 850.000 que hay de pastizal, la superficie aumenta hasta 2,1 millones de hectáreas en la región. Aunque los pastos herbáceos son la base de la alimentación de los animales que habitan en la dehesa, la irregular climatología de la zona y los suelos típicos de este ecosistema, hace que los potenciales productivos sean limitados (Olea *et al.*, 1987). Todo esto obliga a la introducción de cultivos forrajeros para cubrir las necesidades de alimento en invierno y verano de las ganaderías extensivas (Pinheiro *et al.*, 2009). En épocas de déficit, el ganadero debe recurrir a suplementar o complementar la alimentación del ganado comprando en el exterior cereales, leguminosas o piensos compuestos, los cuales han sufrido en los últimos años un extraordinario incremento de su valor. Para intentar optimizar los recursos de las ganaderías de dehesa una opción es recurrir a la realización de cultivos forrajeros y/o extensivos para su aprovechamiento, bien mediante su conservación o bien con su uso en pastoreo. Los cultivos forrajeros de mayor interés para Caballero *et al.* (1995) son la avena forrajera y el cultivo de veza-avena. Además, el raigrás italiano anual da una biomasa conservable importante al final de la campaña añadiendo la posibilidad de aprovechamiento en varias ocasiones a

lo largo de su ciclo, aunque sus necesidades en humedad hacen que no siempre muestre todo su potencial productivo. A pesar de esto, de ninguna de estas especies se conoce mucho acerca de su doble utilización (pastoreada en invierno y segada y conservada en primavera), por lo que se plantea la necesidad de estudiar la adaptación de diferentes cultivares de triticale y avena a las condiciones de dehesa, sometidos a su vez a diferentes regímenes de corte; la evaluación del efecto de dichas condiciones sobre la cantidad y calidad del forraje es el objetivo del presente trabajo.

MATERIAL Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en la campaña agrícola 2008/09, en una dehesa del S.O. de Extremadura, con suelo ácido (pH=5,41), niveles de fertilidad medio-altos (debido a la presencia de los animales pastoreando), materia orgánica oxidable de 2,74% y P asimilable de 25,72 ppm.

Figura 1. Precipitación y temperatura media mensual (media de 30 años) y año agrícola 2008-09. Datos de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET); Estación de Jerez de los Caballeros.



Su clima es semiárido mediterráneo con pluviometría y temperatura medias de los 30 últimos años de 653 mm y 16,1 °C, respectivamente. Las precipitaciones el año de estudio, con una media anual de 577,4 mm fueron inferiores a la media de la zona (figura 1).

Se eligió una parcela uniforme de 934 m² en la que se situó el campo de experimentación. El diseño experimental fue aleatorio en parcelas subdivididas con 4 repeticiones, con 18 m² (3 m de ancho x 6 m de largo) de parcela unitaria. Se estudiaron 4 cultivares de triticale y 3 de avena, con 2 testigos; raigrás italiano y cultivo de veza-avena (Tabla 1). Los cultivares de triticale fueron aportados por el INIA portugués, estando 2 de ellos en estudio aún. Las labores culturales fueron las aplicadas a un cultivo normal, con una sembradora de ensayos modelo Plotman de 6 surcos y una segadora de ensayos BCS 622.

Tabla 1. Especies, cultivares y dosis de siembra utilizados en el experimento.

Tratamiento	Especie	Cultivar	Dosis de siembra (kg ha ⁻¹)
T1	<i>Triticosecale</i>	Fronteira	160
T2	<i>Triticosecale</i>	Alter	160
T3	<i>Triticosecale</i>	INIA 1	160
T4	<i>Triticosecale</i>	INIA 2	160
T5	<i>Avena sativa</i>	Sta. Eulália	150
T6	<i>Avena sativa</i>	Sta. Rita	150
T7	<i>Avena sativa</i>	Boa-Fé	150
T8	<i>Avena strigosa + Vicia villosa</i>	Saia + Namoi-Haymaker	40 + 50
T9	<i>Lolium multiflorum</i>	Tetrawest	30

Sobre las muestras recogidas se determinaron la materia seca (MS), proteína bruta (PB), fibra neutro detergente (FND) y digestibilidad de materia orgánica (DMO) según los procedimientos habituales. Las fechas y los lugares se detallan en la figura 2.

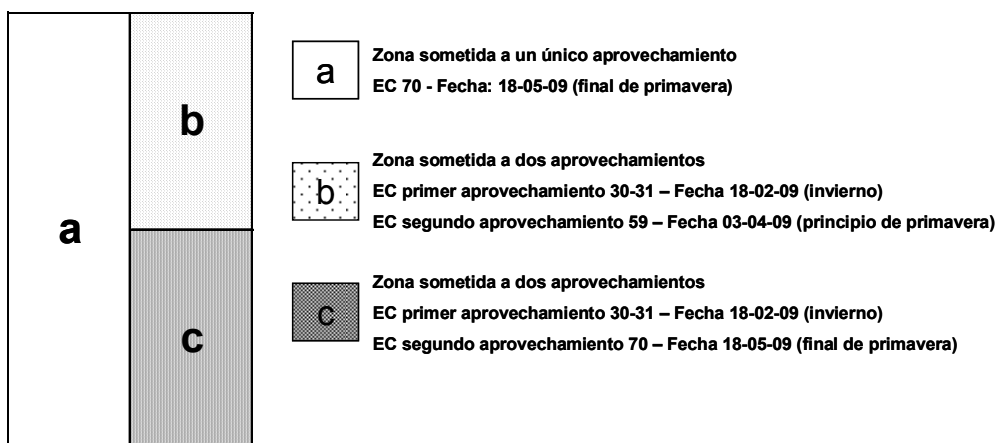


Figura 2. Croquis de los momentos, fechas y lugar donde se realizaron los cortes en cada parcela unitaria

Los datos se sometieron a un análisis de la varianza para determinar las diferencias en producción y calidad entre los distintos cultivos forrajeros ensayados, utilizándose el test de Fisher de mínima diferencia significativa (LDS) a $P \leq 0,05$.

La PB, la DMO y la FND se estudiaron de dos maneras; una haciendo un único corte a final de primavera y otra haciendo dos cortes (invierno y principio o final de primavera), donde no se incluye el cultivo de veza-avena por poder recibir un solo corte debido al no rebrote de la leguminosa. Por su parte el rendimiento en MS se estudió sumando las producciones de invierno con las de principio o final de primavera, para saber el rendimiento total de los dos aprovechamientos (Tabla 2).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis de la realización de un aprovechamiento a final de primavera.

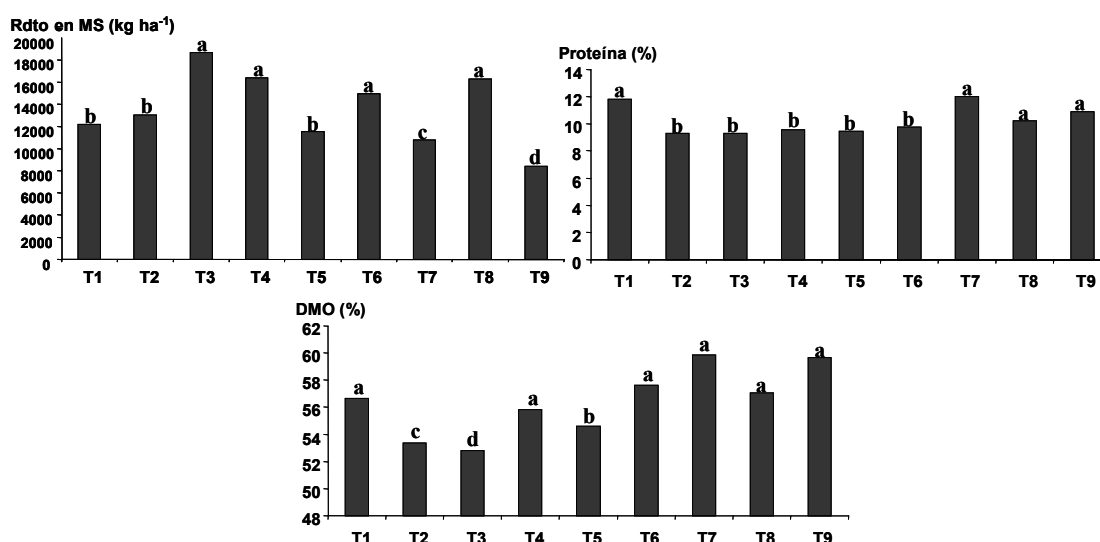


Figura 3. MS (kg ha⁻¹), PB (%) y DMO (%) de las distintas especies y cultivares del ensayo, aplicando un único corte a final de primavera. Las barras verticales indican la MDS para la comparación entre tratamientos, siendo de $P < 0,01$ en MS y DMO y de $P < 0,05$ en PB.

Aplicando un solo aprovechamiento, no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos para la FND, sí existiendo en lo referente a MS, PB y DMO.

La figura 3 muestra que los mejores tratamientos en lo referido a cantidad de biomasa aplicando sólo un corte, fueron T3, T4, T6 y T8 con 18.656, 16.387, 14,931 y 16,248 kg ha⁻¹, respectivamente. Al estudiar PB y DMO, se observa que el tratamiento T7 es el de mayor cantidad de PB (12%) y de DMO (59,83%), sin diferencias significativas con los tratamientos T1, T8 y T9 en el caso de la PB y los tratamientos T1, T4, T6, T8 y T9 para el estudio de la DMO.

Análisis de la realización de dos aprovechamientos: invierno y principio o final de primavera.

Tabla 2. Efecto de la especie, variedad y momento de corte sobre la PB (%), FND (%) y DMO (%), aplicando dos cortes (invierno y principio o final de primavera)

Fuente	PB (%)	FND (%)	DMO (%)
<i>Tratamiento</i>			
T1	16,66	46,83ab	67,54cd
T2	14,62	45,88abc	62,33f
T3	15,92	47,82a	64,73e
T4	15,25	48,06a	63,76ef
T5	14,96	45,01bc	66,42d
T6	15,10	43,66cd	68,14c
T7	15,95	44,39bcd	69,86b
T9	16,99	42,16d	73,40a
<i>Momento de corte</i>			
Invierno	20,51a	38,74c	82,00a
Principio de primavera <u>a</u>	16,13b	47,86a	66,39c
Principio de primavera <u>b</u>	20,33a	42,86b	73,44b
Final de primavera <u>a</u>	10,26c	48,82a	56,28d
Final de primavera <u>b</u>	11,17c	49,09a	56,98d

Las letras a y b indican que el corte se hizo donde no se aprovechó en invierno (a) o donde se realizó el corte invernal (b)

Referente a la MS, si se realizan dos aprovechamientos, no existen diferencias significativas entre los rendimientos de T1, T3, T4, T5 y T6, observándose que el momento de corte más productivo significativamente es el de final de primavera sin corte en invierno, seguido de la opción del doble corte invierno + final de primavera, con 13.238 y 11.066 kg ha⁻¹ (Tabla 3).

Tabla 3. Efecto de la variedad y el momento de corte en el rendimiento en MS (kg ha⁻¹) haciendo la suma de las producciones obtenidas

Tratamiento	MS (kg ha ⁻¹)	Tratamiento	MS (kg ha ⁻¹)
<i>Especie/Variedad</i>		<i>Momento de corte</i>	
<i>Triticale</i> - Fronteira	7.143,8abc	Invierno	2.060g
<i>Triticlae</i> - Alter	6.225,3cd	Ppio de primavera A	6.622d
<i>Triticale</i> - INIA 1	8.172,2ab	Ppio de primavera B	3.132f
<i>Triticale</i> - INIA 2	8.832,8a	Final de primavera A	13.238a
<i>Avena sativa</i> - Santa Eulália	7.383,4abc	Final de primavera B	9.006c
<i>Avena sativa</i> - Santa Rita	8.200,4ab	Inverno + Ppio primavera B	5.192e
<i>Avena sativa</i> - Boa Fé	6.951,5bc	Inverno + Final primavera	11.066b
		B	
<i>Lolium multiflorum</i>	4.593,8d	Media	7187,9

* Letras distintas indican diferencias significativas a P<0,01 en el estudio de las variedades y a P<0,001 en el estudio de los momentos de corte.

Los resultados expuestos coinciden con lo citado por la bibliografía consultada, ya que autores como Delogu *et al.* (2002) apuntan, para climas similares, rendimientos de entre 12.900 y 16.300 kg

ha⁻¹ para los triticales. Esto viene apoyado por los estudios de Peltonen-Sainio y Järvinene (1995) que expresan la mayor potencialidad de los triticales cuando mayor es la pluviometría en el periodo de crecimiento y desarrollo. Esto explica porqué en el presente trabajo se superan las producciones obtenidas por autores como Caballero *et al.* (1995) y Assefa y Ledin (2001), estudios en los que se cuenta con pluviometrías inferiores a las caídas en el año de desarrollo del presente experimento.

En lo referente a la proteína, ésta disminuye a lo largo del ciclo debido a la diferenciación de los órganos (hojas, tallo y espiga). Por otra parte, los valores tanto de PB como DMO, se asemejan, para iguales momentos de corte, a los referidos por la bibliografía, ya que Carrasco López *et al.* (1999) y Llera *et al.* (1999), obtienen valores cercanos al 20% en PB y Assefa y Ledin (2001) y Rojas *et al.* (2004), refieren una DMO entre 54 y 57 % en triticales y alrededor de 66% en avenas. La fibra obtenida en este trabajo es inferior a la indicada en estudios consultados (Caballero *et al.*, 1995; Francia *et al.*, 2006), si bien es cierto que las pluviometría referida en estos trabajos era inferior a la registrada en el presente ensayo. Esto concuerda con lo explicado por Sinclair y Senligman (1995), quienes indican que a menor cantidad de lluvia caída en el periodo de desarrollo se acelera el ciclo y la relación hoja/tallo disminuye, aumentando por tanto la lignificación del cultivo y por ello la cantidad de fibra.

CONCLUSIONES

Aunque la experiencia está programada para 3 años, con resultados de sólo 1 año, las conclusiones que puedan deducirse han de tomarse con las debidas precauciones. Sin embargo puede indicarse que el momento de corte influye significativamente en la cantidad y calidad del forraje, disminuyendo el rendimiento en MS y el porcentaje en fibras y lignina y aumentando el contenido en proteína cuanto más temprano sea dicho corte, apreciándose mayores producciones de biomasa en triticales que en avenas, y teniendo mayor cantidad de biomasa en el corte de final de primavera que en ningún otro. Si se aplican dos aprovechamientos, es mejor en cuanto a la cantidad, dar los cortes en invierno el primero y a final de primavera el segundo, y en cuanto a la calidad, en invierno el primero y a principio de primavera el segundo. El contenido en proteína de la biomasa se vio igualmente afectado en triticales y avenas por el número de cortes, encontrando siempre mayor contenido en proteína cuando más temprano se efectuaban los cortes.

BIBLIOGRAFÍA

- ASSEFA, G. AND LEDIN, I. (2001). Effect of variety, soil type and fertiliser of the establishment, growth, forage yield, quality and voluntary intake by cattle of oats and vetches cultivated in pure stands and mixtures. *Animal Feed Science and Technology*, **92**, 95-111.
- CABALLERO, C., GOICOECHEA, E.L. AND HERNAIZ, P.J. (1995). Forage yields and quality of common vetch and oat sown at varying seeding ratios and seeding rates of vetch. *Field Crops Research*, **41**, 135-140.
- CARRASCO LÓPEZ, J.M., AYUSO MATEOS, A. y LLERA CID, F. (1999). El triticale: posibilidades del cultivo para grano, forraje y doble aptitud. En: *Jornadas Ibéricas sobre Triticale*. Consejería de Agricultura y Comercio. Junta de Extremadura, **63-67**.
- DELOGU, G., FACCINI, N., FACCIOLI, P., REGGIANI, F., LENDINI, M. BERARDO, N. AND ODOARDI, M. (2002). Dry matter yield and quality evaluation at two phenological stages of forage triticale grown in the Po Valley and Sardinia, Italy. *Field Crops Research*, **74**, 201-215.

- FRANCIA, E., PECCHIONI, N., LI DESTRII NICOSIA, O., PAOLETTA, G., TAIBE, L., FRANCO, V., ODOARDI, M., STANCA, A.M. AND DELOGU, G. (2006). Dual-purpose barley and oat in a Mediterranean environment. *Field Crops Research*, **99**, 158-166.
- LLERA, F., CARRASCO, F., PÉREZ, F. AND AYUSO, A. (1999). Selección y producción de Triticale de doble aptitud (forraje y grano) en condiciones mediterráneas. En: *Jornadas Ibéricas sobre Triticale*. Consejería de Agricultura y Comercio. Junta de Extremadura, **68-74**.
- M.A.P.A. (2007). http://www.mapa.es/estadistica/Anu_06/capitulos/AEA-CO3.pdf
- OLEA, L., PAREDES, J. y VERDASCO, M.P. (1987). *Los pastos de la dehesa del S.O. de la Península Ibérica mejora y utilización*. SIA. Junta de Extremadura. Badajoz.
- PELTONEN-SAINIO, P. AND JÄRVINEN, P. (1995). Seeding rate effects on tillering, grain yield, and yield components of oat at high latitude. *Field Crops Research*, **40**, 49-56.
- PINHEIRO, N., POBLACIONES, M.J., COUTINHO, J., RODRIGO, S., OLEA, L., MAÇAS, B. E SANTAMARÍA, O. (2009). Produção de biomassa para produção animal en regime extensivo. *Vida Rural*, **1749**, 30-33.
- ROJAS, C., CATRILEO, A., MANRÍQUEZ, M. AND CALABÍ, F. (2004). Evaluación de la época de corte de triticale (x Triticosecale Wittmack) para ensilaje. *Agricultura Técnica*, **64**.
- SINCLAIR T.R. AND SELIGMAN, N.A.G. (1995). Global environment change and simulated forage quality of wheat. I. Nonstressed conditions. *Field Crops Research*, **40**, 19-27.
- WILMAN, D. AND ADESOGAN, A. (2000). A comparison of filter bag methods with conventional tube methods of determining the in vitro digestibility of forages. *Animal Feed Science and Technology*, **84**, 33-47.

“PRODUCTIVE DYNAMIC OF FORAGES OF DIFFERENT TRITICALE AND OAT CULTIVARS AS SUPPLEMENT OF THE DEHESA PATURES IN THE SOUTHWEST OF THE IBERIAN PENINSULA”

SUMMARY

The *dehesa* in the SW of the Iberian Peninsula has in the herbaceous biomass production the basis of the extensive livestock use in these ecosystems. However, due to erratic climatic conditions of the study area, some animal feed shortage period occur along the year. In the present paper the possibility of introducing forage crops to use them with a double use (grazed in winter and cut and conserved in spring) was studied. The tested species were 4 triticale cultivars (Fronteira, Alter, INIA 1 and INIA 2, these two ones were provided by Portuguese National Institute of Agricultural Research), 3 oat cultivars (Sta. Eulália, Sta. Rita and Boa-Fé) and two usual crops in the *dehesa*; Italian ryegrass and the association between common vetch and oat. Results showed that the best cultivars regarding biomass content were INIA 1 and 2 (triticale) and Sta. Rita (oat), applying one cut at the end of the season. When two cuts were realized, Fronteira (triticale) and Sta. Eulália (oat) join the ones above. In relation to forage quality, Fronteira and Boa-Fé were the cultivars that showed highest protein content (11.81 and 12.0 %), having triticale cultivars higher fibre content than oats ones.

Key words: biomass, protein, silvopastoral

RIQUEZA ESPECÍFICA DE PRADOS PIRENAICOS Y SU INCIDENCIA EN EL VALOR NUTRITIVO

R. REINÉ¹, C. CHOCARRO², A. JUÁREZ², O. BARRANTES³, M. MAESTRO⁴, A. BROCA³ Y C. FERRER³

¹Departamento de Agricultura y Economía Agraria. Universidad de Zaragoza. Escuela Politécnica Superior. Ctra. Cuarte s/n. 22071 Huesca. ²Escola Técnica Superior d'Enginyeria Agraria. Universitat de Lleida. C/ Alcalde Rovira Roure, 177. 25198 Lleida. ³Departamento de Agricultura y Economía Agraria. Universidad de Zaragoza. Fac. de Veterinaria. Miguel Servet, 177. 50013 Zaragoza. ⁴Instituto Pirenaico de Ecología. Campus de Aula Dei. Avda. de Montañana. 1005. 50059 Zaragoza.

RESUMEN

Se comparan, en el Pirineo aragonés, dos tipos de prados: unos en situación ecológica relativamente adversa y de manejo más extensivo, y otros ubicados en mejores condiciones y con una gestión más intensiva. Se constata que los primeros presentan una mayor riqueza específica y calidad de la hierba pero una menor producción que los segundos. A su vez, la calidad está relacionada positivamente con la cobertura de “otras” especies y negativamente con la de gramíneas. En los prados más biodiversos se da una cierta compensación calidad-producción. Se recomienda la elaboración de guías para una gestión que concilie objetivos que, en principio, pueden parecer antagónicos (biodiversidad, producción y calidad), todo ello en el ámbito de la multifuncionalidad reconocida por la UE para la agricultura y la ganadería.

Palabras clave: Manejo, extensificación, cobertura de especies, análisis químico, “otras familias”.

INTRODUCCIÓN

En un trabajo anterior de los mismos autores (Chocarro *et al.*, 2009) se realizó una clasificación de prados de siega del Pirineo aragonés en nueve grupos (Figura 1), diferenciados a su vez en dos grandes tipos: los grupos 1 al 5 corresponden a situaciones “difíciles” (mayores altitudes y pendientes, algo secos, etc.), y presentan bajas producciones pero, en cambio, una elevada riqueza específica; en los grupos 6 al 9 se invierten las características anteriores, ubicándose en ambientes ecológicos más adecuados para el buen crecimiento de la hierba, con altas producciones, pero presentando menor riqueza específica que en el tipo anterior. Por otro lado, la mayor o menor intensificación en la gestión de las parcelas depende de multitud de factores: lejanía, accesibilidad, manejo del ganado (pastoreos primaverales u otoñales), número y épocas de las siegas anuales, etc. Los grupos 1 al 5 parecen corresponder a un manejo relativamente extensivo (poco o nada de fertilización, más aprovechamiento por pastoreo que por siega, etc.), mientras que los grupos 6 a 9 corresponderían a una gestión más intensiva.

Hoy día, en la ganadería de herbívoros, es una exigencia la búsqueda de un compromiso para conciliar la eficiencia económica y la medioambiental. Los prados, además de producir recursos alimenticios, son un reservorio de biodiversidad florística, siendo ésta un buen indicador de su valor ecológico y patrimonial, pero también de su funcionamiento y de la sostenibilidad de su uso (Gibon *et al.*, 2004). Por otro lado, es sabido que los altos rendimientos de hierba suelen ser antagónicos no sólo con la calidad nutritiva de la misma, sino también con la biodiversidad del prado. Por ello, en este trabajo hacemos una primera aproximación, en prados del Pirineo, al trinomio cantidad-calidad-biodiversidad,

con vistas a establecer hipótesis sobre esa posible conciliación entre objetivos que, en principio, parecen resultar antagónicos.

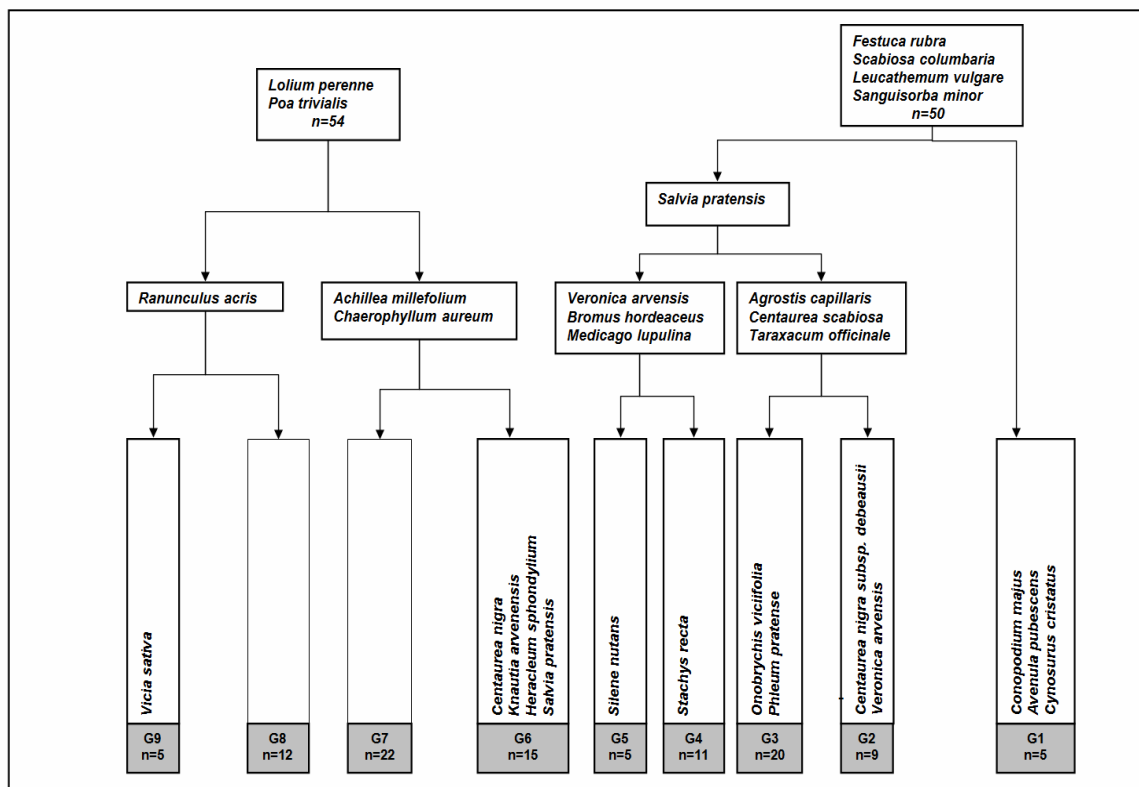


Figura 1. Resultados del análisis TWINSpan (Chocarro *et al.*, 2009): clasificación en nueve Grupos de 104 parcelas de prados pirenaicos (1^{er} corte) y especies indicadoras para cada Grupo (n=número de parcelas).

MATERIAL Y MÉTODOS

En junio-julio de 2008, y en días próximos al primer corte, se muestrearon 104 parcelas de prados en el Pirineo aragonés, según metodología descrita por Reiné *et al.* (2009). A partir de los datos de presencia-ausencia de las especies en cada inventario florístico, se procedió a la clasificación de las parcelas mediante un análisis TWINSpan (Chocarro *et al.*, 2009), obteniendo una tipología de prados que constituye la base de partida en este trabajo. Hemos utilizado también de los citados trabajos, los datos de cobertura de gramíneas, leguminosas y “otras”, así como los de riqueza específica (número de especies por muestreo).

Las muestras obtenidas por Reiné *et al.* (2009) para calcular la producción (kg MS/ha), han sido analizadas para este estudio con el fin de testar, en una primera aproximación, la calidad de la hierba. En concreto se ha analizado Proteína bruta (PB) por el método Kjeldahl; Cenizas por incineración a 550°C; y las fracciones Van Soest, Fibra neutro detergente (FND), Fibra ácido detergente (FAD) y Lignina ácido detergente (LAD), mediante la técnica de las bolsas de nylon filtro (F57) en el analizador de fibra ANKOM 220 (Ankom Technology Corporation, 1998). Todos los resultados se expresan sobre Materia Seca (MS). Para la valoración de la calidad de la hierba se ha recurrido a la metodología de Linn y Martin, citada por Calsamiglia (1997), y que responde a los siguientes cálculos:

- -Ingestión de la Materia Seca: $IMS(\% PV) = 120/FND$
- -Digestibilidad de la Materia Seca: $DMS(\%) = 88,9 - (0,779 \times FAD)$

- -Valor Relativo del Forraje: $VRF = (DMS \times IMS)/1,29$

Los citados autores proponen una tabla de la calidad de la hierba en función de intervalos en los valores de FND, FAD y VRF con las calificaciones de Excelente, Primera, Segunda, Tercera, Cuarta y Quinta, que nosotros hemos cuantificado como 6, 5, 4, 3, 2 y 1, respectivamente.

La comparación entre los grupos de pastos establecidos, con respecto a los parámetros considerados, se ha realizado mediante ANOVA. Cuando existían diferencias significativas se realizó un test de separación de medias HSD-Tukey. También se estimaron rectas de regresión entre las distintas variables. Todos estos análisis se realizaron con SPSS 15.0 (SPSS, 2006).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se sabe que cuanto más tarde se realice el corte se obtiene más producción y menos calidad. En nuestro estudio, la fecha de toma de muestra no presenta correlación significativa con los valores analíticos de la hierba, por lo que este dato no ha podido distorsionar los resultados que se exponen a continuación.

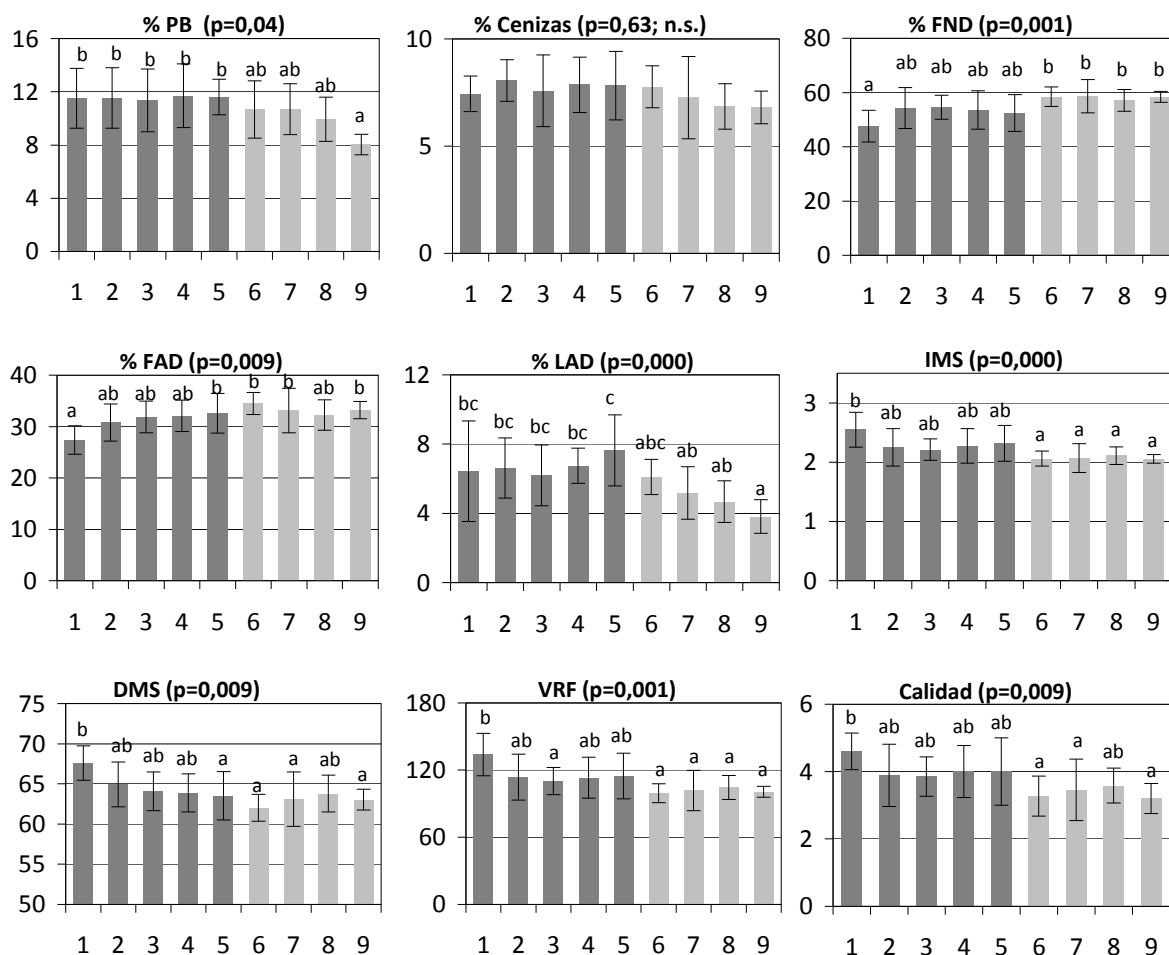


Figura 2. Valor medio y desviación estándar de parámetros de calidad nutritiva en los nueve grupos de prados. Columnas con diferentes letras difieren significativamente ($p \leq 0,05$, Test HSD-Tukey de separación de medias). ■ Grupos 1 al 5 (explotación más extensiva). □ Grupos 6 al 9 (explotación más intensiva).

La Figura 2 muestra los valores medios del análisis químico de la hierba (PB, Cenizas, FND, FAD y LAD) así como los cálculos de IMS, DMS, VRF y Calidad de cada uno de los nueve grupos de prados. A excepción del parámetro Cenizas, en todos los demás se observan diferencias con más o menos significación: los grupos 1 a 5 presentan mayores valores en PB, LAD, IMS, VRF, DMS y Calidad; los grupos 6 a 9 sólo presentan valores más altos en FND y FAD. Se comprueba por tanto que los prados de manejo más extensivo presentan mejor calidad que los de manejo más intensivo.

La gestión de los prados influye tanto en su composición botánica como en sus características ligadas al momento de la cosecha (estado fenológico y biomasa aportada por las distintas especies). A su vez, ambas componentes influyen en la producción y en la calidad. En la Figura 3A puede observarse que existe una clara correlación negativa entre la producción (kgMS/ha) y la calidad (expresada de 1 a 6), confirmándose el clásico antagonismo entre estas dos variables, ya comentado en la Introducción. Por otro lado, uno de los descriptores de la composición botánica es la riqueza específica (nº de especies/inventario), y observamos que esta variable se correlaciona negativamente con la producción (Figura 3B) pero positivamente con la calidad (Figura 3C). En conclusión, los prados más biodiversos son menos productivos, pero presentan mayor valor nutritivo que los más intensificados.

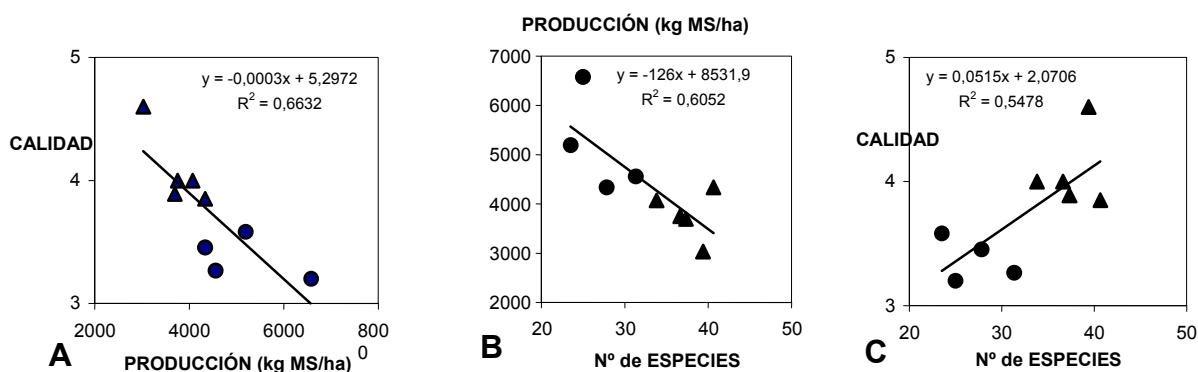


Figura 3. Regresiones lineales entre los parámetros de producción, calidad y nº de especies de prados. ▲ Grupos 1 al 5 (explotación más extensiva). ● Grupos 6 al 9 (explotación más intensiva). A ($p \leq 0,007$), B ($p \leq 0,01$) y C ($p \leq 0,02$).

Según Gross *et al.* (2007), la complementariedad entre especies traduce su capacidad para adquirir y utilizar diferentes recursos o para utilizar el mismo recurso pero en momentos diferentes. Este es un mecanismo esencial de coexistencia entre los diferentes grupos funcionales de especies (Grime, 1997) y puede explicar una mayor calidad de los prados. Según Cortes *et al.* (2006), el ganado en pastoreo incrementa su productividad cuando puede seleccionar entre una gran diversidad de especies. En ganadería ecológica se valoran positivamente los prados con flora compleja.

Pero ¿qué especies son responsables de la mayor o menor calidad del prado? En la Figura 4A (obtenida a partir de datos de Chocarro *et al.*, 2009), se observa que los grupos 1 a 5 (los más biodiversos) presentan una mayor cobertura de “otras” y menor de gramíneas. En los grupos 6 a 9 se da lógicamente el caso inverso. Las leguminosas no presentan diferencias significativas. Ya Chocarro *et al.* (2009) encontraron diferencias significativas entre grupos sólo en gramíneas y “otras” pero no en leguminosas. Tampoco hemos encontrado relación entre la cobertura de leguminosas y la PB, al contrario que Boisdon

et al. (2009). En concordancia con todo lo anterior, la calidad de los prados se correlaciona negativamente con las gramíneas (Figura 4B) y positivamente con las “otras” (Figura 4C), coincidiendo con Daccord *et al.* (2006) que, en Suiza, encontraron los mayores valores de digestibilidad y menores de paredes celulares en prados dominados por dicotiledóneas no leguminosas (“otras”), frente a los dominados por gramíneas.

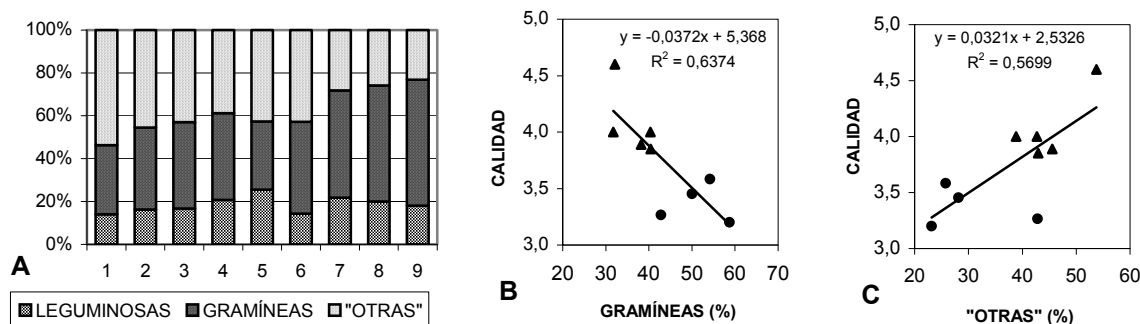


Figura 4. A.-Cobertura (leguminosas, gramíneas y “otras”) de los nueve grupos de prados (Chocarro *et al.*, 2009). B y C.- Regresiones lineales entre los parámetros de calidad y gramíneas y “otras”. ▲ Grupos 1 al 5 (explotación más extensiva). ● Grupos 6 al 9 (explotación más intensiva). B ($p \leq 0,009$) y C ($p \leq 0,02$).

Tradicionalmente, la denominación “otras” ha implicado connotaciones negativas que tenían su origen, sin duda, en planteamientos meramente productivistas y ligados a la intensificación. Para Baumont *et al.* (2008), el valor nutritivo, la ingestión y la digestibilidad de las dicotiledóneas no leguminosas es poco conocido, pero sin duda dan a los prados diversificados un valor alimenticio que puede ser más estable en el tiempo. A los prados, multiespecíficos, se les atribuyen cualidades positivas nutricionales para la sanidad animal, y sensoriales para los productos animales (carne, quesos, etc.), ligadas estas últimas a compuestos químicos tales como terpenos, fenoles, etc. Existe un conocimiento muy limitado de las cualidades positivas de las llamadas “otras” familias, pero se sabe que muchas de estas especies son ricas en macro y microelementos, vitaminas, taninos condensados (que impiden la rápida degradación de proteína en el rumen), y que otras son astringentes, estimulantes, tónicas, etc. De hecho, en las fórmulas de siembra de praderas ecológicas se recomiendan muchas especies de este grupo, y no sólo por su valor alimenticio y medicinal, sino también por el encespedamiento de los huecos, mejora de la fertilidad del suelo, etc. (Lampkin, 1998).

Finalmente, si consideramos la productividad en términos de kgPB/ha (Figura 5A) o de kgMSD/ha (Figura 5B), observamos unas rectas de regresión con pendiente poco acusada, y que prados biodiversos obtienen valores productivos muy semejantes a prados más intensivos. Ello implica, por tanto, una cierta compensación producción-calidad.

CONCLUSIONES

Sería muy deseable la elaboración de guías para una gestión medioambiental de los prados del Pirineo, en el marco de los objetivos de multifuncionalidad de la UE. Se debe asegurar la preservación de la biodiversidad y sostenibilidad, compatibilizándolas con una producción y una calidad de la hierba que hagan económicamente eficiente la explotación ganadera de los prados.

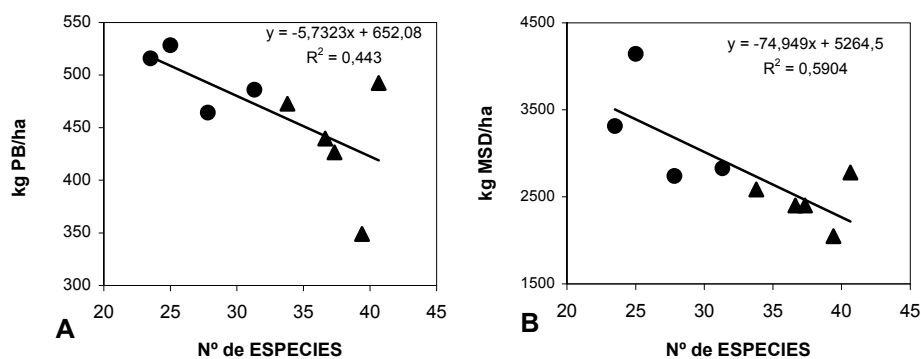


Figura 5. Regresiones lineales entre los parámetros de nº de especies, kg PB/ha y kg MSD/ha. ▲ Grupos 1 al 5 (explotación más extensiva). ● Grupos 6 al 9 (explotación más intensiva). A ($p \leq 0,05$) y B ($p \leq 0,02$).

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se enmarca en el Proyecto PM076/2007 del Gobierno de Aragón.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANKOM TECHNOLOGY CORPORATION, 1998. Procedures for fibre and in vitro analysis. Disponible en <http://www.ankom.com>.

BAUMONT, R.; AUFRÈRE, J.; NIDERKORN, V.; ANDUEZA, D.; SURAULT, F.; PECCATTE, J.R.; DELABY, L.; PELLETIER, P., 2008. La diversité spécifique dans le fourrage: conséquences sur la valeur alimentaire. *Fourrages*, **194**, 189-2006.

BOISDON, I.; CAPITAINE, M.; DULPHY, J.P.; ANDANSON, L.; AGABRIEL, C., 2009. La valeur nutritive des fourrages n'est pas liée au mode de conduite, biologique ou conventionnel, des exploitations agricoles. *Fourrages*, **199**, 389-392.

CALSAMIGLIA, S., 1997. *Nuevas bases para la utilización de la fibra en dietas de rumiantes*. XIII Curso de Especialización de la Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal (FEDNA), 16 pp. Madrid.

CHOCARRO, C.; REINÉ, R.; JUÁREZ, A.; BARRANTES, O.; BROCA, A.; FERRER, C., 2009. Clasificación florística de los prados de siega del Pirineo de Huesca. En: *La multifuncionalidad de los pastos: producción ganadera sostenible y gestión de los ecosistemas*, R. REINÉ, O. BARRANTES, A. BROCA, C. FERRER. (Ed.) Sociedad Española para el Estudio de los Pastos. Huesca (España), 109-115.

CORTES, C.; DAMASCENO, J.C.; JAMOT, J.; PRACHE, S., 2006. Ewes increase their intake when offered a choice of herbage species at pasture. *Animal Science*, **82**, 183-191.

DACCORD, R.; WYSS, U.; KESSLER, J.; ARRIGO, Y.; ROUEL, M.; LEHMANN, J.; JEANGROS, B., 2006. *Apports alimentaires recommandés et tables de la valeur nutritive des aliments pour les ruminants. Chapitre 13. Valeur nutritive des fourrages*, 18 pp. On line publishing. Station de recherche Agroscope Liebefeld-Posieux ALP, Posieux.

GIBON, A.; BALENT, G.; ALARD, D.; MUNTANÉ, J.; LADET, S.; MOTTET, A.; JULIEN, M.P., 2004. L'usage de l'espace par les exploitations d'élevage de montagne et la gestion de la biodiversité. *Fourrages*, **178**, 245-263.

GRIME, J.P., 1997. Biodiversity and ecosystem function: the debate deepens. *Science*, **277**, 1260-1261.

GROSS, N.; SUDING, N.; LAVOREL, S.; ROUMET, C., 2007. Complementarity as a mechanism of coexistence between functional groups of grasses. *Journal of Ecology*, **95**, 1296-1305.

LAMPKIN, N. (1998). *Agricultura Ecológica*. Ed. Mundi-Prensa. 725 pp. Madrid. (España).

REINÉ, R.; CHOCARRO, C.; JUÁREZ, A.; BARRANTES, O.; BROCA, A.; FERRER, C., 2009. Características de la producción herbácea en los prados de siega del Pirineo de Huesca. En: *La multifuncionalidad de los pastos: producción ganadera sostenible y gestión de los ecosistemas*, Ed. R. REINÉ, O. BARRANTES, A. BROCA, C. FERRER (Ed.) Sociedad Española para el Estudio de los Pastos. Huesca (España), 101-107.

SPSS, 2006. SPSS para Windows, version 15.0, SPSS Inc.

SPECIFIC RICHNESS IN MOWN PYRENEAN MEADOWS AND ITS CONSEQUENCES ON THE FEEDING VALUE

Two types of mown meadows of the Pyrenees of Aragon were compared: on the one hand, meadows located in adverse ecological conditions and managed more extensively; on the other hand, meadows located in better conditions and more intensively managed. The first ones showed higher specific richness and higher quality, although lower production than the second ones. The quality was directly related to the forbs cover and negatively related to the grasses cover. In the meadows that show the highest biodiversity, certain compensation between their quality and their production was reached. Management guides should be elaborated to reconcile several objectives that at first approach can appear to be conflicting (biodiversity, production, quality). All these issues should be taken into account in the context of the multifunctionality of the farming activities, recognized by the European Union.

Key words: Management, extensive use, species cover, chemical analysis, forbs.

EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE VEGETACIÓN DE LA DIFERENCIA NORMALIZADA (NDVI) COMO INDICADOR DE LA BIOMASA AÉREA DEL PASTO DENSO (HÁBITAT 6320)

A. ALDEZABAL^{1*}, N. MANDALUNIZ², A. CAMPOS³, M. AZPIROZ⁴ Y L. URIARTE⁴

¹Landareen Biologia eta Ekologia Saila/Zientzia eta Teknologia Fakultatea

Euskal Herriko Unibertsitatea-Universidad del País Vasco (EHU-UPV)

644 p.k., 48080 Bilbao (Bizkaia)

² Producción Animal, NEIKER, Centro de Arkaute, Apdo. 46, 01080 Vitoria-Gasteiz

³ Fernando el Católico 15-17, bloque 2, 6ºA, 22700 Jaca (Huesca)

⁴ Aranzadi Institutua. Zorroaga gaina, 11. 20014 Donostia (Gipuzkoa)

*arantza.aldezabal@ehu.es

RESUMEN

Las técnicas de teledetección resultan muy atractivas y actualmente proporcionan un gran potencial para el análisis y seguimiento funcional de ecosistemas. No obstante, el éxito de su aplicación depende de la escala espacial y las condiciones climáticas dominantes en el área de estudio. Los objetivos del presente trabajo son: (1) Generar un modelo que pueda predecir la biomasa total y la biomasa verde *in situ* en función del Índice de Vegetación de la Diferencia Normalizada (NDVI), considerando la variabilidad espacial y el tratamiento (exclusión vs. pastoreo); (2) Evaluar si el NDVI permite discriminar las zonas de exclusión y zonas de pastoreo. El estudio se realizó en el Parque Natural de Aralar, donde fueron construidos 4 cercados permanentes para la exclusión del pastoreo. Los resultados indican que, a escala espacial detallada, el NDVI no es un buen estimador de la biomasa aérea y no es capaz de distinguir zonas de pastoreo frente a las no pastadas. Por ello, recomendamos que se utilice con mucha cautela, en especial a la hora de tomar decisiones sobre la gestión ganadera y remarcamos la necesidad profundizar en dicha relación, incluyendo más factores en los modelos, principalmente los relacionados con la estructura funcional del pasto.

Palabras clave: imágenes de satélite, producción primaria aérea, exclusión, pastoreo, *Jasiono-Danthonietum*.

INTRODUCCIÓN

Numerosos trabajos han demostrado la existencia de una buena correlación del Índice de Vegetación de la Diferencia Normalizada (NDVI, un índice espectral estimador de la fracción de la radiación fotosintéticamente activa interceptada por la vegetación) con la producción primaria aérea (Parelo *et al.*, 1997; Kerr y Ostrovsky, 2003; Alcaraz-Segura *et al.*, 2008;) y calidad del hábitat (Petorelli *et al.*, 2005). Sin embargo, son escasos los trabajos que los han validado con datos tomados *in situ* a una escala espacial detallada (por ejemplo, a escala de parcela experimental), ya que la obtención de datos de atributos vegetales (biomasa aérea, composición, altura, fenología, diversidad funcional) en campo, ligado al estudio del efecto del pastoreo en zonas de montaña, es laboriosa y costosa. Además la heterogeneidad espacial dificulta y complica esta la labor, y es difícil registrar largas series temporales.

Existen ‘lagunas de información’ que son muy frecuentes en los estudios de sistemas de pastoreo en la Cornisa Cantábrica, que a su vez, son fundamentales para el entendimiento del mismo y su

evolución espacio-temporal: (a) no hay datos fiables del pasado, ni de cargas ganaderas, ni de productividad; (b) cuando los hay, no están espacialmente explícitos, con lo cual corremos un gran riesgo de cometer errores en su interpretación; (c) carecemos de grandes series temporales de datos tomados en campo *in situ*; (d) esto último nos limita mucho la capacidad de poder predecir cómo afectará el cambio climático al sistema de pastoreo, y en consecuencia restringe las posibilidades de plantear estrategias de adaptación adecuadas.

Cabe pensar que la teledetección podría ayudar a resolver/superar estas limitaciones de información. Las técnicas de teledetección, resultan muy atractivas y actualmente proporcionan un gran potencial para el análisis y seguimiento funcional de ecosistemas. No obstante, el éxito de su aplicación depende de la escala espacial y las condiciones climáticas dominantes en el área de estudio, ya que se requieren imágenes de satélite “válidas”, sin nubosidad. Esto puede llegar a ser un problema en la montaña cantábrica, y limita su aplicación a escala espacial (puerto de montaña) y temporal (periodo de pastoreo). Por todo esto, surge la necesidad de evaluar su viabilidad como herramienta de estimación y seguimiento de la producción primaria.

Los objetivos del presente trabajo son:

(1) Generar un modelo que pueda predecir la biomasa total (BT) y la biomasa verde (BV) “*in situ*” en función del índice de vegetación NDVI, considerando la variabilidad espacial y el tratamiento (exclusión vs. pastoreo). En caso de que se obtuviese un buen ajuste BT vs. NDVI y/o BV vs. NDVI, sería posible analizar los cambios producidos en la productividad en una larga serie temporal y relacionarlos con los factores climáticos, y así elaborar modelos predictivos que posibilitasen simular distintos escenarios climáticos.

(2) Evaluar si el NDVI permite discriminar las zonas de exclusión y zonas de pastoreo. En tal caso, se podría detectar y cuantificar la heterogeneidad espacial del uso ganadero en la actualidad, y plantear una distribución espacial del pastoreo más adecuada para un aprovechamiento más óptimo del pasto (mejoras en la gestión del territorio).

MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio se ubica en el Parque Natural de la Sierra de Aralar, concretamente en la parte SW de Gipuzkoa. Presenta una temperatura media de 12,4°C y la pluviosidad es abundante en todas las estaciones, siendo a menudo junio el mes menos lluvioso. Las medias anuales son superiores a los 1.400 mm. En Aralar afloran mayoritariamente rocas sedimentarias y los materiales que dominan la zona son arcillas, margas, areniscas y calizas.

Desde junio de 2005, se establecieron cuatro parcelas (Oidui, Alotza, Uzkuiti, Igaratza) en la comunidad de pasto denso de *Jasiono-Danthonietum*, donde a lo largo de un seguimiento temporal que se inició en junio de 2005 y durante los meses de julio, agosto, septiembre y octubre se fueron tomando datos de campo hasta octubre de 2008 (Aldezabal *et al.*, 2009). En cada una de las parcelas se diferenciaron dos zonas (=tratamientos); la zona cerrada de 50 x 50 m para evitar el pastoreo (zona de exclusión) y alrededor de ella, con un radio de aproximadamente 25 m se consideró la zona de pastoreo (Figura 1).

Toma de datos de biomasa *in situ*

La frecuencia de muestreo fue mensual durante 4 periodos de pastoreo (de Mayo a Octubre de 2005, 2006, 2007 y 2008). Se utilizó el *método de corte* para recolectar la biomasa vegetal. En cada

muestreo, al azar y de forma simultánea, se tomaron muestras en cada localidad y se cortaron tres cuadrados (réplicas) de 1 m² en cada tratamiento: es decir, tres dentro de cada cercado y tres en la zona de pastoreo (que constantemente está bajo la influencia del pastoreo). Para más detalles, véase Aldezabal *et al.* (2009). De todo el seguimiento temporal solamente se utilizaron aquellas fechas coincidentes con las imágenes de satélite viables (Tabla 1).

Cálculo del NDVI

Para la realización de este trabajo, primero, se revisaron todas las imágenes de satélite disponibles que coincidiesen con las fechas de muestreo de la biomasa y se valoró su viabilidad para el cálculo del NDVI. Desafortunadamente, la mayoría de ellas tuvieron que ser descartadas debido a la gran nubosidad, y finalmente pudimos seleccionar 12 imágenes de satélite en total: siete fueron imágenes SPOT 5 HRG1 y cinco Landsat 5 Thematic Mapper (Tabla 1). Previo al análisis numérico posterior, comprobamos que la diferencia de resolución de las imágenes no afectaba de forma significativa a la estima del NDVI. Las imágenes pertenecen a la cubierta nacional preparada para el Plan Nacional de Teledetección (cortesía IGN). Además de esto, se dispuso de las ortofotos 1:5000 obtenidas en la Web cartográfica del Departamento de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio del Gobierno Vasco (<http://www.euskadi.net>), del Modelo Digital de Elevaciones con una resolución de 10m correspondiente al Parque Natural de Aralar, y del Mapa de Vegetación de la zona. Se aplicaron las correcciones (geométrica, radiométrica y topográfica) necesarias a las imágenes de satélite. El sistema de Referencia geodésico para todas las imágenes fue: ETRS89 (European Terrestrial Reference System 1989).

Tabla 1. Apareamiento de fechas entre muestreos de biomasa e imágenes de satélite.

Tipo imagen	Resolución	Imagen NDVI	Muestreo de biomasa			
Spot	10 x 10 m	24/07/2005	12/07/2005	13/07/2005	15/07/2005	
Spot	10 x 10 m	25/10/2005	17/10/2005	21/10/2005	-	
Spot	10 x 10 m	24/07/2006	17/07/2006	18/07/2006	-	
Landsat	30 x 30 m	11/08/2007	09/08/2007	10/08/2007	-	
Landsat	30 x 30 m	28/09/2007*	-	-	-	
Spot	10 x 10 m	13/10/2007	16/10/2007	22/10/2007		
Landsat	30 x 30 m	19/07/2008	18/07/2008	-	-	
Spot	10 x 10 m	05/08/2008*	-	-	-	
Spot	10 x 10 m	10/08/2008	18/08/2008	-	-	
Landsat	30 x 30 m	29/08/2008	21/08/2008	-	-	
Spot	10 x 10 m	30/08/2008	21/08/2008	-	-	
Landsat	30 x 30 m	23/10/2008	22/10/2008	-	-	

* No disponíamos de fechas coincidentes con el muestreo de biomasa

Análisis numérico

Inicialmente, se exploró si las variables biomasa total (BT) y biomasa verde (BV) se ajustaban bien a la distribución normal. Al no ajustarse bien, para generar un modelo de predicción de la BT^[1] y la BV^[2] *in situ* en función del índice de vegetación NDVI, se utilizaron modelos lineales generalizados (GLMs), asumiendo una distribución gamma de los errores y la función de enlace ‘recíproca’:

$$^{[1]} BT = C_0 + C_1 * NDVI + \epsilon, \quad ^{[2]} BV = C_0 + C_1 * NDVI + \epsilon$$

Los modelos GLM son una extensión de los modelos lineales que permiten utilizar distribuciones no normales de los errores (binomiales, poisson, gamma, etc.) y varianzas no constantes. De-

bemos prestar particular atención a: 1) Los tests de significación para los estimadores del modelo; 2) La cantidad de varianza explicada por el modelo. Esto en GLM se conoce como devianza (D^2). Para obtener una medida de la variabilidad explicada por el modelo, hemos de comparar la devianza del modelo nulo con la devianza residual:

$$D^2 = [(Devianza\ modelo\ nulo - Devianza\ residual) / Devianza\ modelo\ nulo] * 100$$

Así mismo, para analizar el efecto del tratamiento (exclusión vs. pastoreo) y el lugar (Alotza, Igaratza, Oidui, Uzkuiti) sobre el NDVI, se aplicó un ANOVA 2-factorial, tras comprobar la normalidad del NDVI.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La relación entre la biomasa total (BT) y la biomasa verde (BV) con el NDVI se ha expresado en la Figura 2. Como se puede apreciar, no existe una relación lineal entre dichas variables: a medida que aumenta el valor del NDVI, incrementa la variabilidad en los valores de BT y BV (la varianza no es constante). Según indican los resultados, el NDVI se relaciona de forma significativa con BT (GLM: $t=-2,146$; $p<0,05$), siendo éste el modelo obtenido: $BT = (0,0102 \pm 0,0030) - (0,0088 \pm 0,0041) * NDVI$. Sin embargo, su poder predictivo es muy bajo, ya que únicamente explica el 11,84% de la varianza. No ocurre lo mismo con BV, en cuyo caso la relación no ha resultado ser significativa (GLM: $t=-1,232$; $p>0,05$), siendo además la devianza explicada muy pequeña (4,84%).

Por otro lado, en la Figura 3-A se puede observar que el valor de NDVI varía de forma significativa entre lugares (ANOVA: $F= 3,14$; $p<0,05$), pero no entre tratamientos (ANOVA: $F= 1,71$; $p>0,05$). No obstante, la varianza explicada por el lugar es pequeña (9,51%). Esto significa que el NDVI es espacialmente heterogéneo y que no es un buen indicador de zonas de pastoreo y zonas excluidas. Aunque no se haya tratado estadísticamente es muy probable que la fecha afecte al valor del NDVI (Figura 3-B), lo cual indicaría una variabilidad temporal.

Estos resultados pueden ser debidos a que, por un lado, el ajuste entre la biomasa (total y verde) y NDVI no sea adecuado porque las fechas de los muestreos de biomasa no coinciden exactamente con las fechas de las imágenes analizadas, y por otro, porque el NDVI no ‘refleja’ la información de la estructura vertical del pasto, y por tanto no es capaz de detectar diferencias en la altura de la hierba en el pasto (Paruelo *et al.*, 1997). De hecho, en los pastos densos de Aralar, hemos encontrado una correlación muy alta entre la biomasa total y la altura de la hierba (datos inéditos).

CONCLUSIONES

Los resultados presentados en este trabajo indican que, a escala espacial detallada, el NDVI no es un buen estimador de la biomasa aérea y no es capaz de distinguir zonas de pastoreo frente a las no pastadas. A pesar de que las series temporales de imágenes de satélite constituyen una excelente herramienta para analizar los cambios en diferentes aspectos del funcionamiento de la vegetación, recomendamos que se utilicen con mucha cautela sobre todo a la hora de tomar decisiones en la gestión ganadera. Al ser estos resultados muy preliminares, existe la necesidad de profundizar en dicha relación incluyendo más factores en los modelos, principalmente los relacionados con la estructura funcional del pasto y su heterogeneidad espacio-temporal.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por la Cátedra Unesco (ref.: UNESCO07/07) y el Departamento de Medio Ambiente del Gobierno Vasco (acrónimo *k-egokitzen*). Queremos agradecer la ayuda prestada

por los compañeros de la S.C. Aranzadi en los muestreos, así como la labor realizada por el guarda de la Mancomunidad de Enirio-Aralar, Joxe Antonio Irastorza.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALCARAZ-SEGURA, D.; BALDI, G.; DURANTE, P.; GARBULSKY, M.F., 2008. Análisis de la dinámica temporal del NDVI en áreas protegidas: tres casos de estudio a distintas escalas espaciales, temporales y de gestión. *Ecosistemas*, **17**(3), 108-117.
- ALDEZABAL, A.; AZPIROZ, M.; URIARTE, L.; MANDALUNIZ, N., 2009. Efecto del pastoreo sobre la calidad nutritiva de los pastos de montaña. En: *La multifuncionalidad de los pastos: producción ganadera sostenible y gestión de los ecosistemas*, 253-259. Eds. R. REINÉ; O. BARRANTES; A. BROCA; C. FERRER. Sociedad Española para el Estudio de los Pastos, Huesca (España). 669 p.
- KERR, J.; OSTROVSKY, M., 2003. From space to species: ecological applications for remote sensing. *Trends in Ecology and Evolution*, **18**, 299-305.
- PARUELO, J.M.; EPSTEIN, H.E.; LAUENROTH, W.K.; BURKE, I.C., 1997. ANPP estimates from NDVI for the Central Grassland Region of the United States. *Ecology*, **78**, 953-958.
- PETTORELLI, N.; VIK, J.O.; MYSTERUD, A.; GAILLARD, J.M.; TUCKER, C.J.; STENSETH, N.C., 2005. Using the satellite-derived NDVI to assess ecological responses to environmental change. *Trends in Ecology and Evolution*, **20**, 503-510.

ASSESSING THE NORMALIZED DIFFERENCE VEGETATION INDEX (NDVI) AS INDICATOR OF THE ABOVEGROUND BIOMASS OF DENSE PASTURE (HABITAT 6320) SUMMARY

Remote sensing is an attractive tool that currently provides a great potential of analysis for monitoring functional changes in different ecosystems. However, the success of its application depends on the spatial scale and climatic conditions dominant at the study area. The main objectives of this work are: (1) to achieve a model for predicting *in situ* aboveground total biomass and live biomass in function of Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), taking into account the spatial variability and treatment (excluded vs. grazed); (2) to assess whether NDVI could be a good indicator of excluded and grazed zones. The study was carried out in the Natural Park of Aralar, where 4 permanent enclosures were built for obtaining non-grazed areas. Results indicated that, at fine-spatial (plot) scale, NDVI was not a good indicator of aboveground biomass and it is not able to distinguish between excluded and grazed areas. Hence, we suggest high caution for its application, especially for taking decisions on grazing management, and we proclaim that it is necessary to include more factors in the model, mainly factors which are related to the functional structure of pasture.

Key words: satellite images, aboveground primary production, excluded, livestock grazing, *Jasiono-Danthonietum*.

Figura 1. Imagen de la parcela de Alotza con la ortofoto 1:5000 (A) y la misma parcela con la imagen Spot5 (B). En cada punto marcado se ha medido el NDVI, para posteriormente calcular su promedio en la zona de exclusión y en la zona de pastoreo.

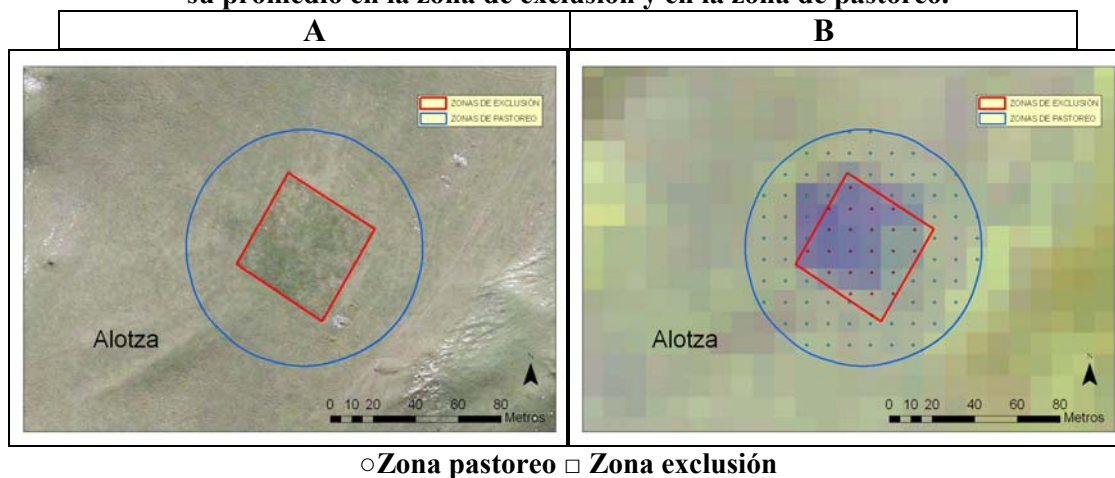


Figura 2. Diagramas de dispersión correspondientes a la biomasa total (A) y biomasa verde (B) en función del NDVI. Los puntos negros corresponden a las medidas de las exclusiones y los blancos a las zonas de pastoreo.

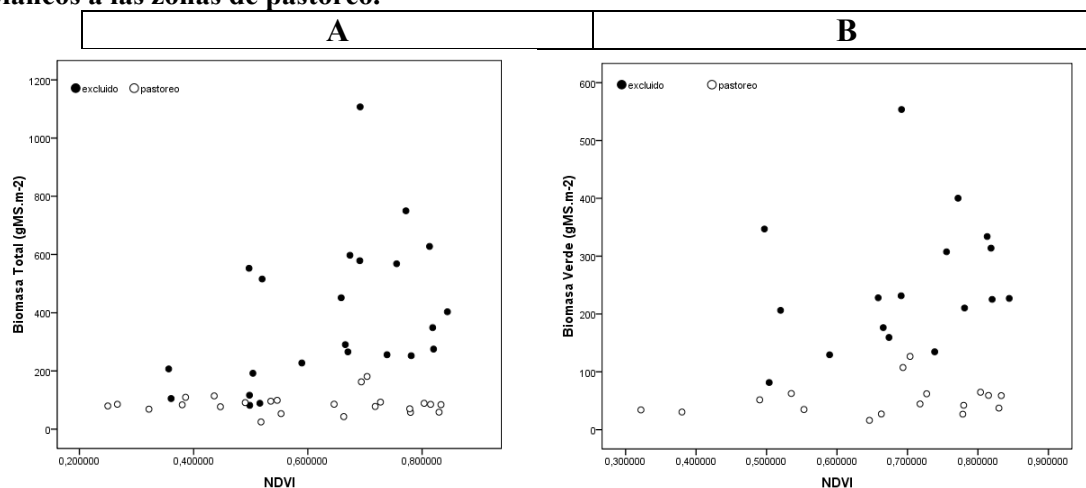
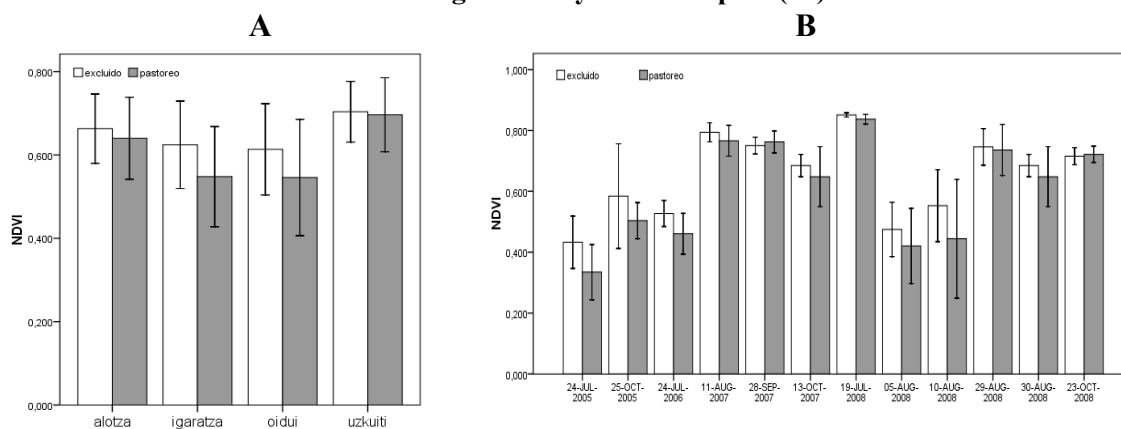


Figura 3. Gráfico de barras en el que se ha expresado el promedio de NDVI en función del tratamiento vs. lugar (A) y tratamiento vs. fecha (B). Las barras de error indican los intervalos de confianza en el gráfico A y el error típico (x2) en el B.



EVALUACIÓN DE DIFERENTES MÉTODOS DE ESCARIFICACIÓN EN SEMILLAS DE LEGUMINOSAS ARBUSTIVAS FORRAJERAS.

E. CHINEA¹, J. L. MORA¹ Y R. PEREZ-GALDONA²

¹Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agraria, Departamento de Edafología y Geología y,

²Departamento de Microbiología y Biología Celular, Universidad de Laguna (ULL) Tenerife (España).

Email: echinea@ull.es.

RESUMEN

En el presente trabajo se han ensayado diferentes métodos para mejorar la germinación de cuatro leguminosas arbustivas forrajeras (tagasaste y tres especies de *Teline*). Se estudió la germinación en semillas tratadas con arilo y sin arilo en las siguientes condiciones: a) escarificación en agua a 80° y 100° C; b) escarificación en ácido sulfúrico. Las semillas escarificadas se plantaron en macetas individuales en invernadero. Los mejores resultados para todas las especies se obtuvieron con la eliminación del arilo y el tratamiento con ácido sulfúrico concentrado durante 30 minutos.

Palabras clave: germinación, tagasaste, *Teline*

INTRODUCCIÓN

Las especies leguminosas arbustivas endémicas de las Islas son capaces de crecer y desarrollarse en áreas de baja fertilidad y escasas precipitaciones, y poseen una alta adaptación a las condiciones climáticas de nuestras islas. Estas especies, entre las que se encuentran las más apreciadas: *Chamaecytisus palmensis* (tagasaste), *Teline canariensis*, *Teline osyrioides sericea* y *Teline osyrioides osyrioides*, posibilitan promover una reducción del forraje de importación, sustituyendo éste por forraje autóctono de las Islas (China *et al.*, 2007). Dichos arbustos tienen el problema de que su principal método de propagación sea por semilla y, presentan resistencia a germinar debido al endurecimiento de la testa. El objetivo fue encontrar un método de escarificación eficaz para obtener un mayor índice de germinación y de precocidad.

MATERIAL Y MÉTODOS

Recolección. Las semillas se recolectaron en poblaciones naturales localizadas en la isla de Tenerife. Se tomaron los frutos de al menos quince plantas, se dejaron secar en bandejas para luego separar y limpiar las semillas viables. El color de la testa se basa en la tabla de colores para suelos de Munsell Color (1998).

Las especies y las localizaciones donde se recogieron fueron: *Chamaecytisus palmensis*, Rui-gómez (El Tanque), 950 m sobre el nivel del mar (msm), 20/06/02, peso de 100 semillas 2,68 g, color de la testa 7,5 R 2,5/1. *Teline canariensis*, Monte Aguirre (La Laguna), 750 msm, 1/07/98, peso de 100 semillas 0,61 g, color de la testa 7,5R 2,5/2. *Teline osyrioides osyrioides*, Los Carrizales (Buena-vista), 700 msm, 26/06/9, peso de 100 semillas 0,88 g, color de la testa 10R 2,5/1. *Teline o. sericea*, Barranco El Bueno (Arico), 750 msm, 5/7/98, peso de 100 semillas 0,56 g, color de la testa 10R 2,5/2.

Tratamientos. Se estudió la germinación en semillas tratadas con arilo y sin arilo en las siguientes condiciones: a) escarificación en agua a 80° y 100° C; b) escarificación en ácido H₂SO₄ al 96%. La eliminación del arilo se llevó a cabo en cada semilla con un bisturí procurando no dañar la cubierta seminal. La escarificación con agua a 80° C se realizó colocando las semillas desariladas y con arilo, por separado en el agua a esa temperatura, hasta que el agua se enfrió. En la escarificación

en agua hirviendo, se sumergieron las semillas desariladas y con arilo durante 50 segundos a 100° C, y luego se lavaron con agua. La escarificación en ácido sulfúrico se estudió en tratamientos de 30, 35 y 40 minutos de duración.

Maceta, sustrato y cultivo en invernadero. Las bandejas fueron del tipo contenedor en bloque (marca Super-Leach) con 63 conos forestales (macetas) con una capacidad de 123 cm³. Se trata de macetas individuales con orificio de drenaje y autorrepicado. El sustrato empleado fue una mezcla de turba, picón (material volcánico fragmentado de composición basáltica) y suelo arcilloso, en la proporción 4:3:2. La siembra comenzó el 16/10/02 y el periodo de germinación se dio por concluido a las 14 semanas. La unidad experimental fue de 25 semillas. Para cada uno de los tratamientos realizados por especie se utilizaron cuatro repeticiones de 25 semillas cada una. La plantación se hizo en el invernadero de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agraria (Universidad de La Laguna). La dosis de riego fue la necesaria para mantener la superficie saturada (pH= 8,3; CE= 0,43 dS/m). La temperatura media fue de 17,5° C y la humedad relativa de 72%.

Análisis estadístico. El porcentaje de germinación se transformó con la ecuación arcoseno $(X+ 1)^{1/2}$ para ajustarla a la normalidad. El análisis de los datos se realizó mediante ANOVA y test post-hoc MDS ($P= 0,05$). Se utilizó el programa SPSS 15 (SPSS, 2006).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis de las interacciones entre factores y especies. Para cada uno de los factores se obtuvieron niveles de probabilidad altamente significativos ($P \leq 0,001$), que indican variaciones muy considerables de los porcentajes de germinación dependiendo de la especie, de la retirada del arilo a las semillas y de los tratamientos de escarificación aplicados (Tabla 1).

Tabla 1. ANOVA para las especies *Chamaecytisus palmensis*, *Teline canariensis*, *Teline osyrioides osyrioides* y *Teline osyrioides sericea*

Fuente	F	Gl	P
Especie	6,493	3	0,000
Arilo	62,648	1	0,000
Ácido	49,773	3	0,000
Agua caliente	10,657	2	0,000
Especie x arilo	17,480	3	0,000
Especie x ácido	2,140	4	0,080
Especie x agua caliente	0,685	5	0,636
Arilo x ácido	7,992	3	0,000
Arilo x agua caliente	1,940	2	0,148
R ²			0,826

Gl=grados de libertad.

El factor “arilo” presenta una interacción muy significativa ($P=0,000$) con el factor “especie”. Este resultado revela que, aunque la presencia o ausencia de arilo en las semillas afecta significativamente a su porcentaje de germinación, esta influencia no es de igual importancia en las cuatro especies estudiadas. El factor “arilo” también muestra una interacción muy significativa ($P=0,000$) con el factor “ácido”, indicando que la presencia o ausencia de arilo en la semilla influye marcadamente en la efectividad de los distintos tratamientos con ácido. El estudio estadístico de la germinación de semillas de *Ch. palmensis* (Tabla 2) detecta diferencias significativas en función de los tres factores considerados, arilo, ácido y agua caliente. La interacción significativa entre “arilo” y “ácido” en esta especie refleja una sinergia entre ambos factores, al aumentar la retirada del arilo la efectividad del tratamiento con ácido.

Tabla 2. ANOVA para cada una de las especies *Chamaecytisus palmensis*, *Teline canariensis*, *Teline osyrioides osyrioides* y *Teline osyrioides sericea*

	<i>Ch. palmensis</i>			<i>T. canariensis</i>			<i>T. o. osyrioides</i>			<i>T.o. sericea</i>		
	F	Gl	P	F	Gl	P	F	Gl	P	F	Gl	P
Arilo	29,281	1	0,000	3,560	1	0,070	8,440	1	0,006	62,496	1	0,000
Ácido	38,505	3	0,000	7,720	1	0,010	22,924	3	0,000	19,726	2	0,000
Agua caliente	6,616	2	0,002	2,620	2	0,091	4,283	2	0,021	1,974	2	0,153
Arilo x ácido	4,366	3	0,006	6,050	1	0,021	1,334	3	0,280	65,144	2	0,000
Arilo x agua caliente	2,086	2	0,128	4,805	2	0,018	0,166	1	0,686	4,952	2	0,013
R ²			0,638			0,326			0,721			0,768

Gl=grados de libertad.

En *T. canariensis* (Tabla 2), sólo la escarificación con ácido altera significativamente los porcentajes de germinación, aunque la efectividad de la retirada del arilo y de la escarificación con agua caliente se encuentra en ambos casos próxima al nivel de probabilidad considerado ($P \leq 0,05$). La existencia de interacciones estadísticamente significativas entre la presencia de arilo y los tratamientos con ácido y con agua caliente, refleja la influencia positiva de la retirada del arilo en la efectividad de ambos tipos de tratamiento. En el caso de *T. o. osyrioides* (Tabla 2), todos los factores considerados, “arilo”, “ácido” y “agua caliente” muestran una influencia estadísticamente significativa en la germinación obtenida. En esta especie no se observan interacciones significativas entre factores. En *T. o. sericea* (Tabla 2) se detecta una influencia muy significativa ($P=0,000$) de la retirada del arilo y del tratamiento con ácido sobre la germinación, pero no de la escarificación con agua caliente. Las interacciones entre la presencia de arilo y los tratamientos con ácido y arilo resultan estadísticamente significativas, mostrando la retirada del arilo una influencia variable en función de la intensidad de los tratamientos.

Escarificación con ácido de las cuatro especies. Como se puede apreciar en la Figura 1, la aplicación de cualquiera de los tratamientos de ácido produce un incremento del porcentaje de germinación, alcanzándose el valor más alto $91\% \pm 4,0$ en tratamiento de 30 minutos de ácido a semillas sin arilo. Se observan diferencias significativas entre todos los tiempos de tratamiento con ácido salvo entre los de 30 y 40 minutos, que presentan valores muy similares. En todos los casos la retirada del arilo mejora significativamente el porcentaje de germinación.

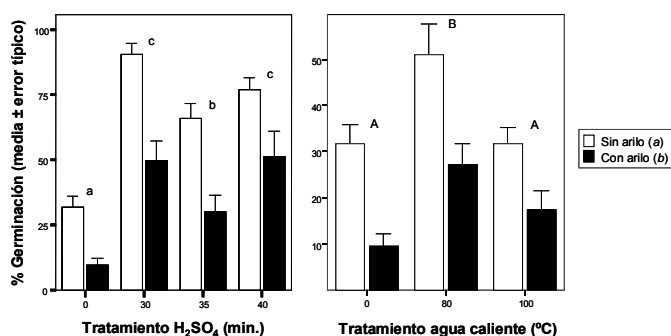


Figura 1. Todas las especies. Las diferencias significativas se indican con distintas letras itálicas (tratamiento H₂SO₄), mayúsculas (agua caliente) o cursivas (presencia de arilo)

Escarificación con agua caliente de las cuatro especies. La germinación de semillas escarificadas con agua a 80°C es significativamente superior a la de las semillas no-tratadas o escarificadas a 100°C, presentándose la mayor germinación, $51\% \pm 6,7$, en el tratamiento de escarificación a 80°C de

semillas sin arilo (Figura 1). La retirada del arilo incrementa significativamente la germinación, presentando en todos los casos mayores porcentajes de germinación los tratamientos con semillas sin arilo.

Escarificación con ácido y agua caliente en *Ch. palmensis*. La retirada del arilo facilita significativamente la germinación (Figura 2). El tratamiento con ácido durante 40 minutos produjo un incremento significativo de la germinación, obteniéndose los mejores resultados, $78\% \pm 7,9$, en semillas sin arilo a los 30 días. También la escarificación con agua a 80°C produjo una germinación significativamente mayor que la del control, dándose también los valores más altos, 64 ± 14 , en semillas sin arilo a los 60 días. Los resultados muestran valores de germinación superiores a los obtenidos por China *et al.* (2006) que utilizaron cámara de germinación para la misma especie e iguales tratamientos (54% y 60%, respectivamente). Por otra parte son inferiores al 75 % de germinación referido por Olea *et al.* (1993) para semillas con arilo de la misma especie tras cocción en agua hirviendo durante un minuto, y por Pérez de Paz *et al.* (1986) en contenedor con sustrato y Reghunath *et al.* (1993), que obtuvieron porcentajes de germinación mucho más altos (aprox. 90%) tras la inmersión en agua hirviendo durante algunos minutos.

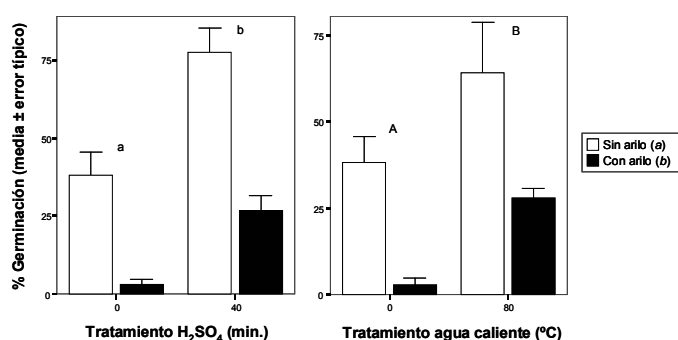


Figura 2. *Chamaecytisus palmensis*. Las diferencias significativas se indican con distintas letras *itálicas* (tratamiento H₂SO₄), mayúsculas (agua caliente) o cursivas (presencia de arilo)

Escarificación con ácido y agua caliente en *T. canariensis*. La retirada del arilo produjo un incremento de la germinación de las muestras tratadas con ácido o agua caliente, pero apenas influyó en la germinación de las semillas no-tratadas. El tratamiento con ácido sulfúrico durante 35 minutos produjo un aumento significativo en la germinación, de hasta $49\% \pm 6,6$ a los 45 días en semillas sin arilo (Figura 3)

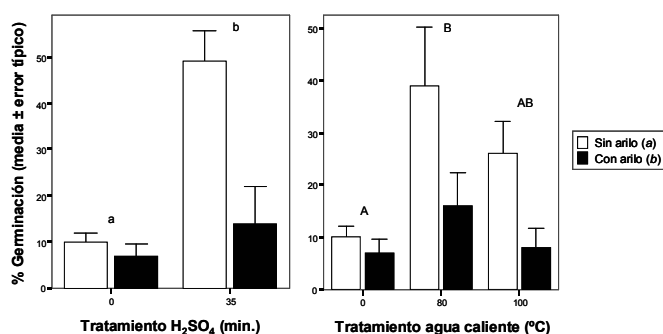


Figura 3. *Teline canariensis*. Las diferencias significativas se indican con distintas letras *itálicas* (tratamiento H₂SO₄), mayúsculas (agua caliente) o cursivas (presencia de arilo)

En el caso del agua caliente sólo se observó una mejora significativa de la germinación, $38\% \pm 11,3$ en semillas sin arilo, a los 45 días, en el tratamiento de escarificación con agua a 80°C . Estos valores son superiores a los obtenidos por Chinae *et al.* (2006) en cámara de germinación para la misma especie e igual tratamiento (43% y 37% , respectivamente). Por otra parte, los resultados son inferiores a los conseguidos para la misma especie con arilo por Pérez de Paz *et al.* (1986) en contenedor con sustrato con agua a 100°C durante 60 segundos (89%) y escarificado mecánico (81%).

Escarificación con ácido y agua caliente en *Teline o. osyrioides*. Todos los tratamientos con ácido (30, 35 y 40 minutos) dieron lugar a incrementos significativos de la germinación respecto al control, aunque el incremento fue mayor en los tratamientos de 30 y 40 minutos (Figura 4). Las mejores germinaciones, $81\% \pm 4,0$, se obtuvieron con semillas sin arilo tratadas con ácido durante 30 minutos a los 40 días. También la escarificación con agua caliente a 80°C produjo un incremento significativo de la germinación, $52\% \pm 5,9$ en semillas con arilo, a los 60 días. En general, la retirada del arilo mejora los valores de germinación, si bien en las semillas tratadas con ácido durante 35 y 40 minutos dicha influencia es apenas perceptible. Estos resultados muestran germinaciones superiores a las obtenidas para la misma especie por Chinae *et al.* (2006) con cámara de germinación utilizando semillas con arilo tratadas con ácido durante 40 minutos (62%) y semillas sin arilo tratadas con ácido durante 30 minutos (61%). También son superiores a los valores de Lucía Sauquillo *et al.* (1994) en contenedor con sustrato (74%) utilizando una escarificación mecánica mediante papel de lija.

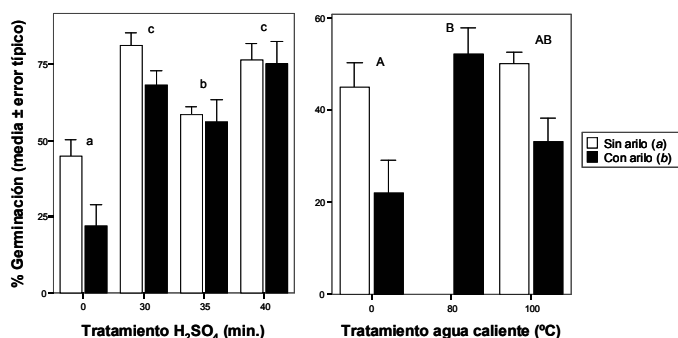


Figura 4. *Teline o. osyrioides*. Las diferencias significativas se indican con distintas letras *itálicas* (tratamiento H₂SO₄), *mayúsculas* (agua caliente) o *cursivas* (presencia de arilo)

Escarificación con ácido y agua caliente en *T. o. sericea*. Los tratamientos con ácido durante 30 y 35 minutos produjeron en ambos casos una mejora en la germinación, $100\% \pm 0$ en semillas sin arilo a los 60 días, significativamente mayor en el tratamiento de 30 minutos de duración (Figura 5).

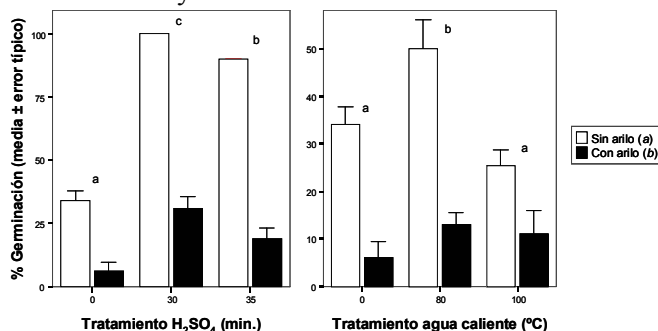


Figura 5. *Teline o. sericea*. Las diferencias significativas se indican con distintas letras *itálicas* (tratamiento H₂SO₄), *mayúsculas* (agua caliente) o *cursivas* (presencia de arilo)

En cuanto a la escarificación con agua caliente, sólo el tratamiento a 80° C produjo un incremento significativo en la germinación, 50% ± 6,0 en semillas sin arilo, a los 30 días. La retirada del arilo facilita visiblemente el proceso de germinación, presentando en todos los casos mayores porcentajes de germinación en los tratamientos de semillas sin arilo. Los valores de germinación obtenidos son superiores a los referidos por Chinea *et al.* (2006) en cámara controlada para la misma especie e igual tratamiento, 79% y 76%, respectivamente.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por el Excmo. Cabildo Insular de Tenerife.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CHINEA, E.; BARQUÍN, E.; GARCÍA-CIUDAD, A., 2006. Methods of seed germination in four leguminous forage shrubs. En: *Sustainable Grassland Productivity*. J. Lloveras *et al.*, (Eds.). European Grassland Federation. Badajoz, (España).143-145.

CHINEA, E.; GARCÍA-CIUDAD, A.; BARQUÍN, E.; GARCÍA-CRIADO, B., 2007. Evaluation of endemic leguminous forage shrubs from the Canary Islands. 1. Germplasm characterisation and forage production. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, **50**, 417-427.

LUCÍA SAUQUILLO, V.; ARCO-AGUILAR, M.J.; ACEBES-GINOVÉS, J.R.; PÉREZ DE PAZ P.L.; WILPREDT DE LA TORRE, W., 1994. Contribución al estudio de plantas canarias con interés ornamental. II. *Vieraea*, **23**, 73-107.

MUNSELL COLOR (1998). *Munsell Soil color charts*. New Windsor. New York (USA).

OLEA, L.; PAREDES, J.; VERDASCO, M^a.P., 1993. Caracterización y posibilidades de introducción en el S.O. de la Península Ibérica del material vegetal de tagasaste (*Chamaecytisus palmensis*, K.) de las Islas Canarias. *Actas de la XXXIII Reunión Científica de la SEEP*. Ciudad Real (España), 211-218.

PÉREZ DE PAZ, P.L.; ARCO-AGUILAR, M.J.; ACEBES-GINOVÉS, J.R.; WILPREDT DE LA TORRE, W., 1986. *Leguminosas Forrajeras de Canarias*. Ed. Museo Insular de Ciencias Naturales, 157 pp. Cabildo Insular de Tenerife (España).

REGHUNATH, B.R.; FRANCISCO-ORTEGA J.; NEWBURY H.J.; FORD-LLOYD, B., 1993. Methods for increasing the efficiency of seed germination in the fodder legumes tagasaste and escobón (*Chamaecytisus proliferus* (L.fil.) Link *sensu lato*). *Seed Science Technology*, **21**, 225-235.

SPSS 2006. *SPSS for Windows V. 15*. SPSS Inc. Chicago, Illinois (USA).

EVALUATION OF VARIOUS SCARIFICATION METHODS IN THE SEEDS OF ENDEMIC LEGUMINOUS FORAGE SHRUBS

SUMMARY

In this work several methods have been assayed to improve the germination of four leguminous forage shrubs (tagasaste and three *Teline* species). The germination was studied in seeds with and without aril under the following conditions: a) water scarification at 80 and 100°C, b) sulphuric acid scarification. The scarified seeds were sowed on separate pots in a greenhouse. The best results were obtained for all species aril-removal and treatment with concentrated sulphuric acid during 30 minutes.

Key words: seed germination, tagasaste, *Teline*

PRODUCCIÓN DE 26 VARIEDADES DE ALFALFA EN EL OESTE ESPAÑOL DURANTE CINCO AÑOS.

L. GARCÍA CRIADO, L.F. LORENZO MARTIN, B.R. VÁZQUEZ-DE-ALDANA, A. GARCÍA-CIUDAD, C. PETISCO Y B. GARCÍA-CRIADO

Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Salamanca (IRNASA-CSIC). Apdo. 257, 37071 Salamanca.

RESUMEN

La alfalfa es uno de los principales cultivos forrajeros en España; se aprovecha principalmente mediante siega (heno en campo y deshidratación) para la alimentación del ganado. El objetivo de este trabajo fue evaluar la producción de 26 variedades de alfalfa, en regadío, en la provincia de Salamanca, durante un período de cinco años. Durante el primer año de establecimiento, la producción anual media de las variedades fue de 937 g/m², (rango: 806 g/m² – 1011 g/m²). El segundo año fue el de producción máxima, siendo la media de las variedades de 1725 g/m², en el rango de 1593g/m² – 1890 g/m². En el tercer y cuarto año la producción fue ligeramente menor, con medias de 1578 g/m² y 1641 g/m² respectivamente; y en el quinto año la producción media disminuye a 813 g/m², con oscilaciones entre las variedades desde 209 g/m² a 1121 g/m². Las variedades de mayor producción en el tercer año aparecen también como las más productivas en la media de los cinco años: ‘Alfamer’, ‘Aragón’, ‘Baraka’, ‘Campera’, ‘Capitana’, ‘Nogara’, ‘Sprinter’, ‘S. Isidro’, ‘Sutter’ y ‘Victoria’. Por otro lado, las variedades menos productivas ‘Verdal’, ‘Milfeuil’, ‘Mediterránea’, son las de menor persistencia en el último año.

Palabras clave: cultivo forrajero, *Medicago sativa*, materia seca.

INTRODUCCIÓN

La alfalfa (*Medicago sativa* L.) es uno de los cultivos forrajeros más extendidos en España; apreciada por su producción, valor nutritivo, resistencia a enfermedades, persistencia y resistencia a las bajas temperaturas del invierno (Del Pozo Ibáñez, 1983). Según el Anuario de Estadística Agraria referente a datos de 2007, es el segundo cultivo forrajero en superficie (250 925 ha) y el primero en producción (más de 12,5 millones de toneladas, peso verde). La comunidad de Aragón es la que mayor superficie dedica a este cultivo (40,1%), seguida de Castilla y León (28,4%), Cataluña (15,3%) y Castilla la Mancha (5,8%) (MARM, 2008). En la Comunidad de Castilla León la superficie dedicada al cultivo de la alfalfa se ha incrementado en los últimos diez años en un 34,0%.

Se destina casi en su totalidad, a la alimentación animal y se consume principalmente henificada (41,4%) y deshidratada (54,7%), siendo muy reducido el consumo directo en pastoreo. La utilización de forrajes deshidratados ha aumentado considerablemente en los últimos años, y a nivel nacional es el único cultivo forrajero que se destina a la deshidratación (MARM, 2008). Además, la producción de forrajes deshidratados en España supone casi un 50% del total de la UE en la campaña 2007/08 (AEFA, 2009).

En la provincia de Salamanca los pastos de dehesa ocupan una gran extensión y se aprovechan principalmente por ganado vacuno y ovino en régimen extensivo. Sin embargo, la superficie dedicada al cultivo de la alfalfa (1027 ha) es bastante reducida e insuficiente para cubrir las necesidades del ganado en épocas de penuria, por lo que es necesario importar alfalfa henificada de otras comunida-

des. La implantación de 16 plantas deshidratadoras en la Comunidad de Castilla y León, así como las características de la zona, hacen que la alfalfa pueda ser un cultivo de interés y con potencial en la zona (Morales Corts *et al.*, 2000).

Existen numerosas variedades de alfalfa en el mercado, ya que es una especie que se caracteriza por su adaptación a una gran cantidad de ambientes. El cultivar ‘Aragón’ se cultiva principalmente en el valle del Ebro, en regadío, con un aprovechamiento mediante siega del 98,8% (Delgado *et al.*, 2004). El cultivar ‘Tierra de Campos’ está muy extendido en la zona centro de Castilla y León (Valladolid, Palencia y León) donde se cultiva en secano con aprovechamiento mediante siega para heno, pastoreo de los rebrotes y para la producción de semilla para uso propio. A nivel regional son muy escasos los estudios comparativos de variedades comerciales (García Criado y García Criado, 1983; García *et al.*, 2004), lo que justifica plenamente los estudios que permitan conocer las diversas características fenológicas, agronómicas y de calidad de las distintas variedades de una especie.

El objetivo del presente estudio es la evaluación de la producción de 26 variedades de alfalfa, inscritas en el Registro Nacional de Variedades, durante cinco años, en una zona de regadío de la provincia de Salamanca.

MATERIAL Y MÉTODOS

El ensayo se realizó en una parcela de regadío de la finca experimental ‘Muñovela’ (término municipal de Barbadillo, Salamanca), durante el período 2003-2007. La temperatura media anual del período de ensayo fue de 11,6 °C y las temperaturas extremas fueron -9,6 °C en enero del 2006 y 39,5 °C en agosto de 2007; la precipitación anual osciló entre 274 mm y 504 mm. La parcela de ensayo se situó sobre un suelo areno-arcilloso, con un pH=6,4; bajo en nitrógeno y materia orgánica, muy bajo en potasio, bajo en magnesio, normal en calcio y alto en fósforo. Se consideraron 26 variedades de alfalfa inscritas en la Oficina Española de Variedades Vegetales (OEVV). Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con cuatro repeticiones. Cada repetición contiene todas las variedades en parcelas de 5,0 m x 1,3 m (6,5 m²), separadas unas de otras por pasillos de 30 cm.

La siembra se efectuó a voleo el día 8 de Abril de 2003, con una dosis variable para cada variedad (30 kg/ha de semilla viable para la variedad ‘Aragón’ que se tomó como testigo). Las semillas procedían de ensayos previos realizados en colaboración con el Instituto Nacional de Semillas y Plantas de Vivero, actualmente OEVV. La dosis de siembra de cada variedad se determinó a partir de un ensayo previo sobre el poder germinativo y el peso de 1000 semillas. El abonado de establecimiento fue 800 kg/ha del complejo NPK (8-15-15) y el abonado de mantenimiento de 600 kg/ha por año, aportado a principios del mes de marzo, durante todos los años que duró el experimento. A partir del segundo año de cultivo, se aplicó el herbicida Velpar (Hexacina 90%) en el mes de febrero para la eliminación de la vegetación espontánea.

El experimento se mantuvo durante un total de cinco años consecutivos (2003-2007). En el primer y quinto año de cultivo se realizaron cuatro cortes, y en el resto de los años se efectuaron seis cortes (Tabla 1). Los cortes se realizaron en el inicio de floración, utilizando en todos los casos una moto-segadora provista de una barra de corte de 1 m de ancho, que se pasaba por el centro de la parcela, en el sentido longitudinal de la misma, controlándose 5 m² por parcela; de esta forma el efecto borde entre parcelas era mínimo.

La biomasa total obtenida en cada parcela se pesó en verde directamente en campo. A continuación se tomó una sub-muestra de unos 500 g, se guardó en una bolsa de plástico herméticamente cerrada y se trasladó al laboratorio para determinar la producción de materia seca, mediante secado en estufa de aire forzado a 60 °C durante 48 horas.

Se realizó un análisis de la varianza (ANOVA) para determinar diferencias: (1) para cada uno de los cortes de cada año (media de las 26 variedades), y (2) para cada variedad a lo largo de los años de la experiencia. Para las comparaciones entre medias se utilizó el test de de Duncan. Todos los análisis se realizaron con el paquete estadístico SPSS 17.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el primer año de establecimiento, apenas existen diferencias de la producción entre variedades; la producción media anual fue 937 g/m² (Tabla 1), únicamente se diferencia la variedad ‘Bar MS 82439’ con la producción máxima (1011 g/m²), de ‘Verdal’ con la producción mínima (806 g/m²) (Tabla 2). Producciones similares han sido obtenidas por García Criado y García Criado (1983) y Delgado *et al.* (2004); sin embargo, Amella *et al.* (1985) obtienen cotas inferiores para el primer año.

En el segundo año de control la producción aumenta, tanto por el mayor número de cortes como por el valor de los mismos, siendo la producción media de las 26 variedades de 1725 g/m² (Tabla 1). Las principales diferencias estadísticamente significativas entre variedades, se detectaron entre las variedades de producción máxima ‘Capitana’ (1890 g/m²), ‘Sprinter’ (1847 g/m²), ‘Supreme 13R’ (1841 g/m²) y las variedades de producción mínima: ‘Melissa’ (1593 g/m²), y ‘Verdal’ (1599 g/m²) (Tabla 2). El aumento de la producción respecto al primer año es frecuente (García Criado y García Criado, 1983; Martínez y Palomero, 1990; Lloveras *et al.*, 1998), y las producciones obtenidas son similares a las de Delgado *et al.* (2007) para una sola variedad registro, superiores a las de García Criado y García Criado (1983), y más bajas que las obtenidas por Lloveras *et al.* (1998) para un conjunto de nueve ensayos.

En el tercer año la producción anual media de las variedades (1578 g/m²) fue ligeramente inferior a la del segundo año (Tabla 1). Las principales diferencias estadísticamente significativas entre variedades se perciben entre las variedades de producción máxima: ‘S. Isidro’ (1797 g/m²), ‘Aragón’ (1774 g/m²), ‘Alfamer’ (1733 g/m²), ‘Campera’ (1712 g/m²) y las variedades de producción mínima: ‘Verdal’ (1350 g/m²), ‘Bar MS 82439’ (1438 g/m²) y ‘Miral’ (1442 g/m²) (Tabla 2). Delgado *et al.* (2007) en ensayos con una variedad obtienen producciones similares y García Criado (1983) y Delgado *et al.* (2004) citan valores inferiores mientras que Olea *et al.* (1985) y Lloveras *et al.* (1998) obtuvieron producciones más elevadas.

En el cuarto año de control, la producción anual media de las variedades fue de 1640 g/m² (Tabla 1), valor que se sitúa entre las producciones del segundo y tercer año. En este año, se detectaron diferencias significativas ($P < 0,05$) entre variedades, en casi todos los cortes (Tabla 1). Las diferencias significativas entre producciones anuales máximas y mínimas (Tabla 2), separan por un lado a las variedades ‘Baraka’ (1926 g/m²), ‘Capitana’ (1902 g/m²) ‘Sprinter’ (1882 g/m²), ‘Campera’ (1878 g/m²), ‘Sutter’ (1872 g/m²), ‘Alfamer’ (1833 g/m²), ‘S. Isidro’ (1827 g/m²) y ‘Aragón’ (1791 g/m²) y por otro lado a las variedades de menor producción: ‘Verdal’ (1256 g/m²), ‘Milfeuil’ (1298 g/m²), ‘Tierra de Campos’ (1391 g/m²), ‘Bar MS 82439’ (1417 g/m²) y ‘Melissa’ (1439 g/m²). Los resultados

de otros trabajos muestran valores de producción inferiores con menor número de variedades (Amella *et al.*, 1985; Lloveras *et al.*, 1998; García *et al.*, 2004; Delgado *et al.*, 2007).

Tabla 1. Producción de materia seca de 26 variedades de alfalfa, en cada corte y año de cultivo.

Año	Corte	Fecha	Producción g/m ²				SD	CV(%)	Nivel de
			Rango	Media	Distribución anual (%)	Signif.			
1	1	10/06/2003	56 – 295	149	15,9	38,5	25,8	NS	
	2	22/07/2003	100 – 385	255	27,3	54,5	21,4	NS	
	3	21/08/2003	98 – 490	282	30,1	46,4	16,5	*	
	4	30/09/2003	101 – 347	250	26,7	44,4	17,7	NS	
	Anual		532 – 1200	937	100,0	115	12,3	NS	
2	1	20/05/2004	121 – 507	350	20,3	60,0	17,2	**	
	2	29/06/2004	279 – 513	406	23,6	58,2	14,3	NS	
	3	22/07/2004	198 – 489	310	18,0	46,8	15,1	**	
	4	25/08/2004	218 – 379	300	17,4	31,4	10,5	*	
	5	20/09/2004	127 – 288	215	12,4	32,1	15,0	**	
	6	27/10/2004	57 – 195	144	8,3	34,2	23,7	**	
Anual		1295 – 2007	1725	100,0	144	8,4	NS		
3	1	19/05/2005	90 – 506	334	21,2	76,9	23,0	NS	
	2	17/06/2005	229 – 396	326	20,7	33,9	10,4	**	
	3	12/07/2005	175 – 389	289	18,3	39,5	13,7	**	
	4	04/08/2005	129 – 302	221	14,0	40,4	18,2	**	
	5	09/09/2005	130 – 329	253	16,0	38,0	15,0	NS	
	6	07/10/2005	56 – 232	153	9,7	42,2	27,5	**	
Anual		1123 – 1907	1578	100,0	164	10,4	**		
4	1	11/05/2006	231 – 510	379	23,1	63,0	16,6	**	
	2	14/06/2006	291 – 533	382	23,3	45,4	11,9	NS	
	3	12/07/2006	35 – 360	269	16,4	57,7	21,5	**	
	4	10/08/2006	41 – 362	246	15,0	84,4	34,3	**	
	5	13/09/2006	16 – 330	229	14,0	75,5	32,9	**	
	6	31/10/2006	28 – 191	135	8,3	33,6	24,8	**	
Anual		808 – 2084	1640	100,0	263	16,0	**		
5	1	03/07/2007	0 – 461	291	35,6	84,3	28,9	**	
	2	31/07/2007	0 – 363	213	26,1	98,2	46,0	**	
	3	05/09/2007	0 – 368	186	22,7	116,5	62,8	**	
	4	15/10/2007	0 – 220	127	15,6	75,6	59,4	**	
Anual		0 – 1280	818	100,0	341	41,8	**		

NS = No significativo; */ ** Diferencias significativas al nivel de P<0,05 y P<0,01 respectivamente

El nivel de significación hace referencia al resultado del ANOVA sobre diferencias entre variedades en cada uno de los cortes.

En el quinto y último año de control, la producción media anual (Tabla 1) disminuye a la mitad respecto a años anteriores (producción media 818 g/m²), siendo además numéricamente inferior a la del primer año de establecimiento. Amella *et al.* (1985) señalan cotas inferiores. Los resultados de este año ofrecen una indicación de la persistencia del cultivo, y hay grandes diferencias entre variedades ya que en algunos casos no se obtiene producción. Aquí destaca un grupo de variedades con menor producción y significativamente diferente a la del resto de variedades: ‘Mediterránea’, ‘Verdal’, ‘Mil-feuil’, ‘Melissa’, ‘Almar’, ‘Altiva’ y ‘Tierra de Campos’ (Tabla 2).

La producción media de los cinco años fue 1339 g/m² (Tabla 1). Las principales diferencias estadísticamente significativas se observan entre las variedades de producción máxima: ‘Capitana’, ‘S.

°Isidro’, ‘Sprinter’ y las variedades menos productivas: ‘Verdal’, ‘Milfeuill’ y ‘Mediterránea’, que son además algunas de las de menor persistencia en el último año (Tabla 2).

Tabla 2. Producción anual de las 26 variedades de alfalfa (periodo 2003-07).

Variedad	Primer año g/m ²	Segundo año g/m ²	Tercer año g/m ²	Cuarto año g/m ²	Quinto año g/m ²	Media g/m ²
Alfamer	987 ^{ab}	1756 ^{abcd}	1733 ^{efg}	1833 ^{efg}	976 ^{efg}	1457 ^{bcd}
Almar	944 ^{ab}	1608 ^{ab}	1536 ^{abcdef}	1664 ^{cdefg}	497 ^{abcd}	1290 ^{abcd}
Altiva	974 ^{ab}	1707 ^{abcd}	1560 ^{abcdefg}	1509 ^{abcde}	517 ^{abcd}	1253 ^{abcd}
Ampurdan	994 ^{ab}	1771 ^{abcd}	1518 ^{abcde}	1696 ^{cdefg}	1061 ^{efg}	1408 ^{bcd}
Aragón	924 ^{ab}	1794 ^{abcd}	1774 ^{fg}	1791 ^{defg}	1013 ^{efg}	1459 ^{bcd}
Bar MS 82439	1011 ^b	1690 ^{abcd}	1438 ^{ab}	1417 ^{abc}	620 ^{bcd}	1235 ^{abcd}
Baraka	816 ^{ab}	1749 ^{abcd}	1673 ^{bcdefg}	1926 ^g	1121 ^g	1457 ^{bcd}
Campera	953 ^{ab}	1758 ^{abcd}	1712 ^{defg}	1878 ^g	1076 ^{efg}	1476 ^{bcd}
Capitana	909 ^{ab}	1890 ^d	1698 ^{cdefg}	1902 ^g	1101 ^{fg}	1500 ^d
Cusal	871 ^{ab}	1774 ^{abcd}	1612 ^{bcdefg}	1683 ^{cdefg}	715 ^{cde}	1331 ^{abcd}
Diamond	999 ^{ab}	1713 ^{abcd}	1538 ^{abcdef}	1469 ^{abcd}	821 ^{defg}	1308 ^{abcd}
Mediterránea	966 ^{ab}	1625 ^{abc}	1484 ^{abcd}	1489 ^{abcde}	209 ^a	1154 ^{abc}
Melissa	944 ^{ab}	1593 ^a	1466 ^{abc}	1439 ^{abc}	400 ^{abc}	1168 ^{abcd}
Milfeuill	955 ^{ab}	1627 ^{abc}	1475 ^{abcd}	1298 ^{ab}	355 ^{ab}	1142 ^{ab}
Miral	932 ^{ab}	1639 ^{abc}	1442 ^{ab}	1675 ^{cdefg}	1007 ^{fg}	1359 ^{abcd}
Monarca	919 ^{ab}	1735 ^{abcd}	1532 ^{abcde}	1526 ^{abcdef}	978 ^{efg}	1338 ^{abcd}
Nogara	984 ^{ab}	1641 ^{abc}	1595 ^{bcdefg}	1737 ^{cdefg}	1005 ^{efg}	1392 ^{abcd}
Oro	931 ^{ab}	1755 ^{abcd}	1587 ^{abcdefg}	1521 ^{abcde}	808 ^{defg}	1320 ^{abcd}
Pascal	991 ^{ab}	1673 ^{abcd}	1567 ^{abcdefg}	1604 ^{bcdefg}	746 ^{cdef}	1316 ^{abcd}
S, Isidro	964 ^{ab}	1823 ^{abcd}	1797 ^g	1827 ^{efg}	1044 ^{efg}	1491 ^{cd}
Sprinter	982 ^{ab}	1847 ^{cd}	1674 ^{bcdefg}	1882 ^g	1061 ^{efg}	1489 ^{cd}
Supreme	980 ^{ab}	1841 ^{bcd}	1553 ^{abcdef}	1655 ^{cdefg}	1067 ^{efg}	1419 ^{bcd}
Sutter	872 ^{ab}	1797 ^{abcd}	1617 ^{bcdefg}	1872 ^{fg}	1002 ^{efg}	1432 ^{bcd}
T, de Campos	880 ^{ab}	1733 ^{abcd}	1474 ^{abcd}	1391 ^{abc}	519 ^{abcd}	1199 ^{abcd}
Verdal	806 ^a	1599 ^a	1350 ^a	1256 ^a	323 ^{ab}	1067 ^a
Victoria	861 ^{ab}	1715 ^{abcd}	1625 ^{bcdefg}	1712 ^{cdefg}	990 ^{efg}	1381 ^{abcd}

En cada columna los valores con distinta letra muestran diferencias significativas al nivel de P<0,05

Respecto a la distribución de la producción anual entre cortes, en el primer año de cultivo, año de establecimiento y siembra de primavera, el tercer corte aportó el 30,1% de la producción anual (Tabla 1). En el segundo, tercer y cuarto año, los dos primeros cortes aportan más del 40% de la producción anual; para el quinto y último año de cultivo la producción del primer corte supone el 35,6% de la anual.

En lo que respecta a la producción, hemos de señalar que existe una relación entre las posiciones que ocupan las variedades en el tercer año de ensayo y su posición en la media de los cinco años (Tabla 2). Así, las variedades de mayor producción en el tercer año aparecen también como las más productivas en la media de los cinco años: ‘Alfamer’, ‘Aragón’, ‘Baraka’, ‘Campera’, ‘Capitana’, ‘Nogara’, ‘Sprinter’, ‘S. Isidro’, ‘Sutter’ y ‘Victoria’. Estos resultados están de acuerdo con Lloveras *et al.* (1998) que consideran tres o cuatro años de ensayo y concluyen que el tercer año es el que marca diferencias entre variedades de alfalfa, de forma que las mejores variedades en este año suelen ser también las mejores en el computo global. Por tanto, nuestro estudio apoya la idea de que para evaluar variedades de alfalfa tres años de ensayo pueden ser suficientes.

CONCLUSIONES

Podemos concluir, que existen diferencias significativas en la producción entre variedades de alfalfa. Del total de 26 variedades ensayadas, destacan 10 como las más productivas tanto en el tercer año de control como en la media de los cinco años de ensayo.

AGRADECIMIENTOS

Se reconoce la colaboración prestada por Ángel Luis Iglesias Pascual y Cesáreo Pérez Rincón en los controles de campo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AEFA, 2009. <http://www.aefa-d.com/> (octubre 2009).
- AMELLA, A.; FERRER, C.; MAESTRO, M.; BROCA, A., 1985. Rendimientos y calidad de alfalfares en regadío y en secano, en la depresión Prepirenaica. *Pastos*, 15 (1-2), 159-173.
- DELGADO, I.; ANDUEZA, D.; MUÑOZ, F., 2004. Efecto del pastoreo otoñal sobre la producción y persistencia de un cultivo de alfalfa. *Pastos*, 34 (1), 93-102.
- DELGADO, I.; MUÑOZ, F.; ANDUEZA, D., 2007. Producción de forraje y proteína bruta de la alfalfa en función del calendario de siega en el valle del Ebro. *Pastos*, 37, 193-201.
- DEL POZO IBAÑEZ, M., 1983. *La alfalfa, su cultivo y aprovechamiento*. Ediciones Mundi –prensa, 380 pp. Madrid (España).
- GARCIA CRIADO, L.; GARCIA CRIADO, B., 1983. Estudio comparativo de cultivares de alfalfa en la región Centro-Oeste de España. *ITEA*, 2, 589-602.
- GARCIA, R.; ANDRES, S.; CALLEJA, A., 2004. Producción y calidad de la alfalfa en los regadíos de la comarca de Esla-Campos (León). En: *Pastos y Ganadería Extensiva*, B. GARCÍA-CRIADO *et al.* (Eds.). Gráficas Cervantes. Salamanca (España), 473-478.
- LLOVERAS, J.; LOPEZ, A.; BETBESE, J.A.; BAGA, M.; LOPEZ, A., 1998. Evaluación de variedades de alfalfa en los regadíos del Valle del Ebro. Análisis de las diferencias intervarietales. *Pastos*, 28, 37-56.
- MARM, 2008. *Anuario de Estadística Agraria*. <http://www.mapa.es/es/estadistica/pags/anuario/2008> . (Noviembre 2009).
- MARTINEZ, A.; PALOMERO, J.L., 1990. La alfalfa en Aragón. Un cultivo en fuerte expansión. *Surcos*, 21, 5-14.
- MORALES CORTS, R.; CRESPO MARTINEZ, C.; MAGAZ GONZALEZ, A., 2000. Posibilidades del cultivo de alfalfa en Salamanca. *Agricultura*, 817, 498-500.
- OLEA, L.; PAREDES, J.; Y VERDASCO, P., 1985. Estudio de variedades de alfalfa para los regadíos del Sur-Oeste de España. *Pastos*, 15(1-2), 95-104.
- SPSS Statistics versión 17.0

YIELD OF 26 ALFALFA VARIETIES IN WESTERN SPAIN DURING A 5-YEAR PERIOD SUMMARY

Alfalfa is one of the most grown forage crops in Spain, mainly used for feed cattle. The objective of this work was to evaluate the yield of 26 alfalfa varieties, under irrigated conditions, in Salamanca province, during a 5-years period, In the first year (establishment), the mean annual production of varieties was 937 g/m² (range 806 g/m²– 1011 g/m²). The second year had the highest yield, being the mean of varieties 1725 within the range 1593g/m² – 1890 g/m². In the third and fourth years the mean production was slightly lower (1578 g/m² and 1640 g/m² respectively), and in the last year the mean yield decreased (813 g/m²) with a range among varieties from 209 g/m² to 1121 g/m². The varieties with the greatest yield in the third year are also the most productive considering the mean across the five years: ‘Alfamer’, ‘Aragón’, ‘Baraka’, ‘Campera’, ‘Capitana’, ‘Nogara’, ‘Sprinter’, ‘S. Isidro’, ‘Sutter’ y ‘Victoria’. On the other hand, the varieties with the lowest yield ‘Verdal’, ‘Milfeuil’ and ‘Mediterránea’ were the varieties with the lower persistence in the last year.

Key words: crop, forage, production, *Medicago sativa*

CONSECUENCIA DE LA APLICACIÓN DE HERBICIDA EN LA PRODUCCIÓN Y CALIDAD FORRAJERA DE LA ALFALFA

R. FANLO, J. LLOVERAS Y C. CHOCARRO

Centre UdL-IRTA. Rovira Roure 191. 25198. Lleida (España). Fanlo@pvcf.udl.cat

RESUMEN

Este trabajo muestra los resultados de tres años de aplicación de herbicida para el control de malas hierbas en cultivos de alfalfa de regadío en el Valle del Ebro. Se utilizaron dos variedades de alfalfa, ‘Aragón’ y ‘Ampurdán’ midiendo la producción en materia seca, el porcentaje de fibra bruta y de proteína bruta, en los dos primeros aprovechamientos. Los resultados muestran diferencias significativas en la producción en función de la variedad, año, corte y herbicida. La proteína bruta presente en la materia seca depende de la aplicación de herbicida, del año y del corte, mientras que el contenido de fibra bruta no se ve afectado por el herbicida.

Palabras clave: *Medicago sativa*, biomasa, valor forrajero

INTRODUCCIÓN

La alfalfa (*Medicago sativa* L.) es uno de los cultivos más frecuentes en el regadío del Valle del Ebro, que con climatología favorable, permite obtener hasta seis-siete aprovechamientos por año. Este forraje se utilizaba, tradicionalmente, para la producción de heno; sin embargo, en los últimos 20 años, debido a las ayudas comunitarias se destina principalmente a la deshidratación (Ollé, 2002) para su posterior venta y, en raras ocasiones, es aprovechada mediante pastoreo directo (Chocarro *et al.*, 2005).

El valor económico del heno de alfalfa, se incrementa en función de su porcentaje en proteína bruta, por ello los agricultores aplican herbicida para disminuir el contenido de malas hierbas, ya que presentan menor calidad que la alfalfa (Fanlo *et al.*, 1999).

El objetivo de este estudio fue determinar la influencia y la necesidad de la aplicación de herbicida en estos cultivos y su repercusión sobre la producción y calidad.

MATERIAL Y MÉTODOS

El ensayo se llevó a cabo en campos experimentales del Centro UdL-IRTA en la localidad de Gimenezells (Lleida) (41° 39' N, 0° 51' E) a 254 m de altitud sobre suelos de tipo Calcixerollic Xerochrepts. El clima corresponde, según la clasificación de Papadakis, a un invierno “cebada fresco” y verano “algodón menos cálido”, que permite el cultivo de alfalfa bajo regadío. La alfalfa se sembró en el otoño de 2005, por lo que los datos corresponden al segundo, tercer y cuarto año de cultivo.

El diseño experimental consistió en 32 parcelas en las que se estudiaron los factores: variedad (‘Aragón’ y ‘Ampurdán’) y herbicida (con y sin aplicación). Las parcelas y los tratamientos se aleatorizaron el primer año, de manera que los tratamientos del segundo y tercer año se repitieron en las mismas parcelas del primero.

Las muestras de biomasa (cortes de 0,5 x 0,5 m) se recolectaron todos los años, a finales de abril (corte de limpieza) y primera semana de junio (primer corte para deshidratadora). Durante el invierno anterior (enero 2007) se aplicó Velpar (HEXAZINONA 90%. SP) en dosis de 1 l ha⁻¹; y en enero del 2008 y 2009 se utilizó PULSAR 40 (IMAZAMOX 4% p/v. SL) a 1,25 l ha⁻¹ (en sustitución de Velpar que había sido prohibido).

Una vez cortada la biomasa, se secó en estufa de aire forzado a 65 °C durante 48 horas, para su pesaje posterior y análisis de contenido en proteína bruta (PB) y fibra bruta (FB) mediante tecnología NIRS (Bran + Luebbe InfraAlyzer 500, Hamburg, Germany). Los valores obtenidos, producción en materia seca (MS) y contenido en PB y FB, fueron tratados estadísticamente mediante el programa STATISTICA (Statsoft, 1995). El análisis estadístico consistió en una ANOVA de factores fijos para cada una de las variables y del test LSD (mínima diferencia significativa) para la separación de medias.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Resultados relacionados con la producción

La Tabla 1 muestra que, en el conjunto del experimento, la aplicación del herbicida no afectó a la producción total de MS, tanto en el primer como en el segundo corte. Únicamente hemos detectado diferencias significativas en el año 2009.

Tabla 1. Producción en materia seca (MS; kg ha⁻¹) según aplicación de herbicida, corte y año

	Producción MS kg ha ⁻¹ 1er corte			Producción MS kg ha ⁻¹ 2º corte			Producción MS kg ha ⁻¹ Media de 3 años	
	2007	2008	2009	2007	2008	2009	1er corte	2º corte
Con herbicida	1089a	3023a	3279b	1261a	3343a	3347a	2464a	2650a
Sin herbicida	1365a	2875a	3803a	1447a	3569a	2900b	2681a	2639a

Valores leídos verticalmente con diferente letra presentan diferencias significativas para p ≤ 0,05

Las diferencias interanuales son significativas entre el 2007 respecto a los otros dos años, 2008 y 2009, presentando menor producción de MS, 1290 kg ha⁻¹ frente a 3203 y 3332 kg ha⁻¹ que no fueron significativas (P > 0,05).

También es significativa la interacción año x corte. Como indican Fanlo *et al.* (2009) estas diferencias son debidas a la cantidad y distribución de la lluvia invernal y primaveral; que en los años 2008 y 2009 favoreció el crecimiento de la alfalfa entre el primer y segundo corte (Figura 1).

En cuanto a la producción de las dos variedades utilizadas, hemos observado que sólo existen diferencias significativas entre ellas, en el año 2009, siendo ‘Ampurdán’ más productiva. Esta misma tendencia se insinúa en el resto de los años estudiados (Figura 2). Los valores de producción en MS, obtenidos para el primer y segundo aprovechamiento, son similares a los presentado por Andueza *et al.* (2001) para ensayos realizados en el Valle del Ebro.

Resultados relacionados con la calidad

La calidad del forraje se ha medido mediante el porcentaje de proteína bruta (PB) y fibra bruta (FB) en la materia seca (MS). Como puede verse en la Tabla 2, el efecto del herbicida es sólo significativo en el contenido en PB, para el primer corte del 2007. En el caso del segundo corte, no hay diferencias significativas al no haber recrecimiento de las malas hierbas que aportan biomasa pero no calidad (Fanlo *et al.*, 1999).

Además, las temperaturas entre el primer corte y el segundo, así como la distribución de la lluvia de los años 2008 y 2009, favorecieron un mayor crecimiento de hojas frente a tallos (Popovic *et al.*, 2001; Bula, 1972), lo que explicaría un mayor contenido de PB en el segundo aprovechamiento.

El porcentaje en PB de la alfalfa se ve influenciado positivamente, y de forma global, por la aplicación de herbicida, siendo mayor en la alfalfa que recibió tratamiento (21,39% sin herbicida fren-

te a 22,08% con herbicida), independientemente de la variación interanual y entre cortes. No obstante, este efecto es máximo en el primer corte del primer año de cultivo.

Tabla 2. Contenido de proteína bruta (PB) en la materia seca obtenida (MS)

	% de PB en la MS 1er corte			% de PB en la MS 2º corte			% de PB en la MS Media de 3 años	
	2007	2008	2009	2007	2008	2009	1er corte	2º corte
Con herbicida	24,52 a	21,57 a	18,55 a	22,78 a	23,96 a	21,11 a	21,54 a	22,61 a
Sin herbicida	21,05b	22,04a	17,96a	22,93a	23,14a	21,21a	20,35 a	22,42 a

Valores leídos verticalmente con diferente letra presenta diferencias significativas para $p \leq 0,05$

En cuanto al contenido en PB a lo largo del experimento, se produce un descenso paulatino. Aunque 2007 y 2008 tienen similares porcentajes no significativos ($p > 0,05$) de PB, 22,82% y 22,67%, en 2009 la calidad se redujo a 19,71% de PB en la MS. Ello puede ser debido a varias causas, una de ellas es el agotamiento de las reservas nitrogenadas durante los rebrotes (Cherney y Duxbury, 1994) ya que la alfalfa era aprovechada seis veces cada año. Otra posibilidad es que durante la primavera del 2009 el campo de experimentación sufrió un ataque de cuca negra (*Colaspidea atrum*) que depredó algunas hojas.

En la Tabla 3 se muestran los contenidos en FB del forraje de alfalfa en función de la aplicación o no de herbicida, del año y del corte. Como puede verse, el herbicida no tiene ningún efecto sobre la cantidad de FB en el forraje. Sin embargo, es posible observar que existe un fuerte incremento del contenido en FB a lo largo de los años del ensayo, que se repite tanto en el primer aprovechamiento como en el segundo. Ello puede ser debido a la disminución de hojas a lo largo del desarrollo del cultivo; algunos autores han comprobado que existe una relación inversa entre el contenido en fibras de la alfalfa con el porcentaje de hojas presentes (Kalu *et al.*, 1990).

Tabla 3. Contenido de fibra bruta (FB) en la materia seca obtenida (MS)

	% de FB en la MS 1er corte			% de FB en la MS 2do corte			% de FB en la MS Media de 3 años	
	2007	2008	2009	2007	2008	2009	1er corte	2do corte
Con herbicida	23,92 a	28,17 a	35,93 a	26,70 a	27,46 a	30,22 a	29,34 a	28,12 a
Sin herbicida	24,61 a	27,50 a	36,02 a	26,28 a	28,18 a	30,20 a	29,37 a	28,22 a

Valores leídos verticalmente con diferente letra presenta diferencias significativas para $p \leq 0,05$

En el conjunto del experimento, la fecha de corte sí afecta significativamente al contenido en FB del forraje, de media 29,36% en el primer corte y 28,17% en el segundo, posiblemente debido al periodo de crecimiento, ligeramente más corto en el segundo aprovechamiento (Figura 3).

A la vista de estos resultados y de la tendencia actual a la reducción de insumos en agricultura, se podría sugerir un cambio en la gestión de estos cultivos, apostando por la reintroducción del pastoreo invernal de ovino para el control de malas hierbas primaverales.

CONCLUSIONES

La variedad ‘Ampurdán’ tiende a producir mayor cantidad de MS por hectárea que la variedad ‘Aragón’, tanto en primer como en segundo aprovechamiento. Con respecto a la aplicación de herbicida, su efecto sobre el contenido en PB del forraje, sólo es positivo en el primer corte y no tiene in-

fluencia sobre la cantidad de FB ni sobre la producción de MS, por lo que cabría plantearse su aplicación en terrenos que llevan años bajo cultivo.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha realizado dentro del proyecto INIA-RTA2005-00105-C02-00

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDUEZA, D.; MUÑOZ, F.; MAISERRA, A.; DELGADO, I., 2001. Forage yield and crude proteine content of lucerne cultivars established in the Ebro Middle Valley. *Options Mediterraneennes*. Serie A: Seminaires Méditerranéens, **45**, 73-76.

BULA, R. J. 1972. Morphological characteristics of alfalfa plants grown at several temperatures. *Crop Science*, **12**, 683-686.

CHERNEY, J. H.; DUXBURY J.M., 1994. Inorganic nitrogen supply and symbiotic dinitro-gen fixation in alfalfa. *Journal of Plant Nutrition*, **17**, 2053 – 2067.

CHOCARRO, C.; LLOVERAS, J.; FANLO, R., 2005. Effects of winter grazing on spring production of lucerne under Mediterranean conditions. *Grass and Forage Science*, **60**, 146-150.

FANLO, R.; CHOCARRO, C.; INTINI, M.; LLOVERAS, J., 1999. Efecto del pastoreo invernal sobre la producción y calidad de alfalfas de regadío (Gimenells, Lleida). *Actas de la XXXIX Reunión Científica de la SEEP*, Almería (España), 203-207.

FANLO, R.; CHOCARRO, C.; LLOVERAS, J., 2009. Efecto del abonado invernal y de la aplicación de herbicida en la producción y calidad de la alfalfa en regadío. En: *La multifuncionalidad de los pastos: producción ganadera sostenible y gestión de los ecosistemas*, R.Reiné et al. (Eds.). Gráficas Alós. Huesca (España), 229-235

KALU, B. A. FICK, G. W. SOEST, P. J., 1990. Agronomic Factors in Evaluating Forage Crops II. Predicting Fiber Components (NDF, ADF, ADL) from Crop Leafiness. *Journal of Agronomy and Crop Science*, **164** (1), 6 – 33.

OLLÉ, F., 2002. La evolución de la deshidratación de forrajes en España: perspectivas de futuro. En: *Producción de pastos, forrajes y céspedes*, C. Chocarro et al. (Eds.). Edicions de la Universitat de Lleida (España), 227-234

POPOVIC, S.; STJEPANOVIC, M.; GRLJUSIC, S.; CUPIC, T.; TUCAK, M. 2001. Protein and fibre contents in alfalfa leaves and stems. *Options Mediterraneennes*. Serie A: Seminaires Méditerranéens, **45**, 215-218.

STATSOFT., 1995. Statistica. CD + 3 Volumes. 2618 pp. StatSoft, Inc. 2325 East 13th Street, Tulsa Oklahoma (USA).

CONSEQUENCE OF THE APPLICATION OF HERBICIDE IN THE PRODUCTION AND FORAGE QUALITY OF THE ALFALFA

SUMMARY

This work shows the results of three years of application of herbicide in irrigation alfalfa crops in the Ebro Valley. Two varieties (Aragón and Ampurdán) were utilized measuring the DM production (kg.ha⁻¹), the percentage of total fibre (FB) and of crude protein (PB), in the first two cuts. The results show that there is significant difference in the production according to the variety, year, cut and herbicide. The protein in the DM depends of the application of herbicide, year and cut. Whereas the content of FB isn't affected by the herbicide.

Palabras clave: *Medicago sativa*, biomass, forage value.

PRODUCCIÓN VEGETAL

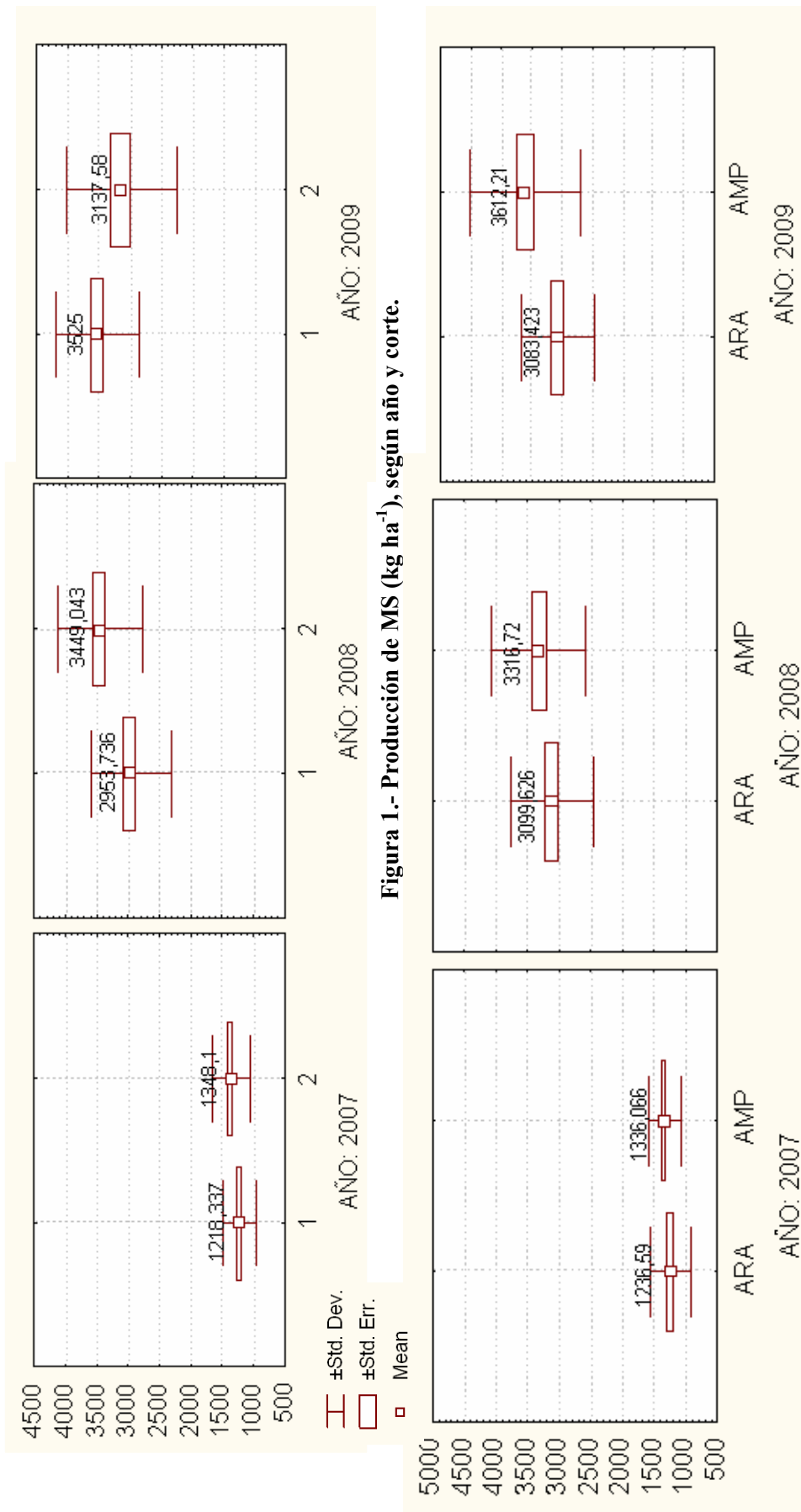


Figura 1.- Producción de MS (kg ha⁻¹), según año y corte.

Figura 2.- Producción de MS (kg ha⁻¹), según años, de las dos variedades utilizadas en el ensayo: ARA (Aragón) y AMP (Ampurdán).

PASTOS: FUENTE NATURAL DE ENERGÍA

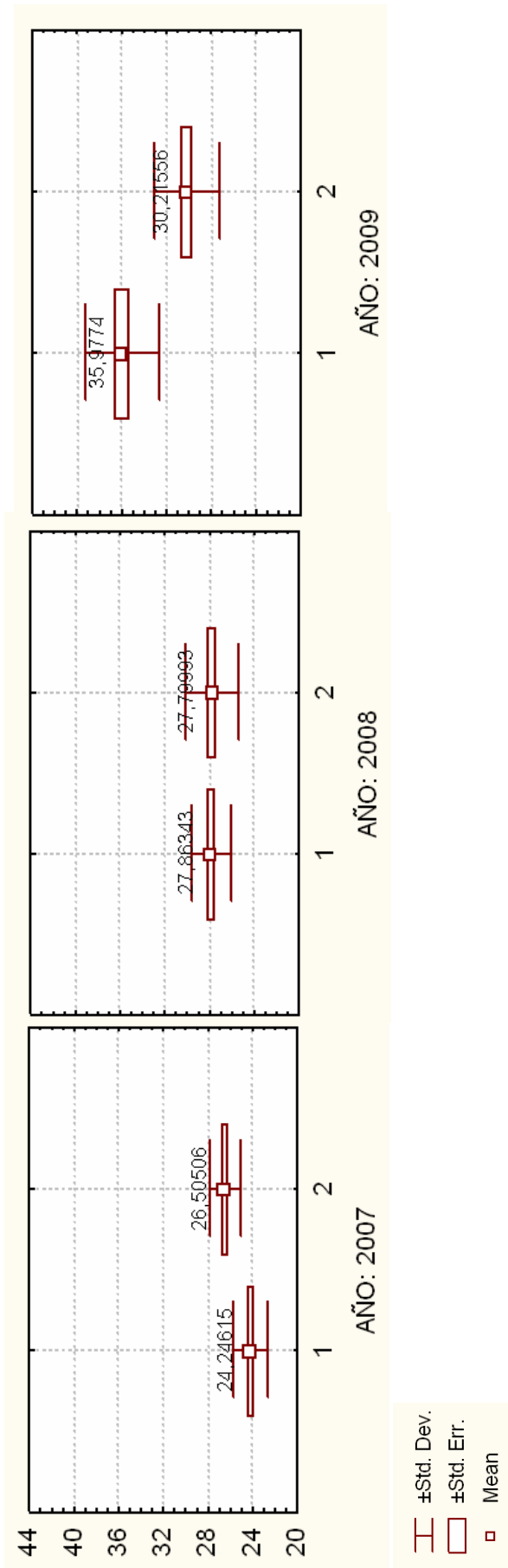


Figura 3.- Contenido (%) en fibra bruta (FB) en la MS, según años y cortes.

PASTIZALES DEL OCCIDENTE DE LA COMUNIDAD DE MADRID: SU IMPORTANCIA COMO REFERENTES PARA ACCIONES DE RECUPERACIÓN DE SISTEMAS DEGRADADOS

J. PASTOR¹ Y ANA J. HERNANDEZ²

¹CCMA, CSIC, IRN, c/ Serrano, 115 bis, 28006, Madrid.

²Departamento de Ecología, Edificio de Ciencias, Universidad de Alcalá de Henares, Madrid.

RESUMEN

El trabajo se sitúa en un territorio sobre sustratos arcósicos y gneisico-graníticos del centro oeste peninsular madrileño, cuyo paisaje presenta una vegetación clímax de las asociaciones terminales de la serie mesomediterránea de *Quercus ilex* ssp. *ballota* (Desf.) Samp. En los pastizales, enmarcados en un retamar-encinar, se han estudiado 87 parcelas de 1m², distribuidas al azar, en un territorio comprendido entre Brunete, Villamanta, Chapinería, Navas del Rey, Navalagamella y Villanueva del Pardillo. En ellas se realizaron inventarios fitoecológicos y se analizaron variables fisicoquímicas de la capa superficial del suelo.

Los resultados obtenidos muestran un mosaico de pastizales con diferente fisonomía; aunque se hallan constituidos en su mayoría por terófitos, se pueden caracterizar diferentes situaciones en las comunidades herbáceas. El ser esta zona de Madrid un área menos alterada, avala el mantener unos reductos, siempre amenazado por actuaciones urbanísticas, para que puedan ser considerados como sistemas de referencia para estudios de revegetación y remediación de suelos erosionados después del abandono del cultivo, recuperación de vertederos de residuos mixtos y emplazamientos de antiguas minas abandonadas.

Palabras clave: comunidades vegetales, biodiversidad, suelos de pasto.

INTRODUCCIÓN

Los pastos sobre sustratos arcósicos y gneisico-graníticos del centro-oeste peninsular, se enmarcan en un paisaje de encinares aclarados, muy relevantes desde el punto de vista ambiental (Acosta y Pineda, 2003). Su grado de conservación es bastante bueno en comparación con otras zonas de Madrid y de ambas mesetas. El área estudiada supone un porcentaje pequeño de la superficie total de la Comunidad, que soporta una superficie arbolada relevante de encina. Aunque los encinares adhesionados suponen un 40% del área, esta formación tiene un reconocido valor ambiental, económico y cultural, jugando un papel central en el funcionamiento de los ecosistemas mediterráneos del Centro Peninsular, y su recuperación tras cambios de uso o perturbaciones debidas a actividades humanas es muy lenta (San Miguel, 1994, 2007). Este territorio (en parte una ZEPa donde habita el águila imperial), ha estado continuamente amenazado, por los impactos que todo este territorio está sufriendo.

Pretendemos así, llevar a cabo un estudio fitoecológico y edáfico de unos pastos, que desempeñan un importante papel en la conservación de estos sistemas, para utilizarlos como referentes en la recuperación de otros ecosistemas herbáceos, muy degradados, de zonas colindantes. La información obtenida se usará para la remediación de antiguas zonas mineras (Minas de Navas del Rey, San Esteban, Antigua Pilar y Nuestro Padre Jesús, sobre sustratos gneisico-graníticos) y de antiguos vertederos sellados (Navalcarnero, Villaviciosa de Odón, Móstoles y El Álamo), situados en suelos arcósicos.

MATERIAL Y MÉTODOS

Localización del área de estudio: El territorio estudiado se sitúa al suroeste de la Comunidad de Madrid, en donde los encinares suponen la unidad dominante, correspondiente a los términos municipales de Villamanta, Brunete, Chapinería, Navas del Rey, Navalagamella y Villanueva del Pardillo. La vegetación natural de la zona está compuesta por encinares, con presencia de matorrales de leguminosas (*Retama sphaerocarpa* Boiss y *Cytisus scoparius* L.). La vocación agraria y ganadera del territorio ha dado lugar a dehesas de encina y campos de cereal, que se alternan con manchas de vegetación natural en distintos estados de conservación (Rivas Martínez, 1982). Por ello se encuentra toda una serie de escenarios de pastos en un área relativamente pequeña, cercana a algunas de las zonas donde más se ha intervenido en desarrollo de infraestructuras y urbanizaciones. La gran mayoría de los pastos seleccionados, se ubican en retamares o encinares aclarados, formaciones que favorecen el asentamiento de multitud de especies, incrementando la biodiversidad y la productividad de los ecosistemas.

Muestreo y métodos de análisis: Se ha muestreado un total de 87 parcelas de 1m², distribuidas al azar en un territorio perteneciente a los seis municipios mencionados y a parajes como las Cañadas Reales Segoviana y Leonesa, Calamocho, Salabrosa, Barraqueras y La Encrucijada. Localidades seleccionadas en función de su representatividad y por incorporar elementos clave de la vegetación, en un relativo buen estado de conservación. Además de realizar inventarios florísticos, se midieron: cobertura, riqueza de especies, biodiversidad (Índice de Shannon), altura de la vegetación, necromasa, heces, variables físicoquímicas de la capa superficial del suelo relacionadas con la fertilidad, nutrientes básicos, metales pseudototales (Fe, Mn, Zn, Al, Cu, Pb, Ni, Cd), acidez, salinidad (conductividad y aniones solubles). Los análisis edáficos se han realizado según Hernández y Pastor (1989).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la parte superior de las tablas se presentan las localidades pertenecientes a sustratos gneisíco-graníticos y en la inferior las de sustratos arcósicos. Los resultados que se ven en las Tablas 1, 2 y 3 muestran características cuantitativas que describen los pastizales estudiados.

Tabla 1. Valores medios de suelo desnudo, necromasa, musgo y heces (%), y altura de la vegetación (cm) en las parcelas.

Localidad	nº	S.desn.	Necr.	Musgo	Heces	Alt. max.	Alt. <i>Gramineae</i>	Alt. <i>Leguminosae</i>	Alt. media
V. del Pardillo	6	6±5	15±25	47±17	0,4±0,2	81±19	55±26	21±7	28±9
Navalagamella	6	6±7	0,4±0,4	13±11	0,7±0,8	62±11	41±10	31±5	27±4
Navas del Rey	6	37±24	7±7	1±1	2,9±1,8*	53±23	18±8	15±5	22±7
Calamocho	6	5±6	13±8	14±6	1,1±2,0	64±5	46±11	36±21	36±4
Chapinería	9	19±16	17±20	20±14	2,9±2,2*	58±33	26±9	28±16	22±7
Salabrosa	6	19±11	13±14	4±3	2,5±1,5	82±15	36±23	32±15	32±9
Barraqueras	7	8±16	8±5	19±12	3,5±4,5*	66±15	40±19	31±16	29±11
Encrucijada	9	6±4	7±5	22±25	3,3±2,4*	41±11	39±12	26±5	25±4
Cañada R. S.	6	10±7	2±3	12±10	1,6±1,7	61±9	50±18	25±5	28±3
Cañada R. L.	6	6±8	12±20	36±12	1,0±1,7	64±5	54±13	28±10	34±1
Brunete 1	3	10±1	17±18	15±21	3,0±2,4*	69±11	48±42	17±10	30±5
Brunete 2	3	5±2	7±4	51±16	1,1±1,7	50±16	43±21	21±6	23±8
Villamanta	6	9±7	0,3±0,4	43±27	0,3±0,2	81±28	31±9	21±7	20±6

* Especial relevancia de la presencia de conejos

La cobertura de musgos es indicador de la humedad o frescor que presentan los pastizales.

Tabla 2. Riqueza, Diversidad y Cobertura (medias y d.t.) de las parcelas.

Localidades	Riqueza (n° sp)	Diversidad (bits)	Cobertura (%)
Villanueva del Pardillo	32,3±5,2	2,77±0,30	84,4±12,6
Navalagamella	33,2±1,2	2,97±0,30	101,4±25,2
Navas del Rey	17,5±5,3	2,39±0,26	46,3±27,4
Calamocho	26,6±2,9	2,78±0,12	92,5±16,0
Chapinería	24,8±4,1	2,75±0,23	61,1±22,3
Salabrosa	20,3±3,4	2,24±0,30	71,0±25,2
Barraqueras	30,3±3,2	2,92±0,17	81,6±22,2
Encrucijada	25,0±3,4	2,65±0,18	76,3±23,7
Cañada Real Segoviana	28,2±3,7	2,92±0,17	67,1±9,5
Cañada Real Leonesa	34,0±1,0	3,05±0,05	84,8±7,4
Brunete 1	32,5±0,7	3,09±0,17	81,5±12,0
Brunete 2	30,3±3,2	3,06±0,04	68,6±18,4
Villamanta	29,7±7,3	2,69±0,30	89,5±23,1

Pero también son importantes los parámetros edáficos evaluados en las Tablas 4 y 5.

En la Tabla 2 vemos que la riqueza de especies es mayor en las localidades gneisico-graníticas, mientras que la diversidad es algo mayor en las de sustratos arcósicos. Sin duda estas características están íntimamente relacionadas con la riqueza de especies terófitas que presentan estos sistemas (Tabla 3), y que están en consonancia con la tipificación de pastizales de estos enclaves peninsulares (Rivas Martínez, 1982; Peco *et al.*, 1983; San Miguel, 2009). Estas comunidades anuales de pastizales oligotróficos subnitrófilos de la zona, presentan unos niveles medio-bajos de biodiversidad (medida mediante el índice de Shannon) y riqueza (n° total de especies), en comparación con otras zonas de las inmediaciones (Urcelai, 1997), si bien su productividad es bastante elevada (datos no publicados), máxime si se considera la relativa pobreza de los suelos sobre los que se asientan.

Tabla 3. Riqueza media de las principales familias botánicas

Localidad	<i>Leguminosae</i>	<i>Gramineae</i>	<i>Compositae</i>	Otras
Villanueva del Pardillo	9,2±3,0	3,5±0,8	7,7±2,1	13,0±1,4
Navalagamella	11,7±1,5	3,8±0,7	6,0±1,2	12,7±1,2
Navas del Rey	2,0±0,6	5,3±1,5	2,7±1,2	7,5±3,5
Calamocho	4,6±1,0	4,8±1,2	7,0±1,1	10,2±1,5
Chapinería	2,7±1,2	6,0±0,8	7,8±2,0	8,3±2,4
Salabrosa	1,8±1,1	4,8±1,2	5,2±0,9	8,5±1,9
Barraqueras	5,2±2,2	7,5±2,6	6,5±1,6	11,2±2,9
Encrucijada	2,3±0,9	6,7±1,5	7,0±1,9	9,3±1,1
Cañada Real Segoviana	7,8±1,6	4,3±1,6	7,2±1,6	8,8±1,7
Cañada Real Leonesa	9,3±0,9	7,3±0,5	9,0±0,8	8,3±1,2
Brunete 1	5,5±2,6	5,0±0,8	7,4±0,5	14,6±2,4
Brunete 2	5,9±2,4	4,8±1,3	8,6±2,7	8,0±2,6
Villamanta	9,8±2,5	5,7±2,7	5,0±1,3	10,2±2,1

Tabla 4. Valores medios de pH, MO, N, P₂O₅ asimilable, P pseudototal (mg/kg) y macronutrientes cambiables (mg/100g de suelo).

Localidades	pH	M.O.	N (%)	P ₂ O ₅	P pseud.	K	Ca	Mg	Na
V. del Pardillo	5,4±0,3	2,4±0,6	0,108±0,02	0±0	244±98	12,5±2,9	135±16	24±1,2	0,9±0,2
Navalagamella	5,8±0,2	3,8±1,3	0,166±0,06	1,1±0,9	304±26	11,7±3,0	88±16	7,7±2,1	0,5±0,0
N. del Rey	5,9±0,2	1,6±0,7	0,084±0,03	0,6±0,7	266±105	11,3±4,6	35±11	2,4±2,0	0,6±0,2
Calamocho	6,0±0,5	3,5±0,4	0,163±0,01	1,3±0,9	353±54	12,8±3,3	74±9	6,4±1,0	0,5±0,0
Chapinería	5,7±0,6	4,3±2,1	0,201±0,11	0,6±0,7	319±97	12,0±4,5	76±36	10,8±6,2	1,9±2,0
Salabrosa	5,8±0,2	2,6±0,5	0,129±0,03	1,4±0,8	288±50	9,8±2,6	63±11	4,7±1,4	0,5±0,0
Barraqueras	6,1±0,4	2,8±0,5	0,134±0,03	2,8±3,3	294±184	16,2±6,5	168±116	21,6±15,9	1,3±1,2
Encrucijada	5,8±0,4	3,2±1,3	0,137±0,05	1,2±1,8	143±75	16,8±9,0	111±51	15,4±8,4	0,6±0,2
Cañada R.S	6,2±0,3	4,0±0,9	0,201±0,04	3,8±3,9	252±125	24,6±7,6	175±104	17,1±9,7	0,8±0,3
Cañada R.L	6,0±0,3	2,8±0,4	0,170±0,03	2,5±0,5	348±20	20,2±4,8	211±29	25±2,5	1,0±0,0
Brunete 1	7,2±0,1	1,9±0,4	0,093±0,04	10,5±2,8	270±78	14,0±9,9	278±86	15±0,9	1,0±0,0
Brunete 2	6,4±1,1	2,4±0,7	0,129±0,05	6,0±6,4	251±29	18,5±6,4	263±21	26±15,8	1,3±0,4
Villamanta	5,6±0,2	3,3±0,5	0,158±0,03	0±0	252±48	17,3±4,3	135±35	24±1,3	1,2±0,4

Tabla 5. Valores medios de los contenidos pseudototales de Al, Fe (mg/100g.), Mn, Zn, aniones solubles (mg/Kg) y conductividad eléctrica de los suelos.

Localidades	Al	Fe	Mn	Zn	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ⁼	SO ₄ ⁼	Cl ⁻	C.E.
V.del Pardillo	2460±235	1257±288	156±37	32±3	3,0±3,7	17±12	0±0	30±16	7,7±2,5	112±38
Navalagamella	1566±1163	1259±1219	307±28	38±1	6,9±3,3	28±20	0±0	23±9,7	9,1±3,7	149±33
N. del Rey	1615±362	1409±292	224±79	35±11	1,3±3,1	7,4±9,0	0±0	7±3,4	2,8±1,4	68±37
Calamocho	1387±249	1358±215	212±30	36±5	12±20	37±51	4,5±5,1	14±5,5	6,6±1,6	148±36
Chapinería	1794±560	1418±333	238±45	34±10	5,0±10	5,6±12	1,4±4	13±3,3	6,3±4,2	144±139
Salabrosa	1243±133	1212±150	196±16	37±9	0,4±0,9	0,90±1,4	4,3±10	14±4,4	4,2±2,3	96±23
Barraqueras	1823±1047	1050±464	191±41	26±11	0±0	0,18±0,5	0±0	10±5,9	8,7±4,8	92±32
Encrucijada	1135±422	609±211	115±28	31±22	0,1±0,3	0,94±1,5	0,9±2,7	9±5,6	7,0±4,5	98±22
Cañada R. S.	1780±474	586±196	113±44	22±9	0,4±0,9	0,9±2,1	2,5±3,8	15±4,1	13,4±6,7	138±31
Cañada R. L.	2083±205	886±85	118±10	25±4	0±0	0±0	0,3±0,4	7,4±0,4	9,0±3,6	107±20
Brunete 1	1487±232	781±117	135±35	34±14	0±0	1±0	0±0	17±5,7	8,4±0,3	180±74
Brunete 2	2387±1274	1095±444	150±21	63±41	0±0	0,9±0,2	0±0	14±3,2	8,0±0,5	161±27
Villamanta	2429±524	1132±159	100±17	24±3	3,9±2,5	16,7±14	0±0	32±24	6,9±2,7	129±48

Ello permite el mantenimiento de una gran cantidad de herbívoros, además de ovejas, cantidades elevadas de conejos en algunas zonas (ver porcentajes de excrementos en la Tabla 1) y de una red trófica compleja. El mayor nº de compuestas (Tabla 3) en las localidades arcósicas parece indicar una mayor ruderalización de estos medios. En las Tablas 4 y 5 vemos valores menores de pH, M.O, K, Ca, Mg, Na y más elevados de Al, Fe, Mn, NO₂⁻, NO₃⁻ y PO₄⁼ en suelos gneísicos, mientras que observamos valores más elevados de pH, K, Ca, Mg, Cl⁻ y C.E. en los arcósicos. La cantidad de hojarasca y las concentraciones de N, P, K, Ca y Mg, fueron muy bajas en los pastizales situados en claros de retamar, máximos en los suelos próximos a la encina e intermedios en los suelos bajo retama. Cu, Ni, Pb y Cd no se detectaron

Entre las comunidades herbáceas presentes en el territorio estudiado se encuentran las tipificadas fitosociológicamente como *Tuberarion guttatae*, asentadas sobre suelos oligotrofos de textura arenosa y algo compactados durante las estaciones secas; otras son pastizales terofíticos pioneros y efímeros, de carácter xerófilo y óptimo mediterráneo; *Paronychio-Pterocphaletum diandri*; sobre suelos silíceos fácilmente desecables se encuentra los de *Poa bulbosae -Trifolietum subterranei*, ricos en *Poa bulbosa* y también en hemicriptófitos amacollados y terófitos, entre estos últimos diferentes especies de tréboles, de las que destaca *Trifolium subterraneum* L. (ver Tabla 7) y pertenecen a la alianza *Al. Poetalia bulbosae* Rivas Goday & Rivas-Martínez ex Rivas Goday y Ladero 1970. Y, por último, comunidades de *Gaudinio fragilis-Agrostietum castellanæ*, son los denominados vallicares que, por lo general están dominados por *Agrostis castellana* Boiss. & Reut., ricos en especies vivaces, que albergan un cierto número de terófitos (Tabla 6), y se desarrollan sobre suelos oligotrofos silíceos con moderada hidromorfia temporal, pero sufren un agostamiento acusado.

Tabla 6. Cobertura, Riqueza y Diversidad (medias y d.t.) de las parcelas de Vallicar.

Vallicares	nº	Riqueza (nº sp.)	Diversidad (bits)	Cobertura (%)
Calamocho	1	23,0	2,32	79,5
Chapinería	3	31,7±5,1	2,75±0,18	124,7±16,8
Encrucijada	3	29,0±14,2	2,57±0,49	104,7±18,3
Barraqueras	1	24,5	2,66	86,0

La especie más frecuente y abundante en los vallicares estudiados es *Agrostis castellana* seguida de *Agrostis pourretii* Wild.; otros taxones que han sido inventariados son *Trifolium cernuum* Brot., *Bromus madritensis* L., *Gaudinia fragilis* (L.) P.Beauv., *Holcus lanatus* L., *Trifolium campestre* Schreb. in Sturm, *Trifolium dubium* Sibth., *Cynodon dactylon* (L) Pers. y diversas especies del género *Carex*. Sin embargo, si la permanencia del agua en la superficie del suelo es más corta, situación que está ofreciendo muchas fluctuaciones en los últimos años en que venimos observando estas comunida-

des, se verán favorecidos otros taxones como: *Brassica barrelieri* (L.) Janka, *Trifolium tomentosum* L. y *Geranium molle* L.

Los pastizales en claros de retamar y encinares adeshados estudiados se agrupan pues en los denominados también “pastizales oligotrofos mesofíticos” y “pastizales húmedos”. Las fabáceas más representadas en el conjunto de inventarios son *Trifolium glomeratum* L. y *T. campestre* Schreb in Sturm. Ellas y todas las demás (Tabla 7), son representativas de pastos silicícolas de carácter más o menos méxico La especie de la familia *Compositae* más abundante y frecuente es *Crepis capillaris* (L.) Wallr, representativa asimismo de este tipo de comunidades (*Agrostidetalia*), mientras que las demás son representativas de pastos oligotrofos fundamentalmente, junto con pastos subnitrófilos.

Entre las 27 especies del grupo de “otras” inventariadas, 15 superan el 25% de frecuencia. La especie más frecuente y abundante es *Plantago lagopus* L., representativa de comunidades de carácter subnitrófilo. En este grupo se encuentran además bastantes especies de comunidades de carácter ruderal e incluso indicadoras de un grado elevado de pisoteo y pastoreo.

Tabla 7. Cobertura media (% Rcbto/inventario) de las especies de Leguminosae.

Leguminosae	Rcbto/ Inv (%)	Leguminosae (sigue)	Rcbto.
<i>Trifolium arvense</i> L.	4,2	<i>Retama sphaerocarpa</i> (L.) Boiss.	0,2
<i>Trifolium glomeratum</i> L.	2,8	<i>Trifolium retusum</i> L.	0,3
<i>Trifolium campestre</i> Schreb. in Sturm	3,1	<i>Trifolium suffocatum</i> L.	0,1
<i>Trifolium tomentosum</i> L.	1,3	<i>Coronilla repanda</i> (Poir.) Guss. ssp. <i>dura</i> (Cav.) Cout.	0,04
<i>Biserrula pelecinus</i> L.	2,6	<i>Trifolium cernuum</i> Brot.	0,2
<i>Hymenocarpos lotoides</i> (L.) Vis.	1,1	<i>Lathyrus</i> sp	0,5
<i>Trifolium cherleri</i> L.	1,2	<i>Trifolium dubium</i> Sibth.	0,03
<i>Trifolium gemellum</i> Pourr. ex Willd	0,7	<i>Trifolium stellatum</i> L.	0,04
<i>Hymenocarpos cornicina</i> (L.) Vis.	0,6	<i>Coronilla scorpioides</i> (L.) Koch	0,04
<i>Ornithopus compressus</i> L.	1,0	<i>Medicago polymorpha</i> L.	0,03
<i>Trifolium scabrum</i> L.	0,7	<i>Ornithopus pinnatus</i> (Mill) Druce	0,02
<i>Trifolium striatum</i> L.	0,3	<i>Trifolium subterraneum</i> L.	0,02
<i>Trifolium angustifolium</i> L.	0,6	<i>Medicago rigidula</i> (L.) All.	0,01
<i>Lathyrus angulatus</i> L.	0,2	<i>Trifolium ornithopodioides</i> L.	0,01
<i>Trifolium hirtum</i> All.	0,3	<i>Trifolium resupinatum</i> L.	0,02
<i>Trifolium sylvaticum</i> Gerard ex Loissel	0,2	<i>Trifolium spumosum</i> L.	0,004
<i>Medicago minima</i> (L.) Bartal.	0,1		

Las especies de la 1ª columna tienen una frecuencia >10%. Solamente las cuatro últimas de la 2ª columna son inferiores al 1%.

Algunas de las especies que han sido inventariadas también en este trabajo representan endemismos peninsulares. Así, merecen una atención especial, debido a que marca la personalidad florística de este territorio, las siguientes especies endémicas de la Península Ibérica: *Aristolochia pallida* Willd. subsp. *castellana* Nardii; *Centaurea ornata* Willd. subsp. *ornata* Willd; *Centaurea paniculata* L. subsp. *castellana* (Boiss. & Reut.) Dostál; *Narcissus triandrus* L. subsp. *pallidulus* (Graells) D.A. Webb; *Pimpinella villosa* Schousb.; *Rumex conglomeratus* Murray; *Rumex induratus* Boiss. & Reut y *Rumex papillaris* Boiss. & Reut. Otra especie inventariada, que por su rareza o singularidad merece especial mención, es *Galium murale* (L.) All. La aparición de este taxón en el área de estudio representa la única o casi única localidad conocida para el territorio de Madrid. No obstante, esta especie suele ser bastante abundante como ruderal y arvense en territorios más térmicos, presentando una distribución que abarca la Región Mediterránea, el SW de Asia y Macaronesia.

A la vista de los resultados obtenidos podemos hacer las consideraciones siguientes.

A lo largo del tiempo, la continua intervención humana ha ido provocando el desmantelamiento del antiguo bosque de encinas. El aislamiento de los ejemplares de esta especie conduce a un grave empobrecimiento del cortejo florístico del encinar, que aparece más acusado en las zonas de sombra

de copa, seriamente mermado de especies propias y dando paso a otras de apetencias más nitrófilas, que se ven favorecidas, además, por los sesteos del ganado en la proximidad de los árboles, como *Urtica urens* L., *Dactylis glomerata* L., *Cynosurus echinatus* L. y *Lathyrus angulatus* L.

La degradación que experimenta el suelo y la cubierta vegetal en el territorio son hechos que han ido en aumento, como consecuencia de la creciente acción antrópica; propiciada además por las características climáticas imperantes. A sucesos comprobados por la influencia negativa que tenían sobre estos ecosistemas, ha estado estos pasados años la sombra amenazante de una creciente urbanización. Estas situaciones convierte a los pastizales de estos enclaves en comunidades vegetales referentes para entender y/o propiciar acciones de restauración, especialmente vinculadas a la revegetación y fitorremediación de vertederos sellados (Pastor y Hernández, 2009) y emplazamientos de minas abandonadas en el Sistema Central.

CONCLUSIONES

Han sido estudiados pastizales oligotrofos del centro occidental de la Comunidad de Madrid, tal como se encuentran en la actualidad. Las características edáficas y de la vegetación terofítica cuantificadas, ponen de manifiesto escenarios que permiten abogar por su conservación además de constituir enclaves importantes para ser usados como referencia en acciones de restauración ecológica en ecosistemas degradados de este territorio.

AGRADECIMIENTOS: A los Proyectos CTM2008-04827/TECNO del M^oCeI, al Programa EIADES de la CAM, a los Drs. Ginés López y Nicolás López, por la revisión de especies, y a las Técnicas Sras. Nuria Prieto, Ana Gutierrez y Pilar Carmona que ayudaron en campo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACOSTA, B., PINEDA, F. D. 2003. Pastizales mediterráneos: cultura ancestral, récords de diversidad... y no tan ajenos al cambio climático. *Estratos*, 68: 45-47.
- HERNÁNDEZ, A. J., PASTOR, J. 1989. Técnicas analíticas para el estudio de las interacciones suelo-planta. *Henares, Rev. Geol.*, 3: 67-102.
- PASTOR, J., HERNÁNDEZ, A. J. Descripción de vertederos sellados de la Comunidad de Madrid. En: *Estudio multidisciplinar de vertederos sellados. Caracterización y pautas de recuperación*. A. J. Hernández y C. Bartolomé (Eds.). Servicio de Publicaciones de la Universidad de Alcalá (en prensa).
- PECO, B., GALIANO, E. F., LÓPEZ DE PABLO, C., PINEDA, F. D. 1983. Tipificación de pastizales mediterráneos. Distintas aproximaciones obtenidas a partir de varias formas de sectorización y muestreo de una ladera. *Studia oecológica*, 2: 53-72.
- RIVAS MARTÍNEZ, S. 1982. *Mapa de las series de vegetación de la provincia de Madrid*. Publicaciones Diputación de Madrid, Servicio Forestal, Madrid.
- SAN MIGUEL, A. 1994. *La dehesa española: Origen, tipología, características y gestión*. Fundación Conde del Valle de Salazar, Madrid.
- SAN MIGUEL, A. 2001. *Pastos naturales españoles. Caracterización, aprovechamiento y posibilidades de mejora*. Coedición Fundación Conde del Valle de Salazar- Mundi-Prensa 320 pp. Madrid.
- SAN MIGUEL, A. (Coord.) 2009. *Los pastos de la Comunidad de Madrid. Tipología, Cartografía y Evaluación*. Serie Técnica de Medio Ambiente nº 4. Comunidad de Madrid.
- URCELAI, A. 1997. Estructura de sistemas herbáceos mediterráneos sometidos a la acción antrópica y posibles mecanismos de "resiliencia". Tesis doctoral. Universidad de Alcalá.

**PASTURES OF THE EASTERN MADRID REGION AS REFERENCE SYSTEMS FOR
RECOVERY MEASURES**

SUMMARY

The area of study overlies the arkosic or gneiss-granite substrates of the central western Iberian Peninsula, whose climax vegetation comprises the final associations of the mesomediterranean series of *Quercus ilex ssp. ballota*. Pasturelands were sampled by randomly selecting 87 plots of 1 m². After taking phytoecological relevés of each plot, the physico-chemical properties of their topsoils were determined. Several of these variables are related to their degradation. The results obtained reveal a mosaic of pastures of varying physiognomy. Although mostly composed of therophytes, different situations of their herbaceous communities may be observed that support an interest in protecting these oak-wood strongholds against urban uses. In addition, we propose the use of these pastures as reference systems for revegetation-remediation measures (when eroded cultivated lands are abandoned) and of the revegetation-remediation of sealed waste landfills or old mining sites.

Keywords: plant communities, biodiversity, pasture soil.

VARIACIÓN DEL VALOR NUTRITIVO DE VARIEDADES DE TRITICALE PARA FORRAJE EN FUNCIÓN DE LA FECHA DE CORTE

S. PEREIRA-CRESPO, B. FERNÁNDEZ-LORENZO, J. VALLADARES-ALONSO, A. GONZÁLEZ-ARRÁEZ, Y G. FLORES-CALVETE

Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo (CIAM). INGACAL. Xunta de Galicia. Apdo. 10 - 15080, A Coruña. soniapereira@ciam.es

RESUMEN

En este trabajo, se estudió el efecto del genotipo y la fecha de corte sobre la precocidad, la producción y el valor nutritivo de 12 variedades de triticales (*x Triticosecale* Wittm.) sembradas en invierno (año 2004) y en otoño (año 2004/2005), en dos localidades, Mabegondo (A Coruña) y Pobra do Brollón (Lugo). Las diferencias existentes entre variedades para los parámetros evaluados pusieron de manifiesto la importancia de la elección de la variedad. Se observaron diferencias entre variedades para los valores de fibra neutro y ácido detergente, y digestibilidad de la materia orgánica. Solamente en el segundo año encontramos una relación entre la precocidad y la fibra neutro detergente, las variedades más precoces presentaron un menor contenido de fibra neutro detergente. Con el retraso en la fecha de corte se observó un aumento de la producción en materia seca y una disminución en los valores de proteína bruta y digestibilidad de la materia orgánica.

Palabras clave: producción, precocidad, proteína, digestibilidad.

INTRODUCCIÓN

La evolución de la producción forrajera en el sector vacuno lechero en Galicia, en los últimos años, se ha caracterizado por un proceso de intensificación, debido sobre todo a las limitaciones de la base territorial de las explotaciones. La rotación anual más utilizada está formada por maíz forrajero como cultivo de verano y raigrás italiano como cultivo invernal, aprovechado generalmente con uno o dos cortes para ensilar en primavera (Fernández-Lorenzo *et al.*, 2009). Sin embargo, la dificultad de dar dos cortes de raigrás italiano y la baja concentración de proteína bruta (PB) del conjunto de la rotación han llevado a buscar un cultivo de invierno alternativo. En trabajos anteriores se ha propuesto como alternativa la asociación guisante-triticales (Suárez *et al.*, 2002).

Para maximizar la producción y el valor nutritivo de esta asociación es necesario realizar una correcta elección de la variedad de triticales y el momento de cosecha. El objetivo de este trabajo ha sido caracterizar los efectos del genotipo y del estado de madurez sobre la evolución del valor nutritivo y el rendimiento de la planta de triticales sembrado en dos estaciones: invierno y otoño.

MATERIAL Y MÉTODOS

Los ensayos se llevaron a cabo en dos localidades, Mabegondo (A Coruña) a 100 metros de altitud y Pobra do Brollón (Lugo) a 400 metros, durante los años 2004 (ensayo 1) y 2004/2005 (ensayo 2). En el año 2004, del 9 al 13 de febrero, se sembraron 12 variedades en ambas localidades, repitiéndose la siembra en el segundo año de cultivo, del 24 al 26 de noviembre de 2004. Las 12 variedades evaluadas fueron: Senatrit, Tritano, Tentudia, Trujillo, Galgo, Sierra Almaraz, Sierra Cierva, Titania, Bienvenue, Camarma, Trijan y Noe.

Se utilizó un diseño experimental en parcelas divididas con cuatro bloques, con la variedad como parcela principal y la fecha de cosecha como subparcela. Los bloques se separaron entre sí mediante corredores de 4 metros utilizando como bordes la variedad Senatrit. La parcela principal estuvo formada por una línea de 10 metros de longitud con una separación entre líneas de 0,4 m y con una dosis de siembra de 300 semillas/m².

La cosecha se efectuó en 6 fechas diferentes, con una cadencia semanal. El primer año, todas las variedades se cosecharon a partir de la misma fecha, independientemente de su estado fenológico, comenzando el 15 de abril en Mabegondo y el 24 de mayo en Pobra do Brollón. El segundo año, cada variedad se empezó a cosechar a partir del inicio de espigado. En Mabegondo, las más tempranas se cosecharon a partir del 31 de marzo y la más tardía el 22 de abril y en Pobra do Brollón el 23 de abril y el 4 de mayo, respectivamente. Se registró la fecha de inicio de espigado (IE) definida como aquella en la que el 50% de las plantas presentan espigas visibles. A partir de estos datos, se calcularon los días transcurridos desde la siembra al espigado (ISE). Se calcularon los grados día acumulados (GDA) desde la siembra al espigado, a partir de la temperatura máxima (T_{max}) y mínima (T_{min}) medidas diariamente en las estaciones meteorológicas instaladas en cada localidad, de la siguiente manera: $GDD = (T_{max} + T_{min} / 2) - T_b$, $GDA = \sum GDD$, considerando como temperatura base (T_b) el valor de 0°C, según Bauer *et al.* (1984). En cada fecha de cosecha, se segó manualmente a una altura de 10 cm un transepto de 1 m de longitud de cada variedad (subparcela). Se registró su peso, con el que se estimó el rendimiento, y se tomó una alícuota de 1 kg sobre la que se realizaron los análisis de laboratorio. El contenido en materia seca (MS) se determinó mediante secado en estufa de aire forzado a 80°C durante 16 horas. Sobre la muestra seca y molida a 1 mm, se realizaron las determinaciones de contenido en materia orgánica (MO), proteína bruta (PB, expresada como N total*6.25), fibra neutro detergente (FND), fibra ácido detergente (FAD), carbohidratos no estructurales (CNET), carbohidratos solubles en agua (CSA) y digestibilidad in vitro de la materia orgánica (IVDMO) mediante análisis por reflectancia en el infrarrojo cercano (NIRS). Para ello, se utilizó un espectrofotómetro NIRSystems 6500 (FOSS NIRSystems, Inc., Silver Spring, Washington, USA) y las ecuaciones de predicción NIRS desarrolladas por Fernández-Lorenzo *et al.* (2004) previamente ampliadas.

El análisis estadístico se realizó mediante ANOVA, utilizando el procedimiento PROC GLM del paquete estadístico SAS v.8a (SAS Institute, 2000), considerando factores fijos la variedad, la fecha y su interacción y aleatorios la localidad, el bloque y todas sus interacciones.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las variedades más precoces (Tabla 1) fueron Senatrit, Tritano, Tentudia y Trujillo mientras que las más tardías fueron Camarma, Triján y Noe, de acuerdo con lo observado por Flores *et al.*, 2003 y Suárez *et al.*, 2002.

En Pobra do Brollón, la localidad con los inviernos más fríos, el inicio del espigado se retrasó con respecto a Mabegondo 34 días, para Tritano, una de las variedades más precoces, y 21 días, para Noe, la variedad más tardía. El segundo año, el adelanto de la siembra al otoño aumentó la duración del ciclo vegetativo y los valores de ISE, a pesar del adelanto del espigado. Las variedades más precoces mostraron esta aptitud en ambas localidades y en ambas épocas de siembra, y las diferencias de precocidad fueron mayores en Mabegondo. En esta localidad, la diferencia máxima, fue de 17 días

entre Senatrit y Noe, en 2004 y 22 días, en 2005. En Pobra do Brollón, la máxima diferencia, fue de 5 días entre Senatrit y Noe, en el 2004 y 10 días entre Tritano y Noe, en 2005.

Tabla 1: Valores medios de precocidad, grados día acumulados y fechas de inicio de espigado.

Variedad	Siembra de invierno (2004)					Siembra de otoño (2004/2005)				
	ISE	MAB		POB		ISE	MAB		POB	
		GDA	IE	GDA	IE		GDA	IE	GDA	IE
Senatrit	82,1	446	16-abr	872	19-may	138,3	938	31-mar	1046	24-abr
Tritano	82,8	446	16-abr	890	20-may	138,6	967	02-abr	1036	23-abr
Tentudia	83,4	455	17-abr	890	20-may	140,6	992	04-abr	1057	25-abr
Trujillo	83,4	455	17-abr	890	20-may	140,5	967	02-abr	1082	27-abr
Galgo	84,8	501	21-abr	872	19-may	140,3	981	03-abr	1057	25-abr
Sierra Almaraz	85,3	501	21-abr	872	19-may	140,3	981	03-abr	1057	25-abr
Sierra Cierva	86,1	510	22-abr	906	21-may	145,0	992	04-abr	1131	30-abr
Titania	86,8	510	22-abr	906	21-may	144,5	1017	06-abr	1146	01-may
Bienvenue ¹	75,3	574	27-abr	-	-	148,0	1080	15-abr	1113	29-abr
Camarma	87,8	563	26-abr	890	20-may	151,5	1110	18-abr	1180	03-may
Trijan	89,3	574	27-abr	923	22-may	152,0	1110	18-abr	1192	04-may
Noe	91,9	631	03-may	956	24-may	154,0	1161	22-abr	1192	04-may
N	8	4		4		8	4		4	

ISE: días de siembra a espigado, media de los datos de Mabegondo (MAB) y Pobra do Brollón (POB); IE: fecha de inicio espigado; GDA: grados día acumulados (°C); 1: no sembrada en Pobra do Brollón en 2004; N: número de muestras

En la Tabla 2 se muestran los valores medios de producción (sólo en la localidad de Mabegondo) y valor nutritivo, en las dos localidades, para las seis fechas de corte, correspondiente a la siembra de invierno del año 2004, ordenadas según su precocidad.

El primer año, se detectaron diferencias significativas para todos los parámetros, salvo PB y CSA. Todas las variedades se cosecharon simultáneamente a partir de la misma fecha y, por lo tanto las más tardías estaban en un estado fenológico más inmaduro. En consecuencia, fueron éstas las que, en general, presentaron los valores más bajos de MS, FAD y FND, y los más altos de IVDMO y PB, aunque estos últimos no fueron estadísticamente diferentes.

Entre las variedades más productivas destacó Tritano, con rendimientos similares a Trujillo, Sierra Almaraz y Sierra Cierva, y superiores al resto. En ambas localidades, la variedad con el valor más alto de PB fue Noe, con valores de 9,8% en Mabegondo y 8,7% en Pobra do Brollón; entre las variedades con menor FAD destacaron las más tardías, en Mabegondo, los valores más bajos de FAD fueron 28,4%; 29,4% y 28,4% y en Pobra do Brollón, 32,6%; 33% y 33,1% para las variedades Camarma, Trijan y Noé, respectivamente. Los menores valores de FND fueron, en Mabegondo, de 52,7% y 52, 8%, y en Pobra do Brollón, 56,2% y 56,6%, para las variedades Trujillo y Tritano, respectivamente.

Los mayores valores de IVDMO, en Mabegondo, fueron 79,3%; 78,2% y 78,1% para Trijan, Camarma y Noe, respectivamente, y en Pobra do Brollón, fueron 71,9% y 71,2% para Trijan y Trujillo, respectivamente.

Debido a las diferencias de precocidad encontradas el primer año y de acuerdo con Dunphy (1982), que concluye que para obtener resultados más consistentes, se debe realizar el corte del forraje en función de su estado de desarrollo, en lugar de hacerlo en una fecha fija, el segundo año de cultivo la cosecha de cada variedad se realizó a partir del inicio de su espigado. En consecuencia, aunque las variedades más tardías se empezaron recoger más tarde, todas fueron cosechadas en estados fenológicos similares. En la Tabla 3, se comparan los valores medios de producción y valor nutritivo de las

variedades de triticale para las seis fechas de corte, en las dos localidades, correspondientes a la siembra de otoño del año 2005 y ordenadas por su precocidad.

Tabla 2: Medias de producción y valor nutritivo de las distintas variedades de triticale, en el año 2004 (siembra de invierno).

Variedad	kg MS/ha	MS	MO	PB	FAD	FND	CNET	CSA	IVDMO
Senatrit	6103 <i>fg</i>	33,1 <i>a</i>	90,2 <i>cde</i>	7,7	31,9 <i>abc</i>	55,9 <i>abc</i>	28,5 <i>abc</i>	22,3	70,3 <i>e</i>
Tritano	8715 <i>a</i>	29,6 <i>bcd</i>	91,0 <i>a</i>	7,2	32,1 <i>abc</i>	54,7 <i>c</i>	30,1 <i>a</i>	25,4	72,5 <i>cd</i>
Tentudia	5608 <i>fgh</i>	31,3 <i>ab</i>	89,8 <i>def</i>	8,3	31,8 <i>abc</i>	56,5 <i>ab</i>	26,7 <i>cd</i>	20,8	70,7 <i>e</i>
Trujillo	8332 <i>ab</i>	28,0 <i>de</i>	90,9 <i>ab</i>	7,6	31,6 <i>abcd</i>	54,4 <i>c</i>	29,9 <i>ab</i>	25,2	73,2 <i>bcd</i>
Galgo	6101 <i>fgh</i>	30,8 <i>cb</i>	90,3 <i>bcd</i>	7,3	32,2 <i>ab</i>	56,2 <i>abc</i>	28,5 <i>abc</i>	23,4	72,4 <i>cd</i>
Sierra Almaraz	7836 <i>abc</i>	30,5 <i>cb</i>	90,7 <i>abc</i>	7,5	32,7 <i>a</i>	56,5 <i>ab</i>	27,7 <i>bcd</i>	22,9	71,6 <i>ed</i>
Sierra Cierva	7683 <i>abcd</i>	28,7 <i>cd</i>	90,0 <i>de</i>	7,9	32,5 <i>a</i>	56,7 <i>a</i>	26,6 <i>dc</i>	22,7	71,9 <i>ed</i>
Titania	5728 <i>fgh</i>	27,6 <i>de</i>	89,7 <i>f</i>	8,4	31,8 <i>abc</i>	55,8 <i>abc</i>	26,2 <i>d</i>	21,9	73,1 <i>bcd</i>
Bienvenue	5826 <i>fgh</i>	22,7	90,2	8,7	30,1	54,1	28,4	27,3	76,3 <i>a</i>
Camarma	6223 <i>ef</i>	28,7 <i>cd</i>	88,9 <i>gh</i>	8,7	30,5 <i>d</i>	54,9 <i>bc</i>	27,3 <i>cd</i>	22,2	74,5 <i>ab</i>
Trijan	7272 <i>bcde</i>	26,2 <i>e</i>	88,5 <i>h</i>	8,5	31,2 <i>bcd</i>	55,5 <i>abc</i>	25,5 <i>d</i>	21,1	75,6 <i>a</i>
Noe	4718 <i>g</i>	27,7 <i>de</i>	89,3 <i>fg</i>	9,3	30,8 <i>cd</i>	55,3 <i>abc</i>	25,5 <i>d</i>	21,1	73,6 <i>bc</i>
<i>p</i> (Var)	**	***	*	ns	***	**	*	ns	**
<i>p</i> (Loc*Var)	-	ns	***	*	*	ns	ns	**	***

***:p<0,001; **:p<0,01; *:p<0,05; ns: no significativo; Letras distintas en la misma columna indican medias significativamente diferentes; rendimiento (Kg MS/ha) obtenido en Mabegondo (N=24), para el resto de variables relativas al valor nutritivo se muestra la media de las 2 localidades (N=48), excepto para la variedad Bienvenue, no sembrada en Pobra do Brollón, por lo que se excluye de la comparación de medias; unidades de medida: % sobre MS

El segundo año de cultivo, se detectaron diferencias significativas entre variedades para MO, FAD, FND e IVDMO. No se observaron diferencias de producción entre las variedades tardías y precoces. Estos resultados contrastan con los obtenidos por Royo y Parés (1996) y Rao *et al.*, (2000), los cuales observaron que las variedades tardías producen menos que las precoces. El retraso en la fecha de siembra parece influir sobre los niveles de producción obtenidos, ya que las producciones en el año 2004 con una siembra de invierno, fueron menores que en el 2005 con una siembra de otoño, en acuerdo con lo observado por Royo *et al.*, (1994) y Martínez *et al.*, (2005).

Las variedades tardías tendieron a presentar un menor contenido en PB, aunque las diferencias no fueron significativas, lo que podría ser consecuencia de las mayores temperaturas soportadas por las variedades tardías (Buxton y O’Kiely, 2003). Además, presentaron valores más altos de FND y FAD, de acuerdo con Royo y Parés (1996) y Cannas *et al.* (2005). Sin embargo, esta tendencia no se refleja en las diferencias encontradas en la IVDMO. En el año 2005, en ambas localidades, entre las variedades más productivas destacaron Tritano, con rendimientos de 8875 y 10517 kg MS/ha, Triján con 9367 kg MS/ha y 10225 kg MS/ha, en Mabegondo y Pobra do Brollón, respectivamente.

La interacción Localidad*Variedad fue significativa para el rendimiento en kg MS/ha, MS, MO, PB e IVDMO. Las variedades con mayores rendimientos fueron, en Mabegondo, Tritano con 9367 kg MS/ha y, en Pobra do Brollón, Titania con 11299 KgMS/ha y Sierra Cierva con 10898 kg MS/ha; con el mayor contenido en PB, Tentudia con 8,8 en Mabegondo y 6,8 en Pobra do Brollón; y con la mayor IVDMO, fueron Tritano con 70,9 y Trujillo con 70,7, en Mabegondo, y, Trujillo con 68,8, en Pobra do Brollón.

En la Tabla 4, se presentan las medias de producción y valor nutritivo durante las seis semanas posteriores al inicio de la espigado (semana 1) correspondientes al año 2005 para las 12 variedades de triticale.

Tabla 3: Medias de producción y valor nutritivo para seis fechas de corte en dos localidades, en el año 2005 (siembra de otoño).

Variedad	kg MS/ha	MS	MO	PB	FAD	FND	CNET	CSA	IVDMO
Senatrit	6711	26,0	92,6 <i>ef</i>	7,5	35,2 <i>de</i>	58,6 <i>cd</i>	23,4	20,4	67,6 <i>bcd</i>
Tritano	9696	23,7	93,7 <i>abcd</i>	7,1	35,2 <i>de</i>	57,9 <i>de</i>	24,7	22,9	69,6 <i>a</i>
Tentudia	6733	25,0	92,2 <i>f</i>	7,8	34,8 <i>e</i>	58,6 <i>cd</i>	22,8	20,1	68,4 <i>abc</i>
Trujillo	8980	23,8	94,0 <i>a</i>	7,0	35,2 <i>de</i>	57,6 <i>e</i>	25,2	23,5	69,7 <i>a</i>
Galgo	7310	24,9	93,1 <i>cde</i>	7,1	35,5 <i>cde</i>	59,2 <i>bc</i>	23,2	21,1	69,5 <i>a</i>
Sierra Almaraz	7423	24,1	93,2 <i>bcde</i>	7,6	35,1 <i>e</i>	58,6 <i>cd</i>	23,3	21,6	69,4 <i>a</i>
Sierra Cierva	8955	24,4	93,2 <i>abcde</i>	7,2	36,5 <i>ab</i>	60,6 <i>a</i>	21,3	19,3	68,1 <i>abc</i>
Titania	9303	24,8	93,9 <i>abc</i>	7,3	36,1 <i>abc</i>	59,2 <i>bc</i>	22,5	20,8	68,2 <i>abc</i>
Bienvenue	9327	25,8	94,0 <i>a</i>	6,5	36,7 <i>a</i>	59,9 <i>ab</i>	23,9	21,4	65,9 <i>d</i>
Camarma	8311	25,8	93,0 <i>de</i>	7,0	35,9 <i>bcd</i>	59,9 <i>ab</i>	22,9	20,4	68,8 <i>ab</i>
Trijan	9796	24,3	93,2 <i>bcde</i>	6,7	36,5 <i>ab</i>	60,2 <i>a</i>	22,5	19,9	68,9 <i>ab</i>
Noe	8849	26,7	93,9 <i>ab</i>	6,8	36,6 <i>ab</i>	60,3 <i>a</i>	23,0	21,1	66,9 <i>cd</i>
<i>p</i> (Var)	ns	ns	**	ns	**	***	ns	ns	*
<i>p</i> (Loc*Var)	**	***	*	*	ns	ns	ns	ns	*

***:p<0,001; **:p<0,01; *:p<0,05; ns: no significativo; Letras distintas en la misma columna indican medias significativamente diferentes; N: número de muestras; unidades de medida: % sobre MS

Tabla 4: Medias de producción y valor nutritivo de las 12 variedades de triticale en las dos localidades, en el año 2005.

SEMANA ¹	kg MS/ha	MS	MO	PB	FAD	FND	CNET	CSA	IVDMO
1	4667 <i>f</i>	17,0 <i>f</i>	90,6 <i>c</i>	10,0 <i>a</i>	32,4	56,1	19,2	17,6	75,3 <i>a</i>
2	6210 <i>e</i>	20,2 <i>e</i>	91,7 <i>c</i>	8,3 <i>b</i>	35,1	59,3	19,0	17,4	73,0 <i>ab</i>
3	7946 <i>d</i>	22,5 <i>d</i>	93,5 <i>b</i>	7,2 <i>bc</i>	37,0	61,2	19,9	18,5	69,3 <i>abc</i>
4	9194 <i>c</i>	26,1 <i>c</i>	94,4 <i>ab</i>	6,4 <i>cd</i>	37,4	61,4	23,0	21,5	65,7 <i>bc</i>
5	10739 <i>b</i>	30,1 <i>b</i>	94,9 <i>a</i>	5,7 <i>d</i>	37,1	59,9	26,9	24,5	63,4 <i>c</i>
6	11941 <i>a</i>	33,6 <i>a</i>	94,9 <i>a</i>	5,2 <i>d</i>	35,6	57,4	31,2	26,7	63,7 <i>c</i>
<i>p</i>	***	***	**	**	ns	ns	ns	ns	*

***:p<0,001; **:p<0,01; *:p<0,05; ns: no significativo; Letras distintas en la misma columna indican medias significativamente diferentes; 1: semana 1: inicio de espigado; unidades de medida: % sobre MS; N=96

En el segundo año, se detectaron diferencias significativas entre las fechas de corte para todas las variables estudiadas, excepto FAD, FND, CNET y CSA. Los rendimientos aumentaron con la fecha de corte y el estado de madurez. Los valores de PB e IVDMO disminuyeron de forma continua y los CSA aumentaron, aunque de forma no significativa.

CONCLUSIONES

Existe variación en la precocidad, el valor nutritivo y la producción de las variedades estudiadas. Las diferencias máximas de precocidad en el espigado varían de 17 a 22 días en Mabegondo y de 5 a 10 días en Pobra de Brollón. Cuando son cosechadas en una fecha fija (año 2004), las variedades más tardías tienden a presentar un menor contenido en FAD y FND, valores mayores de IVDMO y, en contrapartida, sus rendimientos estimados son menores. Cuando son cosechadas a partir del inicio de espigado de cada variedad (año 2005), el retraso de la cosecha produce un aumento significativo del rendimiento y del contenido en MS, pero una caída de PB e IVDMO.

En alimentación de vacas en lactación, se recomienda cosechar en torno al espigado para obtener el mayor valor nutritivo y una producción aceptable. En cultivo asociado con leguminosas, se recomiendan elegir aquellas variedades de triticale que coincidan en precocidad con la variedad acompañante. En zonas con inviernos suaves, como Mabegondo, si el cultivo va seguido de maíz, habrá que cosechar a mediados de abril. En este caso, las variedades tempranas pueden ser más recomendables

en siembras de invierno y las tardías en las de otoño. En zonas más continentales, la diferencia de precocidad no parece tan determinante.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BUXTON, D.R.; O'KIELY, P., 2003. Preharvest plant factor affecting ensiling. En: *Silage Science and Technology*, 199-250. Ed. D.R. Buxton, R.E. Muck, J.H. Harrison, ASA-CSSA-SSSA. Madison (USA).
- BAUER, A.; FANNING, C.; ENZ, J.W.; EBERLEIN., C.V., 1984. Use of growing-degree days to determine spring wheat growth stages. *North Dakota State University Extension Bulletin*, 37.
- CANNAS. A.; GIUNTA, F.; PRUNEDDU, G.; BOE., F.; MOTZO, R., 2005. Effects of triticale cultivars grown in a Mediterranean environment on biomass yield and quality. *Italian Journal Animal Science*, 4, 166-168.
- DUNPHY, D.J.; McDNIEL M.E.; HOLT E.C., 1982. Effect of forage utilization on wheat grain yield. *Crop Science*, 22, 106-109.
- FERNÁNDEZ -LORENZO, B.; FLORES, G.; GONZÁLEZ-ARRÁEZ, A.; VALLADARES, J.; CASTRO, P., 2004. Estimación de la composición química del guisante (*Pisum sativum* L.) y triticale (x *Triticosecale* Wittm.) mediante NIRS. En: Actas de la XLIV Reunión Científica de la SEEP, 285-290.
- FERNÁNDEZ-LORENZO, B.; FLORES, G.; VALLADARES, J.; GONZALEZ-ARRÁEZ, A.; PEREIRA, S., 2009. Caracterización do sistema de produción das explotacións de vacún de leite en Galicia. *Afriga*, 82, 60-66.
- FLORES, G.; GONZÁLEZ, A.; PIÑEIRO, J.; CASTRO, P.; DÍAZ, A.; VALLADARES, J., 2003. Composición química y digestibilidad in vitro del guisante forrajero (*Pisum sativum* L.) y triticale (x *Triticosecale* Wittm.) como cultivos invernales en seis fechas de corte en primavera. En: Actas de la XLIII Reunión Científica de la SEEP, 261-266.
- 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. En: Actas de la XLV Reunión Científica de la SEEP, 673-679.
- RAO, S.C.; COLEMAN, D.W.; VOLESKY, J.D., 2000. Yield and quality of wheat, triticale, and elytricum forage in the Southern Plains. *Crop Science*, 40, 1308-1312.
- ROYO, C.; PARÉS, D., 1996. Yield and quality winter and spring triticales for forage and grain. *Grass and Forage Science*, 51, 449-455.
- SAS Institute, 2000. SAS/Stat User's Guide, v.8.1, SAS Inc., Cary, NC (EEUU).
- SUÁREZ, R.; DÍAZ, N.; PIÑEIRO, J.; SANTOALLA, C., 2002. Avena, centeno y triticale como tutores de guisante y veza en rotaciones forrajeras ecológicas. En: Actas del V Congreso de la Sociedad Española de Agricultura Ecológica, 701-710.

CHANGE IN THE NUTRITIVE VALUE OF FORAGE TRITICALE VARIETIES ACCORDING TO HARVEST DATE

SUMMARY

The aim of this work was to study the effects of genotype and harvest date on precocity and the productivity and nutritive value of twelve varieties of triticale (*Triticosecale* Wittm.) sown in winter (year 2004) and in autumn (year 2004/2005). The existing differences between varieties for the parameters studied showed the importance of its election. The differences between varieties showed for values of neutral detergent fiber, acid detergent fiber and digestibility. In the second year, we find a relationship between precocity and neutral detergent fiber. The harvest date delay increased dry matter production, but decreased crude protein and organic matter digestibility.

Key words: precocity, production, protein, digestibility.

ESTUDIO PRELIMINAR DEL RENDIMIENTO Y LA CALIDAD NUTRITIVA DE HÍBRIDOS DE MAÍZ FORRAJERO EN CULTIVO ECOLÓGICO

A.B. MONTEAGUDO, L.CAMPO, B. SALLERES, J. MORENO

Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo (CIAM). Instituto Galego da Calidade Alimentaria (INGACAL). Apartado 10.15080 A Coruña. anamonteagudo@ciam.es

RESUMEN

La demanda de forraje para alimentación animal está detrás del incremento año a año del cultivo de híbridos de maíz forrajero. Debido al alto contenido energético, producción en materia seca y ciclo vegetativo corto, las explotaciones ganaderas emplean mayoritariamente el maíz forrajero para ensilado. Dado que el cultivo del maíz supone una considerable parte del área cultivada actualmente, es importante obtener híbridos comerciales que se adapten a los nuevos sistemas productivos, como es el caso del cultivo en ecológico. Además, la transformación de las explotaciones ganaderas tradicionales hacia la producción ecológica requiere que los alimentos también procedan de cultivo ecológico y, por tanto, se requieren híbridos comerciales adaptados que permitan satisfacer dicha demanda.

El objetivo de este trabajo ha sido la evaluación de 48 de híbridos de maíz, desarrollados en los programas de mejora genética del CIAM, para determinar su potencial para el cultivo en ecológico, su rendimiento y calidad forrajera. Trece de los híbridos estudiados presentaron unos rendimientos forrajeros por encima de los testigos. Destacan los híbridos 85040xEC49A, 957-74 F2S3, 957 F2S3, 950 F2S2 y 980 F2S2 que combinan un buen rendimiento forrajero con una buena calidad del mismo.

Palabras clave: maíz, rendimiento forrajero, cultivo ecológico.

INTRODUCCIÓN

El maíz forrajero, junto con otras especies forrajeras, constituye uno de los principales alimentos empleados en las explotaciones ganaderas en las zonas de climas templados, debido a su alto contenido energético y su producción en materia seca. La combinación de praderas de pastoreo y ensilado del maíz se ha destacado como una opción adecuada para la alimentación del ganado en las explotaciones intensivas (Moreno, 1982). Así la superficie de cultivo forrajero en España ha sufrido un incremento del 3% desde 2007, registrándose una superficie cultivada de maíz forrajero en 2009 cercana a las 86 000 ha (MAPA, 2009a) y concentrándose un 72,8% de dicha superficie cultivada en Galicia.

La creciente preocupación por la preservación del medio ambiente y la búsqueda de beneficios para la salud humana en los alimentos, ha determinado que el cultivo y elaboración de productos ecológicos sea cada vez mayor y se haya incrementado el valor añadido de dichos productos. De este modo la agricultura ecológica ha experimentado un crecimiento del 33% en 2008, respecto de la superficie cultivada en ecológico en 2007, con un total de 1 317 751 ha, lo que sitúa a España en los primeros puestos dentro del marco europeo (MAPA, 2009b). Este creciente interés también se ha visto reflejado en el sector de la ganadería, entre otros, registrándose en 2009 un total de 3813 explotaciones ganaderas ecológicas en toda España.

A pesar de que Galicia concentra más del 72% de la superficie cultivada en forraje, el cultivo en ecológico de especies forrajeras sólo representa el 1,69% del total español. Dado que el 4,43% de las explotaciones ganaderas ecológicas se encuentran en Galicia y que se requiere del cultivo en eco-

lógico también de las especies empleadas para la alimentación del ganado de dichas explotaciones (Reglamentos 2092/91, 1804/1999), sería necesario un incremento de la superficie forrajera en cultivo ecológico, además de abogar porque se produzca un incremento general de cultivos ecológicos en Galicia.

La transformación de explotaciones ganaderas tradicionales hacia una explotación ecológica se ve en muchas ocasiones dificultada por la disponibilidad de forrajes ecológicos para el ensilado. Así en este trabajo, se presenta una evaluación preliminar de 48 híbridos de maíz durante los años 2008 y 2009 para determinar su potencial productivo en ecológico y su calidad y rendimiento forrajero. Esta evaluación se continuará para finalmente seleccionar aquellos híbridos que aúnen el mejor rendimiento y calidad de forraje para su puesta a disposición del sector agrario ecológico gallego.

MATERIAL Y MÉTODOS

El material evaluado consta de: 32 híbridos F2S2 y 6 híbridos F2S3 procedentes del cruzamiento entre las líneas puras (EC136xEC151) x EC214; 4 híbridos de la línea pura EC49A con las líneas puras EC22, EC133, EC179A y EC323A respectivamente; 4 híbridos procedentes del cruzamiento entre la línea EC49A y los ecotipos gallegos, 85022, 85042, 85020 e 85040 pertenecientes al Banco de Germoplasma del CIAM; además de los híbridos EC214x(A632xCM105) e EC214xEC169. Por lo tanto, se evaluaron para determinar el potencial forrajero un total de 48 híbridos, obtenidos todos ellos en los programas de mejora genética desarrollados en el CIAM.

La evaluación en campo de los híbridos se realizó en condiciones de cultivo ecológico en 2008, en la localidad de Barbadás (Ourense) y en 2009, en las localidades lucenses de Friol y Baralla, con una densidad de siembra de 90 000 plantas por hectárea. El diseño experimental en los tres casos fue un diseño Látice con tres repeticiones. Como testigos se utilizaron los híbridos comerciales LG3303, Nkthermo, Anjou290, Maverick, Furio, Pisuerga y Dukla, como representación de los ciclos de crecimiento y características forrajeras de los actuales híbridos comercializados.

Los caracteres agronómicos que se tomaron fueron: vigor temprano (VTE), floración masculina y floración femenina (DFEM). Tras la cosecha se tomó el peso total de planta de las parcelas y se separó una muestra para ser triturada. De las muestras trituradas por parcela se secaron 300 g a 80° C durante 18 horas. Tras el periodo de secado se tomó el peso final de las muestras para la determinación del contenido en materia seca (MSPE). A partir del peso de la planta entera por parcela y la materia seca se calculó el rendimiento de forraje en toneladas por hectárea (REND) (Campo, 1999). Posteriormente, las muestras secas se molieron en un molino Christy-Norris a 1 mm y se analizaron por espectroscopia de reflectancia en el infrarrojo cercano (NIRS) el contenido en materia orgánica (MO) y la digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica (DMO), mediante ecuaciones de predicción desarrolladas por Campo y Moreno (2003).

El análisis estadístico de los resultados se realizó con el programa Proc glm, tomando los genotipos como efectos aleatorios y la separación de medias de los genotipos se realizó mediante un test LSD (F significativo $p < 0,05$). Ambas pruebas se realizaron con el paquete estadístico SAS v.8a (SAS Institute, 2000).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las medias globales de híbridos y testigos (Tabla 1) son muy similares, destacando los caracteres rendimiento forrajero (REND) y digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica (DMO), en los que

la media de los híbridos es mayor que la media de los testigos para dichos caracteres. Los valores de digestibilidad se encuentran en torno al 68 %, valor que se corresponde con Argillier *et al.* (2000), pero es inferior a la encontrada por Campo y Moreno (2005). En el análisis de varianza se encontraron diferencias significativas para todos los caracteres en los diferentes ambientes de estudio; para los genotipos se presentaron diferencias altamente significativas ($p < 0,001$) para los caracteres agronómicos de vigor temprano (VTE) y floración femenina (DFEM), al igual que para el carácter de rendimiento forrajero, mientras que el nivel de significación fue menor ($p < 0,05$) para encamado (ENC) y contenido en materia seca (MSPE). En cuanto a la calidad nutritiva determinada por el contenido en materia orgánica (MO) y digestibilidad de la misma (DMO), no se observaron diferencias significativas entre los distintos genotipos estudiados, coincidiendo con estudios previos de híbridos forrajeros (Lewis *et al.*, 2004; Campo y Moreno, 2005). En cuanto a la interacción genotipo*ambiente, se observaron diferencias significativas en los caracteres agronómicos, excepto para vigor temprano, mientras que para caracteres de rendimiento y calidad sólo se encontraron diferencias significativas para la digestibilidad de la materia orgánica, este menor nivel de significación en las interacciones se corresponde con estudios previos (Cox *et al.*, 1994; Argillier *et al.*, 1998). Los valores de los coeficientes de variación (CV) obtenidos, según parámetro, son aceptables, hecho que refuerza la fiabilidad de los resultados obtenidos en el análisis.

Tabla 1. Medias globales de híbridos de maíz forrajero y testigos para los caracteres agronómicos y de rendimiento.

	VTE	DFEM	ENC	MSPE	REND	MO	DMO
Media Híbridos	3,1	83,1	0,1	33,0	1385,6	96,2	68,8
Media Testigos	3,1	83,6	0,1	36,2	1332,6	96,4	68,5
LSDh (5%)	1,1	1,9	0,3	5,9	420,8	0,7	3,0
LSDt(5%)	1,0	3,2	0,7	11,4	439,1	1,1	2,6
Fuentes variación							
Ambiente	***	***	***	***	***	***	***
Genotipo	***	***	*	*	***	ns	ns
Bloque(Repetición)	**	ns	ns	*	***	ns	ns
Ambiente*Genotipo	ns	***	***	ns	ns	ns	***
CV (%)	18,9	1,4	2,9	10,2	16,8	0,4	2,3

VTE: vigor temprano; DFEM: floración femenina (días); ENC: encamado; MSPE: materia seca de la planta entera (%); REND: rendimiento forrajero de planta entera (t/ha); MO: contenido en materia orgánica (%); DMO: digestibilidad de la materia orgánica *in vitro*; LSDh: mínima diferencia significativa entre híbridos ($\alpha=0,05$); LSDt: mínima diferencia significativa entre los testigos ($\alpha=0,05$); CV: coeficiente de variación; ns: no significativo $p > 0,05$; * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$.

En la Tabla 2 se detallan los datos para caracteres agronómicos, de rendimiento y de calidad para los híbridos que presentaron un buen rendimiento forrajero, muchos de ellos superaron a la media global de los testigos (1333,6 t/ha), junto con los datos detallados de los siete testigos empleados en la evaluación. Los híbridos obtenidos del cruzamiento entre la línea EC 49A y las líneas EC22, EC323 y EC179D y los ecotipos 85020 y 85040, junto con los híbridos 954-62 F2S3 y 957-74 F2S3 destacan sobre el resto de híbridos con un rendimiento que supera las 1600 t/ha, además muchos de ellos superan la media global de los híbridos y los testigos para el porcentaje de materia seca (31,4%-40,6%).

Estos híbridos son de ciclo corto, entorno a los 75-80 días, presentando un ciclo próximo al testigo Anjou 290. Sin embargo, el contenido en materia orgánica y la digestibilidad *in vitro* no presentan valores superiores a la media de híbridos y testigos. Para estos dos caracteres destacan los híbridos F2S2, que aunque no presentan rendimientos tan elevados, su contenido en materia orgánica está entre 96,6%-97,0% y una digestibilidad que oscila entre el 70% y el 72%. Estos híbridos F2S2 son de ciclo vegetativo largo, próximo a testigos como Dukla o Maverick y ninguno de estos híbridos presentó problemas de encamado.

Tabla 2. Medias de los caracteres agronómicos y de rendimiento forrajero de testigos e híbridos de maíz forrajero mayor rendimiento (t/ha)

Híbridos*/ TESTIGOS	VTE	DFEM	ENC	MSPE	REND	MO	DMO
EC22xEC49A	3,8	76,2	0,2	40,6	1899,1	95,7	62,8
954-62 F2S3	2,7	77,5	0,0	36,4	1869,9	95,5	66,4
Porriño xEC49A	4,3	79,3	0,5	31,4	1843,5	95,6	68,4
Ponteareas xEC49A	4,3	76,3	0,5	32,6	1802,4	95,6	67,2
957-74 F2S3	3,2	75,5	0,2	40,3	1796,7	95,5	67,9
EC323AxEC49A	3,0	78,0	0,0	33,6	1771,5	95,5	64,4
EC179DxEC49A	3,8	76,2	0,2	37,5	1664,4	95,5	66,0
967-126 F2S3	2,8	76,8	0,0	35,3	1589,2	96,1	66,7
950-26 F2S3	3,5	78,3	0,0	35,9	1536,5	96,2	68,5
EC133AxEC49A	2,8	80,5	0,1	32,5	1532,6	95,5	66,0
ForcareixEC49A	3,8	73,0	0,3	38,4	1477,4	96,9	68,5
954 F2S2	3,5	92,0	0,0	29,7	1406,8	96,8	68,4
957 F2S2	3,5	90,5	0,0	28,9	1388,9	97,0	72,1
950 F2S2	4,0	90,5	0,0	28,3	1329,0	96,7	71,1
965 F2S2	3,5	91,0	0,0	29,8	1284,9	96,7	70,2
980 F2S2	3,5	90,5	0,0	28,1	1274,4	96,6	71,8
967 F2S2	2,5	91,0	0,0	29,3	1267,1	97,0	70,1
971 F2S2	3,0	91,5	0,0	27,6	1253,5	96,6	70,7
958 F2S2	3,0	91,0	0,0	28,2	1199,2	96,5	71,8
955 F2S2	4,0	91,0	0,0	30,6	1138,7	96,6	70,4
ANJOU 290	3,4	77,6	0,1	38,9	1530,3	96,6	70,6
DUKLA	4,0	91,5	0,0	33,0	1304,9	96,6	69,5
FURIO	2,0	91,5	0,5	29,7	917,2	96,5	69,4
LG3303	4,0	89,5	0,0	34,3	965,9	96,9	71,3
MAVERICK	3,0	92,5	0,0	27,7	990,0	96,9	70,3
NK THERMO	2,8	80,0	0,1	39,8	1552,1	96,7	69,6
PISUERGA	2,5	91,0	0,0	31,2	608,5	96,7	71,0

*Híbridos F2S2 y F2S3 proceden del cruce (EC151xEC136)xEC214; VTE: vigor temprano; DFEM: floración femenina (días); ENC: encamado; MSPE: materia seca de la planta entera (%); REND: rendimiento forrajero de planta entera (t/ha); MO: contenido en materia orgánica (%); DMO: digestibilidad de la materia orgánica *in vitro*.

De los híbridos estudiados, 85040xEC49A, 957-74 F2S3, 957 F2S3, 950 F2S2 y 980 F2S2 presentaron buenas características agronómicas, rendimiento forrajero y calidad del mismo. Los híbridos procedentes del cruce con ecotipos gallegos parten con mejores características de adaptación, con buen vigor y precocidad, que los procedentes del cruce entre líneas puras pero su calidad forrajera podría mejorarse para alcanzar una mejor palatabilidad del forraje.

Este estudio ha proporcionado un punto de partida para determinar qué híbridos son los que se podrían apuntar como buenos candidatos para su uso en cultivo extensivo en condiciones de cultivo

ecológico. Así, partiendo de esta base debe ampliarse este estudio para evaluar en más ambientes y para más caracteres determinantes de la calidad nutritiva del forraje.

CONCLUSIONES

Los híbridos más productivos en forraje se corresponden con aquellos con un ciclo vegetativo más corto y buen vigor temprano, sin embargo, estos híbridos no destacan en cuanto a calidad forrajera, puesto que los valores de contenido en materia orgánica y digestibilidad no superan a la media obtenida para dichos caracteres. Por el contrario, los híbridos que destacan en calidad forrajera se corresponden con híbridos de ciclo vegetativo mucho mayor y rendimientos más próximos al rendimiento medio.

Buscando un equilibrio entre rendimiento y calidad se podrían destacar los híbridos 85040xEC49A, 957-74 F2S3, 957 F2S3, 950 F2S2 y 980 F2S2, que podrían ser buenos candidatos para su utilización de forma intensiva por parte del sector ganadero ecológico.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen la financiación recibida por la Xunta de Galicia, proyecto FEADER2008/25, y la colaboración recibida por parte de Calfensa Proyectos S.L. y del Consello Regulador da Agricultura Ecolóxica de Galicia (CRAEGA). Asimismo, agradecen la ayuda recibida por parte del personal del Grupo de Maíces y del personal laboral del CIAM.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARGILLIER, O.; BARRIÈRE, Y.; DARDENNE, P.; EMILE, J.C.; HÉBERT, Y., 1998. Genotypic variability for in vitro criteria and relationships with in vitro digestibility in forage maize hybrids. *Plant Breeding*, **117**, 437-441.
- ARGILLIER, O.; MÈCHIN, V.; BARRIÈRE, Y., 2000. Inbred lines evaluation and breeding for digestibility-related traits in forage maize. *Crop Science*, **40**, 1596-1600.
- CAMPO, L., 1999. Efecto de la competencia de plantas en el rendimiento, caracteres agronómicos y estimación de parámetros genéticos en el maíz (*Zea mays* L.). Tesis Doctoral. Escuela Politécnica Superior. Universidad de Santiago de Compostela. Lugo (España).
- CAMPO, L.; MORENO, J., 2003. Evaluación del rendimiento, digestibilidad y otros caracteres de maíz forrajero en diferentes fechas de recolección. En: *Pastos, desarrollo y conservación*. ROBLES *et al.* (Eds.) Sociedad Española para el Estudio de los Pastos. Granada (España), 277-283.
- CAMPO, L.; MORENO, J., 2005. Estudio del efecto de la fecha de recolección en la calidad nutritiva y rendimiento del maíz forrajero (*Zea mays* L.). En: *Producciones agroganaderas: Gestión eficiente y conservación del medio natural*. OSORO *et al.* (Eds). Sociedad Española para el Estudio de los Pastos. Gijón (España), **Vol (I)**, 641-648.
- COX, W.J.; CHERNEY, J.H.; CHERNEY, D.J.R.; PARDEE, W.D. 1994. Forage quality and harvest index of corn hybrids under different growing conditions. *Agronomy Journal*, **86**, 277-282.
- LEWIS, A.L.; COX, W.J.; CHERNEY, J.H., 2004. Hybrid, maturity and cutting height interactions on corn forage yield and quality. *Agronomy Journal*, **96**, 267-274.
- MAPA, 2009a. *Anuario de Estadística*. Edita Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Madrid (España).
- MAPA, 2009b. *Estadísticas 2008. Agricultura Ecológica*. www.marm.es/alimentacion.htm.

MORENO, J., 1982. El maíz forrajero: una opción en las explotaciones ganaderas. *Pastos*, **XXII(1)**, 157-170.

SAS INSTITUTE, 2000. SAS/Stat User's Guide, v.8.1, SAS Institute Inc., Cary, NC (EEUU).

**PRELIMINARY STUDY OF YIELD AND NUTRITIONAL VALUE OF FORAGE MAIZE
HYBRIDS UNDER ORGANIC CROP CONDITIONS**

SUMMARY

The demand of forage for animal feed is behind the annual increase of the use of forage maize hybrids. Due to its high energetic content, dry matter production and vegetative short cycle, cattle farms predominantly grow forage maize for silage. Provided that nowadays maize crops occupy an important part of the cultivated area, it is important to obtain commercial hybrids adapted to new productive systems, such as organic ones. The transformation of traditional cattle farms towards organic systems requires well-adapted commercial maize hybrids. The aim of this work was to evaluate the forage quality and yield of 48 maize hybrids derived from CIAM's breeding programmes, when cultivated under organic crop conditions. Thirteen of the studied hybrids have showed higher forage yield than controls, hybrids 85040xEC49A, 957-74 F2S3, 957 F2S3, 950 F2S2 y 980 F2S2 have showed a higher forage yield plus a good forage quality.

Key words: maize, forage yield, organic system

GESTIÓN DE INFORMACIÓN SOBRE ALIMENTOS EN LOS LABORATORIOS: PROPUESTAS DEL PROGRAMA CALIFA

F. MAROTO MOLINA², A. GÓMEZ CABRERA¹, J.E. GUERRERO GINEL¹, A. GARRIDO VARO¹ Y D. PÉREZ MARÍN¹

¹ Dpto. Producción Animal y ² Servicio de Información sobre Alimentos (SIA-SCAI)

Universidad de Córdoba. Campus de Rabanales

Ctra. Nacional IV, Km 396 14014 Córdoba (España)

RESUMEN

El registro de datos asociado a los trabajos de valoración de alimentos es normalmente deficiente debido a la visión limitada con la que se recoge esta información, sólo para el objetivo inmediato con el que se plantea la analítica, ya sea el control de calidad del alimento o su caracterización en un trabajo de investigación. Por otro lado, debido al sistema de registro utilizado, es frecuente que la información sólo sea localizable y comprensible por la persona encargada del trabajo, quien la da a conocer de forma resumida como boletín o publicación científica. Tras esto, la información de base pasa a un "cementerio de datos" o simplemente se elimina.

Si consideramos que los datos obtenidos deberían servir también para formar parte de Bases de Datos de consulta general, la información registrada adolece de falta de precisión, por ausencia de datos relevantes, y falta de homogeneidad terminológica e informática. El programa CALIFA representa una opción para solucionar estos problemas, disponible para los laboratorios que deseen participar en la mejora del uso de la información. En el presente trabajo se realiza una aplicación práctica a través de la importación de archivos de Excel y se ponen en evidencia algunos de los defectos señalados.

Palabras clave: metadatos, análisis de alimentos, bases de datos, homogenización, interpretación de los datos.

INTRODUCCIÓN

Uno de los trabajos de mayor entidad acometido por la SEEP ha sido el proyecto de "Tipificación, Cartografía y Evaluación de Pastos Españoles" por el que se trataba de poner en valor la información obtenida a través de 40 años de investigación sobre los pastos españoles. La agrupación de la información recogida por el grupo de "Dinámica productiva y valoración nutritiva de pastos" (Gómez Cabrera *et al.*, 2008; Maroto Molina *et al.*, 2009) en la base de datos "Pastos Españoles SEEP" (SIA, 2009) puso en evidencia un importante número de problemas, entre los que se encontraban la falta de información y de homogeneidad en la descripción de las características de las muestras valoradas y en los métodos analíticos utilizados, lo que dificultaba su integración.

En dicho trabajo quedó patente la necesidad de organizar un sistema adecuado de registro de la información y de puesta en común de la misma, para evitar que pasados otros 40 años hubiera que volver a repetir el esfuerzo realizado en el proyecto anterior. Ello implicaba la necesidad de adoptar decisiones comunes en materia de homogenización terminológica y, sobretudo, a la hora de definir el tipo de información que se debería intentar asociar a la muestra valorada al registrar los resultados obtenidos, lo que se corresponde con lo que sería la metadatación de esa información. En este sentido,

Maroto Molina *et al.* (2008) han realizado un trabajo exhaustivo en el que incorporan propuestas referidas a la denominación de los alimentos (nombre común y nombre científico) la de los métodos de valoración analítica y nutricional y, sobretodo, al tipo de datos que deberían incluirse en el registro y que servirían para interpretar de manera segura la información allí recogida.

La experiencia alcanzada en la construcción de la base de datos “Pastos Españoles SEEP”, ha permitido la remodelación completa del diseño y del lenguaje de programación, del programa Califa utilizado para la recogida e integración de la información (Gómez Cabrera *et al.*, 2003) y, en este sentido, el objetivo del presente trabajo es exponer las características de funcionamiento del programa y comprobar su utilidad en la detección de errores y como elemento de gestión de la información, utilizándolo para la integración de los datos obtenidos en nuestro laboratorio, durante cerca de siete años, sobre el valor nutritivo de bellotas del género *Quercus*, que se encontraban dispersos en numerosos archivos.

MATERIAL Y MÉTODOS

El programa Califa está realizado en Visual Basic, sobre una base de datos con estructura de Access, realizado conjuntamente por el SIA y la empresa AICOR de Córdoba.

Presenta cinco posibles actividades: El registro de muestras con la información analítica y, en su caso, del almacén; la generación de estadísticas sobre las muestras que se seleccionen; los accesorios auxiliares, que facilitan el uso del programa; el envío de datos desde el laboratorio al SIA y la descarga de actualizaciones desde el SIA.

1.- Registro de muestras. Incorpora los datos de identificación, analíticos y de almacén de las muestras contenidas en la base de datos, a través de los siguientes campos:

Nº (número asignado automáticamente por el programa); Nombre (integra el nombre común y/o el latino de cada muestra); Entrada (fecha de incorporación al banco de datos); Recogida (fecha de recogida de la muestra); Cód. Laborat (código ó número asignado en el laboratorio de procedencia); Peso (de muestra física almacenada en el laboratorio); Observaciones (campo texto donde se puede incorporar toda la información adicional que se desee); Análisis (parámetro analizado elegido de una lista que se gestiona desde el botón **Auxiliares**); Resultado (valor numérico); Unidad (de medida del análisis); Acred (análisis acreditado o no por control externo en el laboratorio); Referencia (analítica, que está asociada a un campo texto donde se describe en detalle el método de análisis utilizado); E. Análisis (fecha del análisis); Analista (nombre del analista).

2.- Estadísticas de las muestras seleccionadas. Se muestra la lista con los *nombres de las muestras* contenidas en la base de datos, para su selección, pudiendo indicar el *tipo de datos* a utilizar (solo los acreditados o todos) y las *fechas de recogida* de las muestras. Se muestran el o los nombres de las muestras seleccionadas y para cada parámetro analítico y unidad de medida: nº de muestras, valor medio, mínimo y máximo y desviación típica.

3.- Dispositivos auxiliares. Integra los elementos que permiten el uso de información prefijada y/o facilita las búsquedas o la importación automática de datos contenidos en bases de datos de Excel. Son los siguientes:

Datos del laboratorio. Analistas (de utilidad en los procesos de acreditación del laboratorio). Determinaciones y Unidades: Recoge la lista común con los nombres y las siglas de los parámetros analizables y la de sus posibles unidades. Nombre de la muestra: Lista de los nombres (comunes y

latinos) de los alimentos a introducir en la base de datos.: Referencias: Asociada a un campo Memo con la descripción detallada del procedimiento analítico seguido. Cámaras de almacenamiento de muestras y tipos de envases utilizados. Todas estas listas son editables por el usuario, de forma que éste puede añadir, borrar y modificar registros. La labor de homogeneización de los registros nuevos introducidos en cada laboratorio se lleva a cabo por el gestor de la base de datos general.

Importación (Muestras mismo Nombre): Permite la importación masiva de datos de un archivo Excel, en el caso de que todos ellos se refieran a un mismo tipo de muestra. Ello requiere establecer la relación entre los campos a trasvasar del archivo Excel y los correspondientes campos de Califa. Importación (muestras múltiples Nombres): En este caso, además de la información ya descrita, hay que señalar la columna del archivo Excel donde están escritos los nombres de los alimentos y aplicarles, para cada uno de ellos, el nombre que les corresponda según la normativa de Califa. Búsquedas y modificaciones múltiples: La búsqueda se realiza a través de listas desplegadas de los campos del Registro de muestras. La información asociada a la búsqueda puede ser exportada a un archivo de Excel para trabajar con los datos que contiene. Búsquedas en Almacén: La búsqueda se realiza sobre los campos del almacén de muestras. Ocultar muestras: Permite ocultar, pero no borrar del programa, aquellas muestras que no queramos ver en el registro de muestras.

4.- Envío de la base de datos al SIA. El objetivo último del programa es que la información disponible se integre en una base de datos común y para su envío a la misma se utiliza el correo electrónico, a través del propio programa.

5.- Descarga de las actualizaciones del SIA. Permite la homogeneización de las listas de nombres, determinaciones, unidades y referencias, realizada por el gestor del programa.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para comprobar su integración al programa Califa, se han utilizado diversos archivos con información sobre composición y valor nutritivo de bellotas, procedentes de recogidas a lo largo de tres años, en el Departamento de Producción Animal de la Universidad de Córdoba y utilizadas para la realización de distintos trabajos (Salcedo García, 2007).

La dispersión de la información era enorme, al estar almacenada en archivos realizados por diferentes investigadores, con análisis realizados en diferentes laboratorios, con distintos métodos y en diferentes periodos de tiempo. Por otra parte, muchos de los datos estaban repetidos en varios archivos, que se habían ido generando para el análisis de los resultados. Por ello, la reunión y homogeneización de los valores de todas y cada una de las muestras en un solo archivo ha sido un trabajo arduo, tanto por el esfuerzo memorístico, realizado siete años después del comienzo de los trabajos y posible sólo por la presencia de quién coordinó todos ellos y porque los archivos no habían sido destruidos por ningún virus ni desaparecido en ordenadores obsoletos, como por el tiempo necesario para llevarlo a cabo.

La imprecisión de la información se apreciaba ya en la denominación de las muestras, expresada simplemente como “bellota”. Lo lógico sería pensar que se trataba de frutos enteros de diferentes *Quercus*, sin embargo, los datos analíticos se referían a frutos decorticados. En algún caso se especificaban, mediante códigos numéricos, datos sobre la especie (encina, alcornoque o quejigo) la zona de recogida o el tipo de suelo, pero su significado aparecía de forma poco evidente y sólo en alguno de los archivos.

Otros problemas, ya recurrentes, eran la falta de descripción del método utilizado en las determinaciones, como la del parámetro digestibilidad, que correspondía a la digestibilidad enzimática con pepsina, pancreatina y Viscozyme (Boisen y Fernández, 1997) y la ausencia de unidades de expresión en los encabezamientos de los campos. Para recuperar esta información fue necesario consultar los boletines originales de análisis y, en algún caso, se procedió a la consulta directa a los laboratorios responsables del análisis de las muestras. Un caso especial fue el comprobar el error asociado a la referencia del BOE que venían utilizando en el boletín de análisis de la fibra bruta en uno de estos laboratorios, que se refería a un tema de seguridad e higiene en el trabajo, lo que, como fruto del rigor en la metadación del programa Califa, ha permitido su corrección.

Otros problemas menos habituales, pero no menos importantes, se describen a continuación:

Los archivos, además de los datos analíticos de las muestras, contenían cierta información técnica (porcentaje de cáscara, peso, longitud y diámetro del **fruto entero**). Estos datos, incorporados a Califa bajo el nombre de muestra BELLOTA FRUTO DECORTICADO, podían dar lugar a malas interpretaciones. Frente a esto se plantearon diversas soluciones:

1. Recoger los valores técnicos como muestras de BELLOTA FRUTO ENTERO y los de análisis como muestras de BELLOTA FRUTO DECORTICADO: con esta solución se pierde la unidad de los valores técnicos y químicos de cada una de las bellotas, lo que dificulta la obtención de posteriores regresiones entre ambos tipos de parámetros.
2. Recoger todos los valores bajo la denominación BELLOTA FRUTO DECORTICADO y utilizar el campo Observaciones para indicar que los parámetros técnicos se refieren al fruto entero, pero esta información no se reflejaría en las estadísticas globales y aparecerían como del fruto decortinado. En el caso del porcentaje de cáscara es fácil suponer que se refiere al fruto entero, pero el peso, el diámetro o la longitud pueden corresponder a ambos tipos de muestras.
3. Recoger todos los valores bajo la denominación BELLOTA FRUTO DECORTICADO e incluir el carácter de fruto entero en el propio nombre de la determinación, por ejemplo PESO FRUTO ENTERO en lugar de PESO. Esta solución ha sido la elegida al evitar todos los problemas citados.

Otro caso particular fue el establecer como se debían llevar a cabo las anotaciones en el caso de que, por métodos distintos, se realizaran varias determinaciones de un mismo parámetro a una misma muestra. Consideramos que deberían recogerse en la misma muestra, aunque a efectos estadísticos deberían contar como un solo valor, lo que ha obligado a hacer una modificación en el programa.

Una fuente de errores habitual es la aparición de valores de materia seca correspondientes a las muestras que han sido previamente desecadas, al confundirse con el valor original de la materia seca de la muestra. Estos datos sólo sirven para expresar los resultados analíticos sobre materia seca y no deben incorporarse a la base de datos.

Por último, se ha detectado que existen ciertas determinaciones que no quedan suficientemente descritas con el nombre, la unidad de expresión y la referencia al método de análisis utilizado. Por ejemplo, un valor descrito como AZUCARES, %MS, Luff-Schoorl presenta cierta indefinición, ya que este tipo de determinación se puede expresar como equivalentes en glucosa o en sacarosa, existiendo un factor de corrección entre ambas de 0,95. Así, se ha optado por el uso de las determinaciones AZUCARES (sacarosa) y AZUCARES (glucosa). Este es un ejemplo de la necesidad de trabajar en

común, ya que corresponde a los expertos en cada uno de los campos de análisis detectar este tipo de particularidades.

En la Tabla 1 se han recogido las estadísticas globales de algunos de los parámetros analizados en el conjunto de datos recuperados, en las que hemos mantenido, como ejemplo del dinamismo del proyecto, dos aspectos que van a ser modificados. El primero se refiere al número de datos que integran las estadísticas, que supera al total de muestras incorporadas (543) debido a que algunos parámetros tienen dos o, incluso, tres determinaciones distintas. La modificación consistirá en hacer la media de las mismas antes de calcular la estadística general, lo que implica una modificación del software del programa. La segunda corresponde a la separación entre el parámetro energía bruta determinado directamente o a través del NIRS. Inicialmente hemos considerado que los valores biológicos determinados mediante tecnología NIRS se diferenciarán de los determinados por otras vías, pero no así el resto de los parámetros. La corrección de los 514 datos correspondientes, utilizando el módulo de *Búsquedas y modificaciones múltiples* del programa, no lleva más de dos minutos.

La mayoría de los datos corresponden a muestras de bellotas de encina en estado de madurez, pero integran también algunos de bellotas de alcornoque y de quejigo y otros estados de maduración (inmadura y germinada).

Tabla 1. Datos estadísticos de bellota fruto decorticado (*Quercus spp.* fruto decorticado) (encina, alcornoque y quejigo; fruto inmaduro, maduro y germinado)

Análisis	Unidades	Nº	Media	Mínimo	Máximo	DT
Peso fruto entero	g	543	5,36	1,07	14,17	2,01
Cáscara fruto entero	%	543	21,07	12,08	34,39	3,83
Materia seca	%	500	57,72	44,61	65,40	2,90
Cenizas	%MS	965	2,12	1,00	3,39	0,24
Proteína bruta	%MS	965	5,77	2,85	10,50	1,04
Extracto etéreo	%MS	1114	9,60	3,11	15,93	2,02
Fibra bruta	%MS	219	2,55	1,67	3,80	0,42
Almidón	%MS	813	61,50	51,64	69,77	2,13
Azúcares (sacarosa)	%MS	812	5,42	2,04	14,02	1,90
Energía bruta	kcal/kg MS	180	4705	4413	4937	83
Energía bruta (NIRS)	kcal/kg MS	514	4721	4331	5016	101
Dig. enz. MS*	%	180	73,31	62,62	94,48	5,14
Dig. enz. MS* (NIRS)	%	514	75,13	62,62	95,45	4,99

* Digestibilidad enzimática de la materia seca con pepsina, pancreatina y viscozyme

CONCLUSIONES

Se ha comprobado que el programa Califa es una herramienta útil para recuperar información dispersa y desestructurada, a la vez que sirve como guía para mejorar las características de la información asociada a las muestras, permitiendo a la vez su homogenización y su utilización en bases de datos comunes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BOISEN, S.; FERNÁNDEZ, J.A., 1997. Prediction of the total tract digestibility of energy in feed-stuffs and pig diets by in vitro analyses. *Animal Feed Science and Technology*, **68**, 277-286.

GÓMEZ CABRERA, A.; FERNÁNDEZ, V.; GUERRERO, J.E.; GARRIDO, A. 2003. Armonización y gestión conjunta en España de la información sobre el valor nutritivo de los pastos: Programa Califa

En: *Pastos, desarrollo y conservación*. 319-325pp. Ed. Consejería Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía.

GÓMEZ CABRERA, A.; MAROTO, F.; GUERRERO, J. E.; GARRIDO, A.; GRUPOS DE TRABAJO DEL ÁREA, 2008. Proyecto “Tipificación, cartografía y evaluación de los pastos españoles”. Base de datos del área de dinámica productiva y valoración nutritiva de pastos. En: *Pastos, clave en la gestión de los territorios: integrando disciplinas*, 499-505. Ed. Conserjería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía.

MAROTO MOLINA, F.; GÓMEZ, A.; GUERRERO, J. E.; GARRIDO, A., 2008. Propuesta para la homogenización de la información sobre alimentos: aplicación a la base de datos Pastos Españoles (SEEP). *Pastos, XXXVIII (2)*: 48 pp. (en prensa)

MAROTO MOLINA, F.; GÓMEZ, A.; GUERRERO, J. E.; GARRIDO, A., 2009. Capítulo introductorio: Base de datos “Pastos Españoles (SEEP)”. Proceso de construcción y disponibilidad en internet. En: *La multifuncionalidad de los pastos: producción ganadera sostenible y gestión de los ecosistemas*, 187 – 196. Ed. Sociedad Española para el Estudio de los Pastos. Madrid (España).

SALCEDO GARCÍA, I. 2007 Calidad de las bellotas en dehesas del Valle de los Pedroches. Valoración de la digestibilidad y análisis de los factores espaciales, interanuales y morfológicos. ETSIAM. Universidad de Córdoba. TPFC.

SIA, 2009. www.uco.es/sia.

FEED INFORMATION MANAGEMENT IN LABORATORIES: CALIFA SOFTWARE PROPOSALS

SUMMARY

Data registry associated with feed evaluation is normally defective due to the limited vision this information is collected with, usually for immediate objectives like feed quality assurance or in order to obtain a feed characterization in a research work. On the other hand, due to the registry system used, it is frequent that the information is only locatable and comprehensible by the person in charge, who presents it in a summarized form like bulletin or scientific paper. After this, the basic information becomes a “data cemetery” or simply it is eliminated.

If we considered that collected data would have to be part of Databases for general consultation, the registered information has lack of precision, by absence of relevant data, and lack of terminological and computing homogeneity. CALIFA software represents an option to solve these problems, available to the laboratories that wish to participate in the improvement of information. In the present paper a practical application through the import of Excel archives is executed and some of the indicated defects are put in evidence.

Keywords: metadata, feed analysis, databases, homogenization, data interpretation.

EVALUACIÓN DE CULTIVARES DE ALFALFA SEGÚN SU GRADO DE REPOSO INVERNAL

I. DELGADO¹, F. MUÑOZ¹ Y D. ANDUEZA²

¹CITA de Aragón. Avda. Montañana 930, 50059 Zaragoza (España).

²INRA. URH. 63122 Saint Genès Champanelle (Francia).

E-mail: idelgado@aragon.es

RESUMEN

Se compararon cuatro cultivares nacionales de alfalfa con reposo invernal moderado ('Altiva', 'Aragón', 'Nogara' y 'Victoria') y cuatro cultivares extranjeros semidurmientes ('Hunter River', 'Miral', 'Superba' y 'Supreme') comercializados en el valle medio del Ebro, en lo que respecta a producción de materia seca (MS) y contenido en proteína bruta (PB) en condiciones de regadío, en Zaragoza, durante el periodo 2003-2006. Se efectuaron siete cortes por año en los cultivares nacionales y seis en los extranjeros. En cada grupo el primer corte de primavera se realizó cuando presentaban nuevos rebrotes emergiendo a 5 cm de altura; los cortes intermedios con el 10% de tallos floridos y el último corte a finales de octubre o primeros de noviembre. Sobresalieron los cultivares extranjeros 'Superba' y 'Supreme' con 20 100 y 19 176 kg MS ha⁻¹ año⁻¹ y 'Altiva' entre los cultivares nacionales, con 18 078 kg MS ha⁻¹ año⁻¹. Las producciones de PB fueron 4516 y 4361 kg PB ha⁻¹ año⁻¹ en 'Superba' y 'Supreme' respectivamente y 4276 kg PB ha⁻¹ año⁻¹ en 'Altiva'. Estos resultados sugieren una buena adaptación de dichos cultivares extranjeros a nuestras condiciones locales de cultivo.

Palabras clave: *Medicago sativa* L., producción de materia seca, proteína bruta, capacidad de rebrote, persistencia.

INTRODUCCIÓN

La alfalfa es un cultivo forrajero plurianual que se caracteriza por sus excelentes cualidades, entre las que destacan: alto rendimiento y valor nutritivo del forraje, mejora de la fertilidad del suelo y gran plasticidad a las distintas condiciones climáticas. Es el primer cultivo forrajero en producción cosechada en España, ocupando una superficie de unas 240 000 ha (MAPA, 2008). Su importancia es todavía mayor en el valle medio del Ebro, donde la alfalfa es un cultivo tradicional en las rotaciones de regadío ocupando unas 137 000 ha, 80 % de las cuales destinan a la industrialización y representan el 73 % de la alfalfa deshidratada en España (Asociación Española de Fabricantes de Alfalfa, comunicación personal).

Los cultivares de alfalfa se clasifican por su grado de reposo invernal, definido por su respuesta directa a la longitud del día. Se ha establecido una escala del 1 al 9 en función de su mayor a menor duración del reposo invernal (Melton *et al.*, 1988). El grado de reposo invernal define asimismo el ritmo de crecimiento del cultivo. Por ello, en cada localización, los cultivares más utilizados son los que se adecuan a la longitud del día durante la época invernal y el régimen de aprovechamientos suele ser el mismo para todos.

El ecotipo Aragón y los cultivares provenientes del mismo se consideran como de reposo invernal moderado, aunque se ignora su posición dentro de la escala de Melton. Son los más utilizados por los agricultores en el valle medio del Ebro (Lloveras, 2001), aunque, debido al interés del cultivo en los últimos años, han aparecido en el mercado diversos cultivares extranjeros con grados de reposo invernal

diferentes. Dichos cultivares se han comparado habitualmente con los locales para producción de forraje, utilizando un único calendario de siega en estados fenológicos previamente determinados, generalmente el que más se adecuaba al manejo de los locales (Lloveras *et al.*, 1998; Delgado *et al.*, 2003; Salviá *et al.*, 2004; Vázquez de Aldana *et al.*, 2005). Este criterio podría afectar a la producción de materia seca (MS) y persistencia de los cultivares extranjeros, cuando se ajusta al de los locales (Delgado *et al.*, 2003).

El objetivo del presente ensayo fue comparar la producción de forraje y el contenido en proteína bruta de cuatro cultivares extranjeros y cuatro cultivares locales agrupados por la duración del reposo invernal.

MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se efectuó en condiciones de regadío en Zaragoza, durante el periodo 2003-2006. La temperatura media anual del periodo de ensayos fue de 14,8 °C y las extremas de las temperaturas medias mensuales, -2,1 °C en diciembre de 2005, y 34,5 °C en julio de 2006, destacando la mínima diaria absoluta de -10,3 °C en marzo de 2005; 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.

Se compararon cuatro cultivares locales 'Aragón', 'Altiva', 'Nogara' y 'Victoria', supuestos moderadamente no durmientes (grado 7, según Melton *et al.*, 1988) con cuatro cultivares extranjeros 'Hunter River', 'Miral', 'Superba' y 'Supreme', considerados semidurmientes (grados 5-6).

La siembra se realizó el 18 de septiembre de 2002. La dosis de siembra fue de 30 kg ha⁻¹. El ensayo se regó por inundación a partir de finales de marzo, con una frecuencia mínima de 12 días en los meses estivales. Cada año se aportaron 500 kg de complejo 8-24-8 ha⁻¹, a la salida del invierno. Cada invierno se realizó un tratamiento herbicida con Imazox (p.c. Pulsar-40) y regularmente dos tratamientos con insecticidas a la salida de invierno y entre el primer y segundo cortes aplicando productos organofosforados (p.c. Malathion 90) y piretroides (p.c. Karate).

Se llevaron a cabo las siguientes evaluaciones: número de plantas presentes m⁻² al mes de la siembra, altura del rebrote a los diez días de cada corte con la finalidad de comprobar el grupo de reposo invernal al que pertenecían de los cultivares (Delgado *et al.*, 2003), producción de MS y porcentaje de proteína bruta (PB) de la MS del forraje, en todos los cortes.

El número de plantas m² presentes al mes de la siembra se midió mediante el lanzamiento al azar de un cuadro de 0,25 m² en cada parcela elemental. La altura del rebrote se realizó promediando dos mediciones de la altura del follaje en cada parcela elemental. La siega de las parcelas se efectuó con una barra de siega dejando un rastrojo de 3 cm. El forraje se recogió y secó para la determinación de la materia seca en estufa ventilada a 60 °C hasta peso constante. Sobre las muestras obtenidas, una vez molidas, se realizó a la determinación del contenido en PB según las normas AOAC (1990). El criterio de frecuencia de siega, fue el siguiente: el primer corte se realizó cuando el nuevo rebrote alcanzaba 5 cm de altura, los cortes intermedios con el 10% de los tallos floridos y el último corte entre finales de octubre y primeros de noviembre. Dentro de cada grupo, se unificó la fecha de corte.

Los cultivares locales se segaron siete veces en las fechas promediadas siguientes: 23 de abril, 29 de mayo, 26 de junio, 23 de julio, 22 de agosto, 27 de septiembre, y 4 de noviembre. Los cultivares

extranjeros se segaron seis veces: 1 de mayo, 11 de junio, 9 de julio, 6 de agosto, 8 de septiembre y 28 de octubre.

El diseño estadístico fue en bloques al azar con tres repeticiones, siendo el tamaño de la parcela elemental de 10 m² (2 m 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). Cuando hubo porcentajes se les aplicó la transformación del arcoseno.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El número medio de plántulas presentes al mes de la siembra fue de 495 plántulas m⁻², no habiendo diferencias significativas entre cultivares (P>0,05).

La producción anual de MS de cada cultivar se presenta en la Tabla 1. Sobresalieron los cultivares extranjeros ‘Superba’ y ‘Supreme’ con una media anual de los cuatro años de 20 100 kg y 19 176 kg de MS ha⁻¹, respectivamente. Entre los cultivares nacionales sobresalió ‘Altiva’ con 18 078 kg de MS ha⁻¹. Las producciones inferiores las obtuvieron ‘Nogara’ y ‘Hunter River’ con 16 577 kg y 15 684 kg de MS ha⁻¹ respectivamente, siendo las diferencias entre cultivares altamente significativas (P<0,001).

Tabla 1. Producción anual de materia seca (kg ha⁻¹) de diferentes cultivares de alfalfa en regadío, en Zaragoza.

Cultivar	Total 2003	Total 2004	Total 2005	Total 2006	Media 4 años
Aragón	19 817 ab	19 062 bc	15 752 cd	12 439 d	17 200 d
Victoria	18 857 ab	18 315 c	16 445 bcd	14 337 c	17 483 cd
Altiva	21 006 a	20 788 ab	17 630 ab	12 890 cd	18 517 bc
Nogara	20 080 ab	17 516 c	15 739 cd	12 730 cd	16 914 d
Superba	20 086 ab	22 728 a	18 482 a	19 103 a	20 100 a
Miral	17 824 bc	19 224 bc	17 016 abc	16 731 b	17 699 cd
Supreme	19 136 ab	22 075 a	18 192 a	17 302 ab	19 176 ab
Hunter River	15 630 c	19 105 bc	15 336 d	12 665 cd	15 684 e
Significación	*	**	**	***	***

*: P<0,05; **: P<0,01; ***: P<0,001. Las cifras seguidas de con igual letra dentro de cada columna no son significativamente diferentes (P>0,05).

La producción anual de PB de cada cultivar se presenta en la Tabla 2 y su porcentaje de PB en cada corte, media de cuatro años, se muestra en la Tabla 3. Como se puede apreciar, al igual que en la Tabla 1 destacaron los cultivares extranjeros ‘Superba’ y ‘Supreme’ con una media anual de los cuatro años de 4516 kg y 4361 kg de PB ha⁻¹, respectivamente, y ‘Altiva’ con 4276 kg de PB ha⁻¹, entre los cultivares nacionales; ‘Hunter River’ presentó la producción más baja con 3630 kg de PB ha⁻¹, siendo las diferencias altamente significativas (P<0,001). Las diferencias en producción de PB entre cultivares extranjeros y nacionales se redujeron, no obstante, debido a que el porcentaje medio de PB de éstos fue algo superior al de los extranjeros, 23,65% y 22,73% respectivamente, como se puede deducir de las Tablas 1 y 3.

Tabla 2. Producción anual de proteína bruta (kg ha⁻¹) de diferentes cultivares de alfalfa en regadío, en Zaragoza.

Cultivar	Total 2003	Total 2004	Total 2005	Total 2006	Media 4 años
Aragón	4693a	4819bc	3605c	2656c	3943c
Victoria	4392 a	4603 c	3859 bc	3029 bc	3971 c
Altiva	5055 a	5030 ab	4307 a	2710 c	4276 ab
Nogara	4952 a	4634 c	3603 c	2762 c	3988 c
Superba	4852 a	5051 a	4509 a	3653 a	4516 a
Miral	4205 ab	4381 c	4102 ab	3277 ab	3991 bc
Supreme	4649 a	5028 ab	4340 a	3427 ab	4361 a
Hunter River	3852 b	4281 c	3657 c	2731 c	3630 d
Significación	*	*	***	***	***

*: P<0,05; ***: P<0,001. Las cifras seguidas de con igual letra dentro de cada columna no son significativamente diferentes (P>0,05).

Tabla 3. Porcentaje de proteína bruta (kg ha⁻¹) por cortes de diferentes cultivares de alfalfa en regadío, en Zaragoza. Media de cuatro años (2003-2006).

Cultivar	Corte 1°	Corte 2°	Corte 3°	Corte 4°	Corte 5°	Corte 6°	Corte 7°
Aragón	24,76 ab	23,58 a	21,59 b	23,32 b	23,05 cd	24,08 c	27,44 b
Victoria	24,75 ab	23,28 a	21,71 b	22,70 bcd	22,70 d	23,06 d	26,83 b
Altiva	25,10 a	22,94 ab	22,00 b	22,57 cd	22,63 d	22,77 d	26,59 b
Nogara	25,19 a	23,60 a	23,09 a	24,57 a	24,10 b	24,84 ab	29,30 a
Superba	23,95 c	21,63 c	21,75 b	22,38 d	23,92 bc	24,55 bc	-
Miral	24,41 bc	21,83 bc	21,77 b	22,90 bcd	24,27 b	24,37 bc	-
Supreme	24,50 bc	21,78 bc	21,99 b	22,63 bcd	24,21 b	24,79 ab	-
Hunter River	24,72 ab	22,71 abc	23,13 a	23,20 bc	25,42 a	25,38 a	-
Significación	**	**	**	***	***	***	**

** : P<0,01; ***: P<0,001. Las cifras seguidas de con igual letra dentro de cada columna no son significativamente diferentes (P>0,05).

La altura del rebrote medida a los diez días del corte, en los cinco primeros cortes, se presenta en la Tabla 4. De la observación de dicha Tabla se aprecia que la altura de rebrote de ‘Nogara’ fue más próxima a la de los cultivares extranjeros y que ‘Hunter River’ mostró la capacidad de rebrote menor de todos ellos, lo que podría indicar que la latencia invernal de ambos fue más pronunciada que la de sus respectivos grupos. Ello podría explicar en parte la menor productividad presentada por ambos cultivares al haber sido segados en estados fenológicos más precoces que no les beneficiaban (Sheaffer *et al.*, 1988). El mayor contenido en PB que presentan ambos cultivares (Tabla 3) puede estar ligado a su estado fenológico (Alibès y Tisserand, 1990), lo que contribuye a confirmar esta hipótesis.

Los resultados obtenidos muestran que los cultivares extranjeros presentaron altas producciones de MS cuando se evaluaron con el mismo criterio de siega que los nacionales. En nuestro estudio destacaron ‘Superba’ y ‘Supreme’ entre los cultivares extranjeros y ‘Altiva’ entre los nacionales. ‘Supreme’ y ‘Altiva’ sobresalieron, asimismo, en otras evaluaciones realizadas en España (Lloveras *et al.*, 1998; Delgado *et al.*, 2003; Salviá *et al.*, 2004; Vázquez de Aldana *et al.*, 2005); ‘Aragón’ y ‘Nogara’ tuvieron un resultado desigual destacando solamente ‘Aragón’ en Zaragoza (Delgado *et al.*, 2003) y ‘Nogara’ en Ampurdán y Salamanca (Salviá *et al.*, 2004; Vázquez de Aldana *et al.*, 2005); ‘Miral’ y

‘Victoria’, tuvieron una producción intermedia en dichas localizaciones y ‘Hunter River’ ofreció los peores resultados en el valle medio del Ebro (Lloveras *et al.*, 1998; Delgado *et al.*, 2003). ‘Superba’ no había ensayada hasta la fecha.

Tabla 4. Altura de la planta a los diez días del corte, en diferentes cultivares de alfalfa en regadío, en Zaragoza. Media de cuatro años (2003-2006).

Cultivar	31-marzo	Corte 1º	Corte 2º	Corte 3º	Corte 4º	Corte 5º
Aragón	22,7 ab	24,0 a	34,2 a	30,2 ab	22,1 b	27,8 ab
Victoria	23,7 a	25,3 a	35,5 a	31,3 a	23,2 ab	27,3 b
Altiva	21,6 abc	23,2 a	35,5 a	32,4 a	23,8 a	29,2 a
Nogara	19,4 cd	19,3 bc	26,0 b	22,4 d	15,7 e	21,2 c
Superba	20,6 bcd	20,7 c	27,8 b	26,1 c	17,3 d	16,7 d
Miral	18,3 de	19,2 bc	25,7 b	23,0 d	15,1 e	13,7 e
Supreme	19,6 cd	19,8 b	29,0 b	27,3 bc	20,1 c	16,2 d
Hunter River	16,2 e	17,5 c	20,3 c	18,2 e	11,6 f	10,2 f
Significación	***	***	***	***	***	***

***=P<0,001. Las cifras seguidas de con igual letra dentro de cada columna no son significativamente diferentes (P>0,05).

En lo que respecta a la producción de PB, las apreciaciones fueron similares a las presentadas para la producción de MS, aunque las diferencias entre cultivares se redujeron, debido a que los cultivares con mayor producción de MS presentaron contenidos algo inferiores en PB. Ello podría atribuirse a la mayor contribución de los tallos al peso final o a su lignificación, aunque no se comprobó.

Si se analizan los resultados de los cultivares agrupados en nacionales y extranjeros (Tabla 5), se aprecia que el grupo extranjero fue significativamente más productivo (P<0,05), debido fundamentalmente a la mayor producción alcanzada en el último año. Su mayor vigor al final del estudio podría estar relacionado con el menor agotamiento de la planta, atribuido al menor número de cortes practicado o a que los cultivares con mayor reposo invernal son más persistentes.

Tabla 5. Producción anual de materia seca y proteína bruta (kg ha⁻¹) por grupos de procedencia de diferentes cultivares de alfalfa en regadío, en Zaragoza.

Cultivar	Total 2003	Total 2004	Total 2005	Total 2006	Media 4 años
Nacionales	19 940	18 920	16 391	13 099	17 528
Extranjeros	18 169	20 783	17 257	16 450	18 165
Significación	NS	NS	NS	*	*
Nacionales	4773	4772	3844	2790	4044
Extranjeros	4390	4685	4152	3272	4125
Significación	NS	NS	*	NS	*

NS: P>0,05; *: P<0,05.

CONCLUSIONES

Se apreciaron diferencias significativas entre cultivares, destacando ‘Superba’ y ‘Supreme’ entre los cultivares semidurmientes y ‘Altiva’ entre los de latencia invernal moderada. Los resultados sugieren que nuevos cultivares podrían mejorar la producción de alfalfa en el valle medio del Ebro.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha llevado a cabo dentro del proyecto RTA-02-087-C2-1.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ALIBES, X.; TISSERAND, J.L., 1990. Tables of the nutritive value for ruminants of Mediterranean forages and by-products. *Options méditerranéennes, Serie B*, **4**, 137 pp.
- A.O.A.C., 1990. *Association of Official Analytical Chemists Official. Methods of Analysis* 15th edn. Arlington, USA.
- 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.
- LLOVERAS, J., 1998. Evaluación de variedades de alfalfa en los regadíos del valle del Ebro: Análisis de las diferencias intervarietales. *Pastos*, **XXVIII (1)**, 37-56.
- LLOVERAS, J., 2001. Alfalfa (*Medicago sativa* L.) management for irrigated Mediterranean conditions: The case of the Ebro Valley. In: I. Delgado & J. Lloveras (Eds.), *Quality in Lucerne and medics for animal production*, pp. 115-126. *Options méditerranéennes. Serie A: Séminaires Méditerranéennes*, **45**.
- MAPA, 2008. *Anuario de Estadística Agroalimentaria*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (Ed). Madrid, Spain.
- MELTON, B.; MOUTRAY, J.B.; BOUTON J.H., 1988. Geographic adaptation and cultivar selection. En: A.A. Hanson, D.K. Barnes & R.R. Hill (Eds.). *Alfalfa and alfalfa improvement*, pp. 595-620. *Agronomy* 29, series. Madison, Wisconsin, USA.
- SALVIÁ, J.; SERRA, J.; ARAGAY, M.; GRATOVIL, M., 2004. Evaluación de la producción y calidad forrajera de variedades de alfalfa (*Medicago sativa* L.) en el Nordeste de España. In: *Pastos y ganadería extensiva*, pp. 479-483. B. García Criado, A. García Ciudad, B. Vázquez de Aldana & I. Zabalgogezcoa (Eds.). Madrid, España.
- SAS, 1998. *SAS Institute Inc. User' Guide, Versión 6.12*. SAS/stat, Cary, USA.
- SHEAFFER, C.C.; LACEFIELD, G.D.; MARBLE, V.L., 1988. Cutting schedules and stands. In: A.A. Hanson, D.K. Barnes & R.R. Hill (Eds.). *Alfalfa and alfalfa improvement*, pp. 411-437. *Agronomy* 29, series. Madison, Wisconsin, USA.
- VÁZQUEZ DE ALDANA, B.R.; GARCÍA CIUDAD, A.; PETISCO, C.; GARCÍA CRIADO, L.; GARCÍA CRIADO, B., 2005. Evaluación de variedades de alfalfa en la provincia de Salamanca. In: K. Osoro, A. Argamentería & A. Larraceleta (Eds.), *Producciones agroganaderas. Gestión eficiente y conservación del medio natural (Vol II)*, pp. 521-526. Villaviciosa, Asturias, España.

EVALUATION OF ALFALFA CULTIVARS ACCORDING TO THEIR WINTER DORMANCY

SUMMARY

Four local, moderately winter nondormant alfalfa cultivars ('Altiva', 'Aragón', 'Nogara' and 'Victoria') and four foreign, semi dormant cultivars ('Hunter River', 'Miral', 'Superba' and 'Supreme') commercialized in the Ebro Middle Valley were compared for dry matter (DM) yield and crude protein (CP) contents under irrigated conditions in Zaragoza in the period 2003-2006. Local cultivars were harvested seven times per year and foreign ones six times. In each group, the first spring cut was practiced when new regrowths were emerging at 5 cm height; intermediate cuts were made at 10 % bloom, and the last cut at the end of October. The best results were obtained by the foreign cultivars 'Superba' and 'Supreme' with 20 100 and 19 176 kg DM ha⁻¹ year⁻¹ and by local cultivar 'Altiva' with 18 078 kg DM ha⁻¹ year⁻¹. CP yields were 4516 y 4361 kg CP ha⁻¹ year⁻¹ in 'Superba' and 'Supreme' respectively and 4276 kg CP ha⁻¹ year⁻¹ in 'Altiva'. These results suggest a good adaptation of these foreign alfalfa cultivars to our local farming conditions.

Key words: *Medicago sativa* L., dry matter yield, crude protein, regrowth ability, persistence.

EFFECTO DEL CORTE SOBRE LA PRODUCCIÓN DE FORRAJE Y COMPOSICIÓN QUÍMICA DE UNA COLECCIÓN DE ESPARCETAS (*ONOBRYCHIS VICIIFOLIA* SCOP.)

S. DEMDOUM, I. DELGADO Y F. MUÑOZ.

Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón. Avda. Montañana 930. 50059 Zaragoza (España)

RESUMEN

Se evaluó la producción de forraje y su reparto anual, así como la composición química de una colección de 36 procedencias de esparceta (*Onobrychis viciifolia* Scop.) durante el primer año de producción, en regadío, en Zaragoza. Se realizaron cinco cortes, cuatro de los cuales fueron cosechados en plena floración y el último en estado vegetativo. Los parámetros medidos fueron producción de materia seca (MS), contenido en cenizas, proteína bruta (PB), fibra ácidodetergente, fibra neutrodetergente y lignina ácidodetergente.

Los efectos ‘corte’ y ‘variedad’ afectaron significativamente ($P < 0,001$) tanto a la producción de forraje como a la composición química. La producción anual osciló entre 182 g y 1008 g de MS/planta. El contenido en PB varió de 18,4%, media del primer corte, a 24,6% en el quinto corte. No hubo correlación significativa entre el nivel de producción de forraje y su composición química.

Palabras clave: variedades, germoplasma, proteína bruta, fibra ácido detergente, fibra neutro detergente.

INTRODUCCIÓN

La esparceta (*Onobrychis viciifolia* Scop.) es una planta forrajera muy apreciada por los ganaderos por su apetecibilidad, alto valor nutritivo y no producir meteorismo en los animales (Delgado *et al.*, 2002). En la península Ibérica, la planta prefiere las zonas de montaña (altitud superior a 600 m), subhúmedas a semiáridas y frías, y se adapta a los suelos pobres, particularmente secos y calcáreos (Buendía Lázaro y García Salmerón (1965).

La esparceta introducida originalmente en España en el siglo XVII fue del tipo “común”, de baja productividad y larga persistencia. Posteriormente, se introdujo para su estudio el tipo “gigante” en el Jardín Botánico de Madrid en 1791 (Muller, 1893) y comercialmente en las últimas décadas (Puyol, 1974). Ello, unido a las recientes importaciones de semilla de Europa del Este, ha contribuido a la contaminación del material autóctono y a su heterogeneidad. Diferentes estudios han mostrado que existe una importante variabilidad en las diferentes poblaciones locales de esparcetas estudiadas a nivel agronómico (Michelana y Hycka, 1988; Delgado *et al.*, 2008). Dicha variabilidad agronómica podría tener repercusiones sobre la calidad de las plantas.

El presente trabajo tiene como objetivo estudiar el nivel de producción de forraje y su reparto a lo largo del año, así como la composición química de una colección de 36 procedencias de esparceta.

MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en Zaragoza (41°3'N; 0°47'W) a 225 m de altitud, en una parcela regada por inundación, durante 2008. Las características edafológicas de la parcela corresponden a un suelo de textura limo-arcillosa, no salino (0,41CE; 1,5dδ/m) y fertilidad media. El clima es de tipo

mediterráneo subhúmedo; las temperaturas medias habidas durante el periodo del ensayo fueron, 6,0 °C de mínima y 23,2 °C de máxima, y la precipitación anual, 381 mm.

Se evaluaron 36 variedades y poblaciones de esparceta, tanto locales como extranjeras; la relación de las mismas, así como su origen, se presenta en la Tabla 1. Las plantas se sembraron separadas entre sí 40 cm, en líneas distanciadas a un metro, a razón de 12 plantas por procedencia, según un diseño estadístico de bloques al azar con tres repeticiones.

Tabla 1. Nombre y procedencia de las poblaciones de esparceta incluidas en la colección estudiada en Zaragoza en 2008.

Variedad/población	Procedencia	Variedad/población	Procedencia
Costwold common	United Kingdom	Villahoz	España
Somborne	United Kingdom	Torrecilla de Cameros	España
Esparcette	Polonia	Graus	España
Sepial	France	Tartareu	España
Ambra	Italia	Villahermosa del río	España
Fakir	France	Grecia	Grecia
Ucrania	Ucrania	Suiza	Suiza
Incoronata	Italia	Serbia	Serbia
Visnovsky	Republica Checa	Zimbabwe	Zimbabwe
Yubileyna	Bulgaria	Irán	Irán
Korunga	Turquía	Armenia	Armenia
Polonia	Polonia	Rusia	Rusia
9,2	España	Noruega	Noruega
Reznos	España	Alemania	Alemania
7,1	España	Marreucos	Marruecos
Mezquita	España	USA	USA
Lagueruela	España	Kazakhstan	Kazakhstan
Loarre	España	China	China

Las plantas se sembraron en junio del 2007. El primer corte fue de limpieza y se realizó en septiembre; posteriormente se efectuó un corte en noviembre. En 2008, las plantas se segaron cada vez que alcanzaban el estado fenológico ‘plena floración’, estado en el cual la producción de forraje, su calidad nutritiva y su persistencia son óptimos (Alibés y Tisserand 1990; Iwaasa *et al.*, 2006). Se consideró que se había alcanzado dicho estado cuando el 50% de los tallos presentaban inflorescencias con el 50% de las flores de las inflorescencias abiertas; en dicho momento, prácticamente la totalidad de los tallos presentaban inflorescencias con alguna flor abierta. Se efectuaron cuatro a cinco cortes según las variedades. Se realizó asimismo un corte en noviembre que no presentaba inflorescencias. Las fechas de los cortes y la temperatura media alcanzada en los periodos entre cortes se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2. Fechas de los cortes, duración del intervalo entre cortes y temperatura media del mismo, de una colección de esparcetas estudiada en Zaragoza, durante 2008

Corte	Fecha de corte		Periodo entre cortes (días)	Temperatura media en el periodo (°C)
	Inicio	Fin		
1°	13 Abril	30 Abril		
2°	4 Junio.	18 Junio	46	13,3
3°	2 Julio	16 Julio	34	20,04
4°	12 Sept.	15 Septiembre	68	23,38
5°	15 Nov.	18 Noviembre	61	23,21

La producción de materia seca (MS) fue determinada en estufa ventilada a 60 °C hasta peso constante. En una muestra representativa de cada repetición, se analizaron cenizas (Cz) mediante ignición en mufla a 550°C durante tres horas. El contenido en fibra ácidodetergente (ADF), fibra neutrodetergente (NDF) y lignina ácidodetergente (ADL) se determinó según el método de Van Soest *et al.* (1991); el contenido en nitrógeno fue medido por el procedimiento de Dumas (A.O.A.C., 1990) y convertido a proteína bruta (PB) multiplicándolo por el factor 6,25.

Los resultados obtenidos fueron analizados con el programa (SAS, 2004), con el fin de determinar el efecto de los bloques y las relaciones entre los diferentes caracteres mediante análisis de varianza y regresión simple. Los porcentajes fueron transformados con arcoseno previo al análisis y las medias fueron comparadas con el test de la Mínima Diferencia Significativa (LSD).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La producción total de forraje en los cinco cortes efectuados fue de 699 g de MS/planta de promedio, oscilando entre 182 g en la procedencia de Zimbabwe y 1008 g de MS/planta en la de Polonia. Las variedades divergieron significativamente en el nivel de producción (P<0,001, coeficiente de variación de 33,6%). Sin embargo, el reparto de la producción a lo largo del año fue similar en todas las variedades (Figura 1). En el manejo tradicional de una esparceta de secano se efectúan dos cortes al año, representando el primer corte dos tercios de la producción anual. Al realizarse el estudio en regadío, la esparceta tuvo una producción más escalonada realizándose cinco cortes, pero la producción experimentó un declive importante desde el primer al último corte. Dichos resultados fueron similares a los obtenidos por De Falco *et al.* (2000). La proporción de cada corte sobre la producción anual fue del 43%, 31%, 12%, 9% y 5% respectivamente.

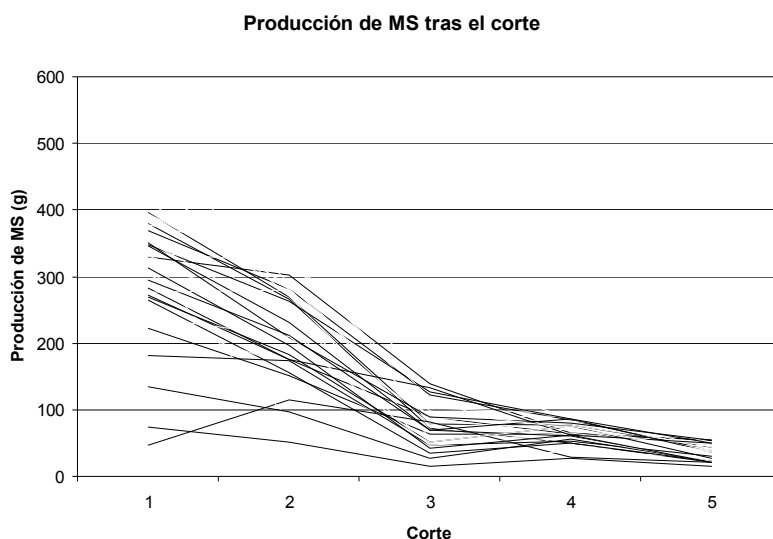


Figura 1. Evolución anual de la producción de materia seca (MS) en función del corte en la colección de esparcetas estudiada en Zaragoza durante 2008

Los valores medios, máximos y mínimos, así como la desviación estándar de la producción, y de los porcentajes de los contenidos en Cz, PB, NDF, ADF y ADL, se presentan en la Tabla 2. El efecto ‘corte’ afectó de manera significativa todos los parámetros estudiados; el efecto ‘variedad’ fue significativo en todos parámetros menos en el contenido en cenizas. La interacción variedad-corte resultó significativa (P<0,001) para los parámetros de producción de forraje y contenido en PB, ADF y NDF.

Los dos primeros cortes divergieron por el nivel de producción y en su contenido de fibra, teniendo el segundo corte una menor producción y un contenido más elevado en NDF, ADF y ADL. Sin embargo, no hubo diferencias significativas en el contenido en PB. Los valores de NDF y PB, obtenidos en nuestro ensayo, coinciden con los aportados por Borreani *et al.* (2003) en un ensayo en el que las plantas se cosecharon en plena floración (*sic.* ‘late flowering’).

Tabla 3. Valores medios, máximos, mínimos y desviación estándar de la producción de forraje, contenidos en Cz, PB, ADF, NDF y ADL, y efecto del corte o de la variedad en una colección de esparcetas, en Zaragoza, durante 2008

		Media	DE	Max	Min	Corte	Variedad	Corte*variedad
Producción MS (g)	1°	310,9	115,7	692,8	39,4			
	2°	228,1	81,1	457,8	35,7			
	3°	84,8	54,1	355,6	9,2	***	***	***
	4°	68,9	28,4	185,7	12,4			
	5°	38,8	16,8	88,1	10,7			
Cz	1°	9,2	1,3	12,5	6,6			
	2°	8,8	1,2	12,3	6,4			
	3°	9,8	1,7	22,0	7,4	/	***	**
	4°	11,3	1,3	16,5	7,8			
	5°	11,6	2,8	26,2	8,3			
NDF	1°	41,4	3,8	51,1	33,6			
	2°	44,9	3,8	54,6	34,6			
	3°	39,7	5,6	50,8	29,4	***	***	***
	4°	39,6	4,8	50,3	27,8			
	5°	20,9	3,7	39,0	13,9			
ADF	1°	29,7	2,7	36,4	23,8			
	2°	32,4	2,6	39,0	25,3			
	3°	28,7	3,8	36,0	22,0	***	***	***
	4°	25,5	2,7	34,6	20,2			
	5°	19,2	40,0	30,4	0,2			
ADL	1°	7,7	0,3	8,4	6,8			
	2°	8,0	0,4	9,4	6,7			
	3°	7,9	0,4	9,0	7,2	***	***	*
	4°	9,9	1,0	12,0	7,0			
	5°	8,1	5,6	64,3	6,3			
PB	1°	18,4	1,9	23,5	13,9			
	2°	18,4	2,5	23,8	12,6			
	3°	20,7	3,0	29,3	14,8	***	***	***
	4°	18,9	2,0	25,4	13,9			
	5°	24,6	2,0	29,7	19,4			

*: P<0,05; **: P<0,01; ***: P<0,001, DE: desviación estándar, MS: materia seca, Cz: cenizas, NDF: fibra neutrodetergente, ADF: fibra ácidodetergente, ADL: lignina ácidodetergente, PB: proteína bruta.

El tercer corte presentó un contenido en PB significativamente más alto que los dos primeros (20,7% vs. 18,4%), asociado a niveles de NDF y ADF más bajos. El intervalo entre el segundo y el tercer corte fue de 34 días, más corto que entre el primero y segundo cortes, que fue de 46 días; ello se atribuyó a que las temperaturas medias fueron mas altas, lo que pudo influir sobre la calidad del forraje de las plantas por la menor duración del periodo entre cortes, ya que a pesar de presentar el mismo estado fenológico, su contenido en PB fue mayor y menor su contenido en fibra.

El cuarto corte presentó un contenido en PB de 18,9 % similar a los dos primeros cortes, asociado a un contenido significativamente más alto ($P < 0,001$) en ADL, 9,9 % vs 7,7 % en el primer corte. En este corte, la temperatura media fue de 23,4 °C y las plantas retrasaron su crecimiento; en promedio, fueron necesarios 68 días para llegar al estado de plena floración, en el cual las hojas mostraban señales de senescencia. Fue el único periodo en el que se observaron enfermedades foliares, mayormente oídio (*Erysiphe sp.*). El oídio afectó de manera indiscriminada a todas las variedades.

En otoño, el quinto corte no presentó inflorescencias, únicamente masas foliares sin apenas tallos, siendo, por ello, más alto el contenido en PB, 24,6 %, y más bajos los porcentajes en NDF y ADF, 20,9 % y 19,2% respectivamente. No se apreció un descenso en la calidad del forraje en el intervalo entre el cuarto y quinto cortes, que fue de 61 días, probablemente atribuido a las bajas temperaturas de la segunda mitad de este intervalo (octubre-noviembre), aunque la temperatura media del intervalo siguió alta. Los valores de composición química en el rebrote de otoño fueron similares a los obtenidos previamente en la misma colección en el año de establecimiento (Demdoum *et al.*, 2008).

El contenido en cenizas aumentó a medida que descendió la producción, siendo de 9,2%, 8,8%, 9,8%, 11,3% y 11,6% en los cinco cortes, respectivamente. Ello podría ser debido al hecho de que cuanto menor tamaño tenían las plantas, proporcionalmente fue mayor la presencia indeseada de polvo o tierra de la base de los tallos.

No hubo correlación significativa entre el nivel de producción de las plantas y los parámetros químicos analizados, lo que permite seleccionar variedades o poblaciones que presenten a la vez niveles altos de producción y de calidad.

CONCLUSIONES

Las variedades y procedencias de esparceta estudiadas mostraron una amplia variabilidad tanto en sus niveles de producción como en su composición química. El efecto ‘corte’ afectó de manera significativa ($P < 0,001$) a ambas. En las condiciones del cultivo en regadío y cosechado en plena floración, el contenido medio en PB de los cortes estuvo siempre por encima del 18%.

AGRADECIMIENTOS

A A. Legua, M.A. Céspedes, A. Martínez y J.A. Tanco por su colaboración técnica. Este trabajo ha sido financiado por la Comisión Europea (Proyecto MRTN-CT-2006-035805).

REFERENCIAS

- Association of Official Analytical Chemists, 1999. Official Methods of Analysis, 16th ed. AOAC International, Maryland (USA).
- ALIBES, X.; TISSERAND J., 1990. Tableaux de la valeur alimentaire pour les ruminants des fourrages et sous-produits d'origine méditerranéenne. *Options Méditerranéennes, Serie B: Études et Recherches* **4**, 137.
- BORREANI, G.; PEIRETTI P. G.; TABACCO E., 2003. Evolution of yield and quality of sainfoin (*Onobrychis viciifolia* Scop.) in the spring growth cycle. *Agronomie* **23**, 193–201.
- DE FALCO, E.; LANDI, G.; BASSO, F., 2000. Production and quality of the sainfoin forage (*Onobrychis viciaefolia* Scop.) as affected by cutting regime in a hilly area of southern Italy. *Cah. Opt. Mediterr* **45**, 275–279.

- DELGADO, I.; ANDRES, C.; SIN, E.; OCHOA, M. J., 2002. Estado actual del cultivo de la esparceta (*Onobrychis viciifolia* Scop.). Encuesta realizada a agricultores productores de semilla. *Pastos* **32(2)**, 235-247.
- DELGADO, I.; SALVIA, J.; BUIL, I.; ANDRES, C., 2008. The agronomic variability of a collection of sainfoin accessions. *Spanish Journal of Agricultural Research* **6(3)**, 401-407.
- DEMDOUM, S.; DELGADO, I.; MUÑOZ, F., 2008. Caractérisation agronomique et valeur nutritionnelle d'une collection de sainfoin (*Onobrychis viciifolia* Scop.). *Rencontres Recherches Ruminants*, Paris.
- IWAASA, A.; JEFFERSON, P.; LEMKE, R., 2006. Beef cattle grazing and forage production comparisons of alfalf-grass versus sainfoin pastures. *Proceedings, Western Section, American Society of Animal Science* **57**, 249-251.
- MICHELANA, A.; HYCKA, M., 1988. Diferenciación y caracterización de dos tipos de esparceta (*Onobrychis viciifolia* Scop.) cultivada en España. *Invest Agrar: Prod Prot Veg* **3(3)**, 285-290.
- MULLER, J., 1893. Diccionario universal de agricultura. Barcelona (Spain).
- SAS 2004. NC, USA, SAS OnlineDoc® 9.1.3.
- VAN SOEST, P.; ROBERTSON, J.; LEWIS, BA., 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J Dairy Sci* **74**, 3583-3597.

EFFECT OF CUTTING REGIME ON PRODUCTIVITY AND CHEMICAL COMPOSITION OF A COLLECTION OF SAINFOIN (*ONOBRYCHIS VICIIFOLIA* SCOP.)

SUMMARY

Forage production and its distribution through the year as well as chemical composition of a collection of 36 varieties and landraces of sainfoin (*Onobrychis viciifolia* Scop.) were evaluated in the first productive year, under irrigation, in Zaragoza, Spain.

Plants were cut five times, each time they reach full flowering, except for the last cut, which was at vegetative stage. Dry-matter production and production distribution throughout the year, chemical composition in ash, acid detergent fibre, neutral detergent fibre, acid detergent lignin and crude protein were regularly assessed.

Forage production as well as chemical composition were significantly ($P < 0.0001$) affected by cut and variety effects. Annual production ranged from 182 g DM/plant to 1008 g DM/plant, being 699g DM/plant in average. Distribution of the production though the year was similar in all varieties, varying from 312 to 38 g DM/plant from the first cut to the last. CP content rose from 18.4% to 24.6%. No correlation was found between productivity and chemical composition. Chemical composition of sainfoin remained always good over the year, in our conditions and harvested at full flowering.

Key words: Forage, chemical composition, variety, germplasm.

CRONOMETRIA DEL ENSILADO DE SORGO PARA FORRAJE EN SILO MONTÓN

J.M. MANGADO

ITG Ganadero. Avda. Serapio Huici, 22 Edif. Peritos. 31610 Villava (Navarra).

jmangado@itgganadero.com

RESUMEN

En explotaciones ganaderas de cierta dimensión alguna de las actividades del proceso de ensilado se realizan por contratación externa, siendo importante dimensionar correctamente los equipos involucrados para evitar sobrecostes en el proceso. En este trabajo se presenta la medición de los tiempos empleados en la mecanización del proceso de ensilado, desde la parcela hasta el pie de silo, de un forraje de sorgo en una explotación de vacuno de carne en el área mediterránea de Navarra. La capacidad y el número de equipos necesarios para el transporte del forraje se incrementa conforme aumenta la distancia entre la parcela y el pie de silo y conforme peor sea la adecuación de los accesos a su tránsito. Con los datos de rendimientos de las labores y tiempos empleados se propone un modelo gráfico para la estimación del número de equipos de transporte necesarios en función de su capacidad de carga, de la distancia entre parcela y silo y la adecuación de los accesos para el tránsito. Así mismo se presenta un ábaco en el que, en función de esas mismas variables, se calcula el número de equipos a utilizar para dar una correcta continuidad a las actividades de ensilado evitando los tiempos muertos y los “cuellos de botella”.

Palabras clave: sorgo forrajero, proceso de ensilado, mecanización, rendimientos, modelos.

INTRODUCCIÓN

La dimensión de las explotaciones ganaderas de herbívoros (censos y base territorial) es cada vez mayor, y, debido a la heterogeneidad estacional de la producción forrajera en nuestras latitudes, se hace preciso almacenar grandes cantidades de forraje para la suplementación del ganado en pesebre. El ensilado es un proceso de conservación de forraje que precisa conocer en profundidad todas las actividades que lo componen con el objetivo de conseguir un alimento bien conservado, con las mínimas pérdidas en cantidad, calidad y valor nutritivo y a un coste razonable. Los hitos de mayor trascendencia en este proceso son la fenología del forraje en el momento de corte, la dinámica fermentativa y la mecanización. Por otra parte en las explotaciones de mayor dimensión se está imponiendo la contratación a terceros de tareas específicas (cosechadoras, manejo de estiércoles y purines, laboreo, etc.), asumiendo unos costes unitarios importantes pero que quedan contrarrestados por su alta eficiencia en las labores que realizan. En el proceso de ensilado se está incrementando la contratación de equipos automotrices para la recogida, picado y carga del forraje (en adelante RPC), y, a veces, el transporte desde parcela a pie de silo, asumiendo las explotaciones, con sus medios, el reparto, pisado y cierre de la masa de forraje ensilado. La facturación de los RPC es por el tiempo empleado en su actividad y su coste unitario es elevado, aunque también lo es el rendimiento de la labor que realiza. Por ello es muy importante el dimensionar correctamente el resto de equipos que intervienen en las otras actividades, ajustándolos a los rendimientos del equipo más eficiente y costoso, evitando los “tiempos muertos” en

su actividad. En esta comunicación se presentan los tiempos empleados por los equipos que intervienen en un proceso de ensilado y se dimensionan en función de la distancia y el estado de los accesos entre la parcela y el pie de silo.

MATERIAL Y MÉTODOS

El trabajo se desarrolló en la localidad de Aibar, situada en la región mediterránea de Navarra, sobre una explotación de vacuno de carne de 100 vacas nodrizas y cebo de los terneros hasta sacrificio. Una parte de la base territorial de la explotación son pastizales, pastos arbustivos y pastos arboreales que aprovecha el ganado adulto por pastoreo en régimen extensivo. En las épocas de parada vegetativa (2,5 meses en verano y 4 meses en invierno) el ganado se recoge en las instalaciones o en sus inmediaciones y se suplementa con forraje conservado y pienso. El forraje conservado se obtiene de diferentes cultivos forrajeros implantados sobre otra parte de su base territorial, de “tierra de labor” en regadío por aspersión. En una parte de esta base territorial de “tierra de labor” constituida por dos parcelas de 4,5 y 6 ha se llevó a cabo en 2009 la sucesión de cultivos forrajeros que se esquematiza en la figura 1.

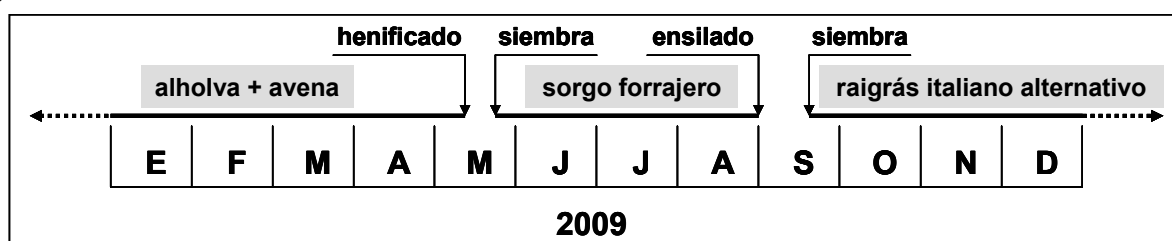


Figura 1.- Esquema de la sucesión de cultivos forrajeros

El cultivo de alholva (*Trigonella foenum-graecum* L.) y avena (*Avena sativa* L.) sembrado en otoño de 2008 se henificó en la primera quincena de mayo de 2009. El cultivo de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) sembrado en la segunda quincena de mayo 2009 se ensiló a finales de agosto 2009. El cultivo de raigrás italiano alternativo (*Lolium multiflorum* Lam.) se sembró en la segunda quincena de septiembre 2009 y se ensilará en la primera quincena de mayo de 2010. El itinerario técnico del cultivo de sorgo se recoge en la tabla 1. Por decisión del titular de la explotación se utilizaron dos variedades de sorgo, una convencional (Sweet Creek) y otra (Honey Graze) mutante “brown midrib” (bmr) que presenta una pigmentación marrón del nervio central de la hoja y un contenido en lignina entre el 25% y el 50 % inferior a las variedades no mutantes, lo que repercute en una mayor digestibilidad, similar a la del maíz (Serra *et al.*, 2008). En este trabajo no se diferencian las características productivas de ambas variedades.

Tabla 1.- Itinerario del cultivo de sorgo forrajero

	Fecha	Dosis (x ha)	Producto
Siembra	20/05	35 kg	Honey Graze-Sweet Creek
Abonado siembra			---
Abonado cobertera	26/06	300 kg	urea
Riego		3800 m ³	
Ensilado	28/08		

El forraje se cosechó el día 28 de agosto, a los 100 días de cultivo, con una integral térmica de 1931°C. El cultivo superó los 3 m de altura y su estado fenológico era de grano lechoso. El picado del material vegetal se hizo con un equipo RPC CLASS modelo JAGUAR 9000 de 6 m de anchura de

corte y un rendimiento de trabajo teórico de 55 t hora⁻¹. El transporte del forraje desde parcela a pie de silo se llevó a cabo con cuatro remolques de carga, dos de 28,8 m³ de capacidad y otros dos de 20,5 m³, acoplados a con tractores agrícolas. Todos estos equipos son contratados a terceros. La distribución, colocación y pisado del forraje en silo se hizo con equipos de la propia explotación. El ensilado se efectuó en dos silos montón de 43,5 x 13 m² y 18 x 11 m² sobre lámina de plástico.

Se tomaron los tiempos empleados en el picado y carga del forraje en parcela, los de transporte en carga de parcela a pie de silo, los tiempos de descarga y los tiempos de retorno a parcela en vacío, todo para cada equipo y distancia recorrida. Los equipos de transporte se pesaron cargados y en vacío para conocer el peso total transportado y, en función del volumen de carga, el peso específico del forraje transportado “picado” en verde. Se tomaron muestras de forraje a pie de silo para analizar su calidad (materia seca, materia orgánica, proteína bruta, fibras bruta y neutro detergente y contenido en almidón) y, en función de esta calidad y del estado fenológico del cultivo, se estimó su valor nutritivo utilizando la herramienta Prév Alim de INRA (2000).

El criterio utilizado para dimensionar los equipos es el de “no stop” del equipo RPC, de forma que no se den tiempos de espera en su trabajo por falta de equipos para la carga y transporte del forraje. Las vías de desplazamiento entre las parcelas y el punto de ensilado están en buen estado, permitiendo un tránsito eficiente de los equipos de transporte. Se hizo el supuesto de que los tiempos de transporte (en carga y vacío) se duplican para el caso de que el estado de las vías de tránsito entre parcelas y silo no sea el óptimo. A todos los tiempos obtenidos se les aplicó un coeficiente de mayoración del 15 % para cubrir imprevistos y “tiempos muertos” inevitables en cada actividad.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Producción y calidad

El peso específico del forraje picado, en transporte, resultó ser 410 kg/m³, por ello, los carros de transporte de 28,8 m³ transportan 11,8 t y los de 20,5 m³ transportan 8,4 t de forraje verde picado. El número de desplazamientos fue de 23 de los primeros y 26 de los segundos. Esto hace que la producción total a pie de silo sea de 489,8 t de forraje verde (46,65 t ha⁻¹). En la tabla 2 se presentan las características de calidad y valor nutritivo de este forraje. Se consideran suficientes como para integrar la ración forrajera en vacas nodrizas. El contenido en almidón es acorde con el estado fenológico del cultivo en el momento de corte. Para incrementar este parámetro se debería haber retrasado el momento de corte, pero, en consecuencia, se habría incrementado el contenido en fibras y disminuido la digestibilidad y, probablemente, la concentración energética. Según estos datos la producción total fue de 143,5 t de materia seca (13,7 t ha⁻¹).

Tabla 2.- Calidad y valor nutritivo del forraje de sorgo

	media	error st.	rango
materia seca (%)	29,3	2,87	37,4 – 23,8
cenizas (% s/ materia seca)	7,19	0,08	7,3 – 7,0
proteína bruta (% s/ materia seca)	9,6	0,14	10,0 – 9,3
fibra bruta (% s/ materia seca)	27,2	0,58	28,1 – 25,7
fibra neutro detergente (% s/ materia seca)	56,6	1,27	59,9 – 53,7
almidón (% s/ materia seca)	6,6	1,03	9,1 – 4,9
digestibilidad materia orgánica (%)	63,3	0,17	63,7 – 62,9
concentración energética (UFL kg⁻¹ mat.seca)	0,73	0,00	0,73 – 0,72

Cronometría de las labores

Los tiempos reales empleados en cada actividad se han tomado cronometrando a pie de campo. En la tabla 3 se presentan los tiempos reales y mayorados de cada una de las labores de ensilado. El tiempo de carga depende del rendimiento de la RPC ($870 \text{ kg fresco min}^{-1}$) y en este caso, en función del peso específico del forraje, $2,122 \text{ m}^3 \text{ min}^{-1}$ ó $0,4713 \text{ min m}^3(-1)$ y de la capacidad de carga del equipo de transporte. Encontramos que los tiempos de las labores de transporte, tanto en vacío como en carga, son independientes de la carga, dependiendo solamente de la distancia a recorrer. En nuestro caso los rendimientos encontrados son $0,4785 \text{ km min}^{-1}$ en vacío y $0,3984 \text{ km min}^{-1}$ en carga. Encontramos que el tiempo de descarga a pie de silo (5,75 min.) es fijo e independiente de la capacidad y rendimiento de los equipos de transporte y de la distancia de la parcela a pie de silo.

Tabla 3.- Tiempos empleados en las labores de ensilado

	Tiempo real	Tiempo mayorado (15 %)
Carga	1 min t^{-1} (fresco)	$1,15 \text{ min t}^{-1}$ (fresco)
Desplazamiento cargado	$2,18 \text{ min km}^{-1}$	$2,51 \text{ min km}^{-1}$
Descarga	5 min	5,75 min
Desplazamiento vacío	$1,82 \text{ min km}^{-1}$	$2,09 \text{ min km}^{-1}$

Dimensionamiento de los equipos

Para dimensionar correctamente los equipos de transporte entre parcela y silo dando continuidad a todas las actividades del proceso debe ocurrir que durante el tiempo de carga de un equipo se complete, entre los restantes, el circuito de “transporte en carga-descarga-transporte en vacío”, de forma que cuando el equipo recién cargado se integre en este circuito exista otro que salga de él y pase a la actividad de “carga”. El reflejo matemático en nuestro caso es:

$$0,4713 \text{ x} = (\text{y}/0,3984 + \text{y}/0,4785 + 5,75) / (\text{n}-1)$$

donde: **x** es la capacidad de los equipos de transporte en m^3/equipo

y es la distancia entre la parcela y el “pie de silo” en kilómetros

n es el número total de equipos de transporte

Para cada distancia entre la parcela a ensilar y el pie de silo (**y**), dato que en cada caso se conoce, la ecuación que relaciona el número de equipos de transporte y su capacidad es potencial, bajo la fórmula de

$$\text{x} = k \cdot \text{n}^{-1,4613}$$

Si el diseño y trazado de los caminos entre las parcelas y el pie de silo, o su estado de conservación, no es el óptimo se dificulta el tránsito de los equipos de transporte de forraje y disminuye el rendimiento del circuito “transporte-descarga-transporte”. Ello afecta directamente al dimensionamiento del total de equipos empleados. Para estimar cual puede ser esta afección se han repetido los cálculos variando los rendimientos de transporte, tanto en carga como en vacío, a la mitad de los obtenidos en este trabajo y manteniendo los rendimientos del resto de actividades. El reflejo matemático en este caso es:

$$0.4713 \text{ x} = (\text{y}/0,1992 + \text{y}/0,2392 + 5,75) / (\text{n}-1)$$

con la misma descripción de incógnitas que en el caso anterior.

En la figura 2 se representan las curvas que correlacionan el número de equipos de transporte y su capacidad de carga para cada distancia entre parcela y pie de silo y en dos situaciones para el estado de conservación de los accesos.

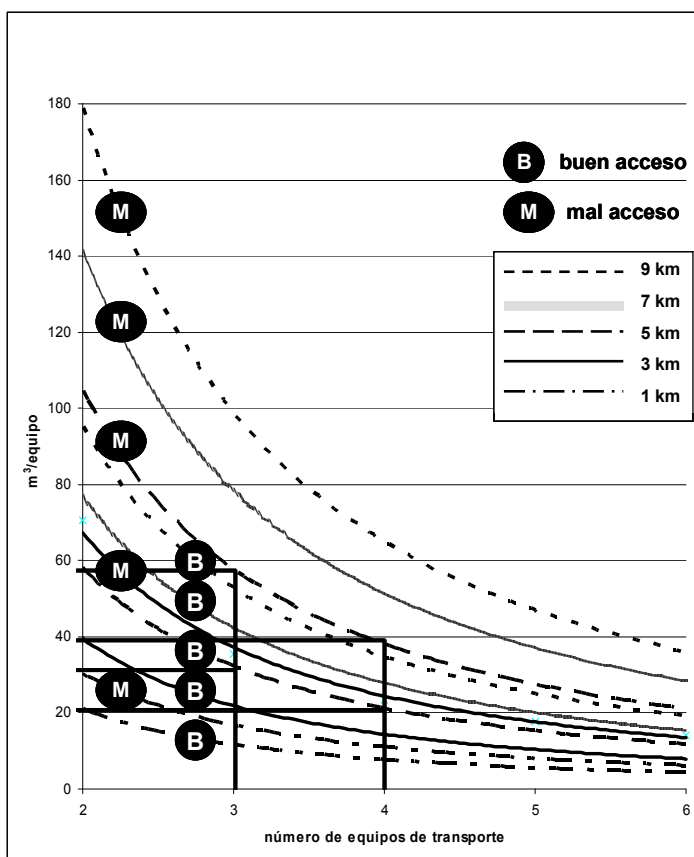


Figura 2.- Equipos necesarios en función de la distancia y del estado de los accesos

Como es lógico, a mayor distancia a recorrer el número de equipos y/o su capacidad debe incrementarse. Para una misma distancia a recorrer unos accesos en mal estado hacen que, o bien se deba incrementar el número de equipos o bien se deba incrementar su capacidad de carga, A modo de ejemplo se puede considerar el caso de una parcela que diste 5 km del punto de ensilado con el objetivo de evitar los tiempos muertos en el proceso. Si los accesos están en buen estado se podría trabajar con 4 equipos de 20 m³ de capacidad cada uno de ellos o con tres equipos de unos 35 m³. Si el estado de los accesos no es el adecuado se podría trabajar con 4 equipos de casi 40 m³ o con 3 equipos de 60 m³, situaciones, ambas, poco aconsejables o, incluso, peligrosas.

Tabla 4.- Número de equipos en función de su capacidad y de la distancia parcela-silo

m ³ /equipo	1 km		3 km		5 km		7 km		9 km	
	B	M	B	M	B	M	B	M	B	M
15	3	4	4	6	5	9	7	11	8	14
20	3	3	4	5	4	7	5	9	6	11
25	2	3	3	4	4	6	5	7	5	9
30	2	2	3	4	3	5	4	6	5	8
35	2	2	3	3	3	5	4	6	4	7
40	2	2	3	3	3	4	3	5	4	6
45	2	2	2	3	3	4	3	5	4	6
50	2	2	2	3	3	4	3	4	3	5

B = accesos en buenas condiciones **M** = accesos en condiciones deficientes

En la tabla 4 se presenta un ábaco elaborado a partir de las ecuaciones obtenidas. El número de equipos propuestos en cada situación es el resultado de redondear por exceso el resultado obtenido. Se

han sombreado las situaciones más habituales y razonables que se pueden encontrar a nivel de explotación. Para distancias a recorrer entre parcela y silo superiores a 7 km las exigencias de capacidad y número de equipos resultan no competitivas frente al uso de equipos autónomos de transporte (camión).

CONCLUSIONES

Cuando alguna de las actividades del proceso de ensilado se realiza por contratación externa es necesario dimensionar correctamente los medios que se conjugan para evitar tiempos muertos y sobrecostes en el resultado final. Se ha elaborado un ábaco para estimar el número de equipos de transporte de forraje necesarios y/o su capacidad de carga individual en función de la distancia entre la parcela y el punto de ensilado y de la adaptación al tránsito de los caminos a recorrer.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la explotación de Daniel Zabaleta, de Aibar (Navarra), las facilidades dadas para la realización de este trabajo

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

INRA., 2000. *PrévAlim. Módulo de previsión del valor de los alimentos*. Paquete informático versión 2.70. Distribuido por Pascual de Aranda. Burgos (España)

SERRA, J.; CAPELLADES, G.; SALVIA, J.; ARAGAY, M., 2008. Adaptación y valor nutritivo de variedades de sorgo forrajero (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) “*Brown Midrib*” con diferente sensibilidad al fotoperíodo, en el nordeste de Cataluña. *Pastos*, **38(1)**, 65-73.

CRONOMETRIA OF FORAGE SORGHUM IN SILAGE STACK

SUMMARY

Some activities of the silage process in livestock holdings of a certain size are outsourced. This is why correct equipment dimensioning is very important in order to avoid additional costs. In this work we present the measurement of the time consumed on a complete sorghum silage process mechanisation (from field to storage silo) in a cattle holding in the Mediterranean area of Navarre. The capacity and number of necessary equipments for forage transport increase with the distance between land plot and storage silo and poor access quality. With the data on work performance and time consumed, we propose a graphical model for the estimation of the number of transport equipments needed according to their load capacity, the distance between land plot and storage silo and access quality. In addition, we present an abacus, by which, according to the same variables, the number of equipments is calculated in order to give continuity to silage process activities, avoiding idle time and bottlenecks.

Key words: forage sorghum, silage process, mechanisation, performance, models.

GUISANTE, VEZA Y HABONCILLO COMO CULTIVOS FORRAJEROS DE INVIERNO EN EXPLOTACIONES GANADERAS DE GALICIA

J. PIÑEIRO^{1,2}, N. DÍAZ¹, M.J. BANDE-CASTRO^{1,2} Y J. FERNÁNDEZ-PAZ¹.

¹Centro de Investigaci3n Agrarias de Mabegondo. Apartado 10. E-15080 A Coru3a (Espa3a). ²Dpto de Producci3n Vexetal. Universidade de Santiago. E-27002 Lugo (Espa3a)

RESUMEN

Con el objetivo de trasladar al sector ganadero de Galicia los resultados de investigaci3n conseguidos en los 3ltimos a3os, se han sembrado ensayos-demostraci3n en explotaciones de vacuno de leche con mezclas ‘triticale-guisante’(t-g), ‘triticale-veza’(t-v) y ‘triticale-haboncillo’(t-h), en las campa3as 2006-07, 2007-08 y 2008-09. En esta comunicaci3n se presentan los resultados de las dos 3ltimas, los de 2006-07 se presentaron en Bande-Castro *et al.* (2008). Se pretende encontrar un cultivo de invierno alternativo al ‘raigr3s italiano’ en la rotaci3n ‘raigr3s italiano (invierno)-maíz forrajero (verano)’, muy utilizada pero que tiene problemas originados por su crecimiento de invierno, dif3cil de manejar para ensilar en tiempo lluvioso. El rendimiento (R, tMS ha⁻¹) y el contenido en prote3na bruta (PB, %MS) oscilaron dentro de los intervalos siguientes: ‘t-g’ (R: 3,4-9,0; PB: 13,6-19,9), ‘t-v’ (R: 2,2-7,0; PB: 13,2-18,9), ‘t-h’ (R: 2,9-6,8; PB: 8,4-17,7), ‘raigr3s italiano’ (R: 3,5-6,1; PB: 7,7-14,1). Se puede concluir, en general, que tanto la veza como los guisantes, asociados a triticale, son una buena opci3n para sustituir al raigr3s italiano, como cultivo de invierno, con el objetivo de conseguir un forraje rico en prote3na.

Palabras clave: Asociaci3n cereal-leguminosa, rotaci3n intensiva, cultivo invernal.

INTRODUCCI3N

El raigr3s italiano (*Lolium multiflorum*) ha pasado de ser un cultivo muy apreciado por su capacidad de producir forraje en 3pocas fr3as para alimentaci3n en verde, a constituirse en un problema por la dificultad de cosechar los crecimientos de principios de primavera, que se producen en caso de siembras tempranas de oto3o, porque las condiciones clim3ticas no son adecuadas al inicio de la primavera para hacer un presecado previo al ensilado del forraje cosechado, que suele tener un contenido en humedad muy alto. Ello ha llevado a la b3squeda de nuevos cultivos forrajeros anuales de invierno que concentren su producci3n hacia finales de abril o principios de mayo. Como, por otro lado, se requiere un forraje con un alto contenido en prote3na, se estudiaron especies leguminosas con buenos crecimientos de primavera tras una siembra de oto3o, como es el caso de los guisantes forrajeros (*Pisum sativum*), la veza (*Vicia sativa* y *V. villosa*) y los haboncillos (*Vicia faba*); todos ellos cultivados en mezcla con triticale (x *Triticosecale*), que sirve de tutor para evitar el encamado de guisantes y veza. El objetivo de este trabajo es trasladar los resultados experimentales positivos conseguidos en los 3ltimos a3os, tanto en guisantes (Flores *et al.*, 2003) como en veza y haboncillos (Mart3nez *et al.*, 2005), a las explotaciones de producci3n de leche de vacuno de Galicia, en comparaci3n con el ‘raigr3s italiano’ (invierno) en rotaci3n con ma3z forrajero (verano).

MATERIAL Y M3TODOS

Localizaci3n

Los ensayos se han sembrado en el otoño de las campañas 2006-07, 2007-08 y 2008-09 en explotaciones de vacuno de leche pertenecientes a las Cooperativas de Melisanto, Os Irmandiños, Feira-co o Cobideza, enclavadas en las comarcas de Terra de Melide (SE Coruña), Terra Chá [centro (C) Lugo], A Mariña Oriental (NE Lugo), Xallas (C-O Coruña) y Deza (NE Pontevedra). Estos ensayos complementaron otros realizados en la Finca Robles del CIAM de la comarca de Terra de Lemos (S Lugo). En 2008-9 no ha sido posible sembrar en Terra Chá, A Mariña Oriental y Xallas a causa del exceso de lluvia en otoño. Como compensación se estableció un ensayo en la comarca de Lugo (C-O Lugo).

Siembra y establecimiento

La siembra se realizó en las fechas que figuran en la Tabla 1, tras una preparación del terreno consistente en un pase de arado y/o fresa, seguido de un pase de grada de discos y/o rotativa y/o fresa. Son tierras de alta fertilidad, en general. Los análisis de suelo dieron los siguientes resultados: pH (H₂O) 5-6,8; P (Olsen, extraído en NaHCO₃) 30-77 mg kg⁻¹, K (extraído en NH₄NO₃) 164-472 mg kg⁻¹, saturación por Al (%) del CIC 1-26. En todos los casos se utilizaron purines de la propia explotación antes del laboreo, en cantidades variables, con excepción de la finca del CIAM, que no disponía de purines. Se utilizó una sembradora de cereales, que en algunos casos era parte de una máquina combinada con una grada rotativa o fresa, que la precedía. En el caso del raigrás italiano se sembró con la abonadora de péndulo. En esta comunicación se presentan solamente los datos de las campañas 2007-08 y 2008-9. Los de la campaña 2006-07 se publicaron en Bande-Castro *et al.* (2008).

Las siembras se realizaron en el mes de noviembre en 2007 y entre finales de octubre y finales de noviembre en 2008. Las dosis de semilla (nº semillas m⁻²) fueron: 180 para triticale, 120 para guisante, 180 para veza y 30 para haboncillos. Veza y haboncillos se establecieron mal en Terra Chá porque se sembraron en suelos con cierto encharcamiento.

Controles, toma de muestras y análisis

En cada parcela se realizaron los muestreos unos días antes de la fecha prevista de cosecha, condicionada por la disponibilidad del equipo de maquinaria del contratista (Tabla 1). Se cortaron 4-6 franjas de 5,4 m² (6 m x 0,90 m) por parcela mediante segadora dotada de un peine de 0,90 m. El forraje cosechado en cada franja se pesó en campo y se tomó una muestra de aproximadamente 2 kg que se envió al laboratorio para su posterior análisis. En el laboratorio se troceó la muestra para homogeneizarla y tomar dos submuestras: 1) Una de 500 g para su desecación en estufa de aire forzado a 80 °C durante 18 h, para determinación de la materia seca, y posterior molido a 1 mm para determinación del contenido en proteína bruta (PB) mediante NIRS; y 2) Otra, de unos 500-1000 g, para separación manual de componentes: triticale, guisante, veza, haboncillo o raigrás italiano y otras especies, y desecado en estufa.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Producción

La producción total (Tabla 2) osciló en los intervalos siguientes: 1) ‘triticale-guisante’ entre un máximo de 9,0 t ha⁻¹, en Terra de Lemos año 2009, y un mínimo de 3,4 t.ha⁻¹, en Terra Chá 2008; 2) ‘triticale-veza’ entre 7,0, en Terra de Lemos año 2009, y 2,2, en Terra Chá 2008; 3) ‘triticale-haboncillo’ entre 6,8, en Terra de Lemos y 2,9, en Terra Chá 2008, y 4) ‘raigrás italiano’ entre 6,1, en Terra de Melide, y 3,5, en Deza. Se observa que los rangos de las producciones obtenidas en las mezclas son, en general, similares los del raigrás italiano, con excepción del triticale-guisante que alcanza

PRODUCCIÓN VEGETAL

en algunos lugares valores muy superiores a los obtenidos con raigrás italiano y con las mezclas de haboncillos y veza.

Tabla 1. Fecha de siembra, fecha de corte y estado de las plantas en la recolección.

	Loca-	Fecha siembra	Fecha corte	Estado planta en recolección
<i>Campaña 2007-08</i>				
<u><i>Comarca de Terra de Melide</i></u>				
t 'Noe'-g 'Gracia'		10-11-07	28-04-08	t: inicio espigado, g: inicio floración
t 'Noe'-g 'Forrimax'		10-11-07	28-04-08	t: inicio espigado, g: vainas pequeñas
Raigrás italiano		10-11-07	28-04-08	inicio espigado
<u><i>Comarca de Terra Cha</i></u>				
t 'Noe'-g 'Gracia'		05-11-07	10-04-08	t: no espigado, g: inicio floración
t 'Noe'-v 'Gravesa'		05-11-07	10-04-08	t: no espigado, v: sin flor
t 'Noe'-h 'Prothabon 101'		05-11-07	10-04-08	t: no espigado, h: en floración
Raigrás italiano		05-11-07	10-04-08	inicio espigado
<u><i>Comarca de A Mariña Oriental</i></u>				
t 'Noe'-g 'Gracia'		02-11-07	13-03-08	t: no espigado, g: inicio floración
t 'Noe'-v 'Gravesa'		02-11-07	13-03-08	t: no espigado, v: sin flor
t 'Noe'-h 'Prothabon 101'		02-11-07	13-03-08	t: no espigado, h: en floración
<u><i>Comarca de Xallas</i></u>				
t 'Noe'-g 'Gracia'		10-11-07	24-04-08	t: inicio espigado, g: inicio floración
t 'Noe'-v 'Gravesa'		10-11-07	24-04-08	t: inicio espigado, v: inicio floración
<u><i>Comarca de Deza</i></u>				
t 'Noe'-g 'Gracia'		28-11-07	22-04-08	t: no espigado, g: sin flor
t 'Noe'-v 'Gravesa'		28-11-07	22-04-08	t: no espigado, v: sin flor
Raigrás italiano		28-11-07	22-04-08	raigrás no espigado
<u><i>Comarca de Terra de Lemos</i></u>				
t 'Noe'-g 'Gracia'		06-11-07	08-05-08	t: espigado, g: inicio floración
t 'Noe'-g 'Forrimax'		06-11-07	08-05-08	t: espigado, g: vainas
t 'Noe'-v 'Gravesa'		06-11-07	08-05-08	t: espigado, v: inicio floración
t 'Noe'-h 'Prothabon 101'		06-11-07	08-05-08	t: espigado, h: vainas
Raigrás italiano		06-11-07	08-05-08	Raigrás espigado
<i>Cam-</i>				
<u><i>Comarca de Terra de Melide</i></u>				
t 'Bienvenu'-g 'Gracia'		09-11-08	6-05-09	t: inicio espigado, g: en flor
t 'Bienvenu'-v 'Platine'		09-11-08	6-05-09	t: inicio espigado, v: inicio floración
t 'Bienvenu'-h 'Prothabon 101'		09-11-08	6-05-09	t: inicio espigado, h: en flor
<u><i>Comarca de Deza</i></u>				
t 'Bienvenu'-g 'Gracia'		28-11-08	6-05-09	t: inicio espigado, g: inicio floración
t 'Bienvenu'-v 'Platine'		28-11-08	6-05-09	t: inicio espigado, v: sin flor
Raigrás italiano		28-11-08	6-05-09	raigrás inicio espigado
<u><i>Comarca de Terra de Lemos</i></u>				
t 'Bienvenu'-g 'Gracia'		27-10-08	5-05-09	t: espigado, g: en flor
t 'Bienvenu'-v 'Platine'		30-10-08	5-05-09	t: espigado, v: inicio floración
<u><i>Comarca de Lugo</i></u>				
t 'Bienvenu'-g 'Gracia'		03-11-08	24-04-09	t: próximo(pr) a espigado, g: pr a floración

t (triticale), v (veza), g (guisante), h (haboncillo). Entre comillas simples: variedad usada de cada especie.

Tabla 2. Fecha de corte, producción total (tMS ha⁻¹) y su desviación típica, composición botánica (%), contenido en materia seca (MS, %) y contenido en proteína (PB, %MS).

Localidad y mezcla	Producción (tMS ha ⁻¹)	C. botánica (%)			MS %	PB %
		t-r	g-v-h	oe		
<i>Campaña 2007-08</i>						
<i>Comarca de Terra de Melide</i>						
t 'Noe'-g 'Gracia'	7,0 ± 1,0	89,5	7,0	3,5	15,7	11,3
t 'Noe'-g 'Forrimax'	8,0 ± 1,0	70,0	24,0	6,0	15,3	11,9
Raigrás italiano	6,1 ± 0,4	88,5	6,0	5,5	14,5	9,8
<i>Comarca de Terra Cha</i>						
t 'Noe'-g 'Gracia'	3,4 ± 0,9	34,7	64,0	1,3	11,8	18,6
t 'Noe'-v 'Gravesa'	2,2 ± 0,3	92,2	6,6	1,2	15,9	17,0
t 'Noe'-h 'Prothabon 101'	2,9 ± 0,9	96,0	2,9	1,1	16,6	12,5
Raigrás italiano	5,4 ± 0,9	100,0	0,0	0,0	10,8	14,1
<i>Comarca de A Mariña Oriental</i>						
t 'Noe'-g 'Forrimax'	4,6 ± 0,5	65,0	29,6	5,2	13,6	19,9
t 'Noe'-v 'Gravesa'	5,0 ± 0,6	83,0	10,0	7,0	13,3	18,8
t 'Noe'-h 'Prothabon 101'	6,2 ± 0,7	62,2	33,4	4,4	11,9	17,7
<i>Comarca de Xallas</i>						
t 'Noe'-g 'Gracia'	4,0 ± 0,3	17,0	63,5	19,4	11,8	19,1
t 'Noe'-v 'Gravesa'	4,0 ± 1,0	20,0	50,9	29,4	11,7	17,2
<i>Comarca de Deza</i>						
t 'Noe'-g 'Gracia'	3,9 ± 0,5	57,3	40,5	2,2	12,3	17,8
t 'Noe'-v 'Gravesa'	2,8 ± 0,5	71,4	23,0	5,6	14,2	18,7
Raigrás italiano	5,0 ± 0,6	97,8	0,0	2,1	11,3	11,9
<i>Comarca de Terra de Lemos</i>						
t 'Noe'-g 'Gracia'	6,5 ± 1,6	37,4	62,5	0,1	15,7	14,8
t 'Noe'-g 'Forrimax'	8,5 ± 1,3	44,4	55,5	0,1	15,8	15,4
t 'Noe'-v 'Gravesa'	5,9 ± 0,8	46,4	51,6	2,0	12,5	18,2
t 'Noe'-h 'Prothabon 101'	6,8 ± 0,6	73,8	23,6	2,6	18,3	9,9
<i>Campaña 2008-9</i>						
<i>Comarca de Terra de Melide</i>						
t 'Bienvenu'-g 'Gracia'	5,7 ± 1,1	43,8	45,2	10,9	17,4	13,6
t 'Bienvenu'-v 'Platine'	4,2 ± 0,2	58,0	19,4	22,6	18,3	13,2
t 'Bienvenu'-h 'Prothabon'	5,4 ± 0,5	74,4	5,3	20,3	18,9	8,4
<i>Comarca de Deza</i>						
t 'Bienvenu'-g 'Gracia'	4,2 ± 0,2	38,8	60,5	0,6	13,8	16,0
t 'Bienvenu'-v 'Platine'	3,7 ± 0,5	55,6	38,0	6,4	15,5	17,1
Raigrás italiano	3,5 ± 0,6	100,0	0,0	0,0	16,0	7,7
<i>Comarca de Terra de Lemos</i>						
t 'Bienvenu'-g 'Gracia'	9,0 ± 1,5	23,2	72,6	4,1	17,1	15,3
t 'Bienvenu'-v 'Platine'	7,0 ± 0,8	28,2	71,8	0,0	16,3	18,9
<i>Comarca de Lugo</i>						
t 'Bienvenu'-g 'Gracia'	4,9 ± 0,9	38,0	62,0	0,0	13,8	14,7

t (triticale), g (guisante), v (veza), h (haboncillo), r (raigrás) y oe (otras especies). Entre comillas: variedad usada.

Composición botánica y proteína bruta

La contribución del guisante a la producción total, en términos de materia seca, estuvo por encima del 40% en todos los casos, excepto en Terra de Melide y en A Mariña Oriental. Los valores bajos de Melide se atribuyen a un cierto grado de encharcamiento de las parcelas, asociado a una aplicación de una dosis de semilla muy superior a la recomendada, que llevó a una dominancia del triticale sobre el guisante. El contenido en proteína de las mezclas con guisante osciló entre el 13,6% en Terra de Melide 2009 y el 19,9% en A Mariña Oriental 2008, si se exceptúan los bajos contenidos del 11,3 y 11,9% en Terra de Melide 2008, consecuencia de la baja contribución de los guisantes a la producción. Los altos porcentajes de proteína de 19,9% en A Mariña Oriental 2008, a pesar de su contenido relativamente bajo en guisante, se atribuye a la fecha de cosecha con el triticale sin espigar, fase en la que esta especie puede alcanzar valores de 17,1-22,7%, para descender al 6,6-7,6% en floración, según Jobim *et al.* (2002). En general, como ocurría en 2007 (Bande-Castro *et al.*, 2008), los mayores contenidos en PB están asociados a mayores contenidos en guisante, sobre todo si el triticale se cosecha después del inicio de espigado.

Como en 2007 (Bande-Castro *et al.*, 2008), la contribución porcentual de la veza a la producción ha sido, en general, inferior a la del guisante, lo que sugiere un menor desarrollo relativo de la veza con respecto al tutor. En todo caso, los contenidos en PB fueron superiores al 17%, salvo en Terra de Melide 2009, como consecuencia del bajo contenido en veza. Los altos valores de PB en Terra Chá, A Mariña Oriental y Xallas, a pesar de los bajos porcentajes de veza, se deben a que el triticale se cortó en fase anterior al inicio de espigado, como se comentó para el caso de su asociación con guisante.

La contribución del haboncillo fue de sólo el 2,9% en Terra Chá, como consecuencia del encharcamiento, del 33,4% en A Mariña Oriental y del 23,6% en Terra de Lemos, con un contenido en PB del 12,5%, 17,7% y 9,9%, respectivamente. El relativamente alto contenido en PB de Terra Chá, con respecto a Terra de Lemos, se debe a que tanto el triticale como el haboncillo se cosecharon en estados menos maduros.

La presencia de otras especies fue, en general baja o muy baja, si se exceptúa Xallas 2008, donde alcanzó el 19,4% y 29,4% para mezclas de guisante y veza respectivamente, y Terra de Melide 2009, en donde llegó al 22,6% en la mezcla con veza.

El contenido en PB del raigrás italiano osciló entre el 7,7% en Deza 2009 y 14,1 en Terra Chá 2008, habiendo sido siempre sensiblemente inferior al de cualquier mezcla de triticale con guisante o veza en las localidades donde se cultivó.

Contenido en materia seca

El contenido en materia seca del forraje cosechado, incluido el raigrás italiano, estuvo por debajo del 20% en todos los casos y del 15% en el 50%. Ello sugiere que el forraje debe ser presecado antes de ensilarlo para evitar problemas de fermentación y de pérdidas por efluentes como indican investigaciones recientes (Vicente *et al.*, 2006).

CONCLUSIONES

Con los resultados obtenidos en el año 2007 (Bande-Castro *et al.*, 2008) y los de 2008 y 2009, presentados en este trabajo se puede concluir lo siguiente:

- Los rangos de las producciones totales de las mezclas triticale-guisante, triticale-veza y triticale-haboncillos son similares a los del raigrás italiano, si bien los valores máximos de la mezcla triticale-guisante superan a todos los demás.
- Los contenidos en PB de las mezclas de triticale con guisante o veza son sensiblemente superiores a los de la mezcla con haboncillos y a los del raigrás italiano.
- El porcentaje de veza en la mezcla triticale-veza es, en general, más bajo que el del guisante en la de triticale-guisante, lo que sugiere la conveniencia de modificar la relación de la dosis de semillas sembradas de triticale y veza.
- La mezcla de triticale con haboncillo, sembrada en el otoño, no encaja bien en un sistema de producción de forraje para ensilar entre finales de abril y principios de mayo porque el haboncillo alcanza el estado de vainas llenas, con bajos contenidos en PB. Se sugiere estudiar con más detalle esta mezcla en Galicia para ver sus posibilidades.
- Se puede concluir, en general, que tanto la veza como los guisantes, asociados a triticale, son una buena opción para sustituir al raigrás italiano, como cultivo de invierno, con el objetivo de conseguir un forraje rico en proteína.

AGRADECIMIENTOS

Las actividades han sido financiadas por el Proyecto INIA nº RTA2006-0153-C01 “Leguminosas para Explotaciones Ganaderas Atlánticas”. Los autores agradecen la colaboración de Teresa Santamarina, Santiago Sousa, Fernando Leis, José Manuel Liñares y Román Santalla.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BANDE-CASTRO, M.J.; DÍAZ-DÍAZ, N.; FERNÁNDEZ-PAZ, J.; PIÑEIRO-ANDIÓN, J., 2008. En: *Pastos, clave en la gestión de los territorios: Integrando disciplinas*, P. FERNÁNDEZ REBOLLO *et al.* (Eds.). Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía. Córdoba (España), 183-188.
- JOBIM, C.C.; EMILE, J.C.; LILA, M.; CHABOSSEAU, J.M., 2002. Effect of harvest time on the quality of whole-plant small grains cereals. *Grassland Science in Europe*, **7**, 132-133.
- FLORES, G.; GONZÁLEZ, A.; PIÑEIRO, J.; CASTRO, P.; DÍAZ, A.; 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*, A.B. ROBLES CRUZ *et al.* (Eds.). Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía. Granada (España), 261-267.
- 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. En: *Producciones agroganaderas: Gestión eficiente y conservación del medio natural*, II, B. de la ROZA DELGADO *et al.* (Eds.). Servicio de Investigación y Desarrollo Agroalimentario. Gijón (Asturias), 673-679.
- VICENTE, F.; MARTÍNEZ, A.; DE LA ROZA, A.; SOLDADO, A.; PEDROL, N.; ARGUMENTARIA, A., 2006. Silage quality of faba-been alone with triticale growing organically. I: Effect of wilting. *Grassland Science in Europe*, **11**, 357-359.

FORAGE PEAS, VETCH AND FABA BENS IN GALICIAN DAIRY FARMS

SUMMARY

In order to transfer research findings achieved in recent years to farms, demonstration plots have been sown on autumn 2006-07, 2007-08 and 2008-9, in Galician Dairy Farms (NW Spain), with mixtures of 'triticale-peas'(t-p), 'triticale-vetch'(t-v) and 'triticale-faba beans'(t-f), that would replace 'Italian ryegrass', sown as winter crop in rotation with forage maize, widely used but that shows some management problems. Only 2006-07 and 2007-08 results are presented in this paper, those of 2006-07 were shown on Bande-Castro *et al.* (2008). Yield (Y, t ha⁻¹ DM) and crude protein content (CP, % DM) values varied according with the following intervals: 't-p' (Y: 3.4-9.0; CP: 13.6-19.9), 't-v' (Y: 2.2-7.0; CP: 13.2-18.9), 't-f' (Y: 2.9-6.8; CP: 8.4-17.7), 'Italian ryegrass' (Y: 3.5-6.1; CP: 7.7-14.1). It is concluded that forage peas or vetch, mixed with triticale, are a good option to replace Italian ryegrass as a winter crop, in order to have a protein rich forage.

Key words: Cereal-legume association, intensive rotation, winter crop.

EFFECTO DE LA FECHA DE CORTE DEL MAÍZ FORRAJERO SOBRE EL CONTENIDO EN ALMIDÓN, FIBRA ÁCIDO DETERGENTE Y FIBRA NEUTRO DETERGENTE

M.J. BANDE-CASTRO^{1,2}, J. FERNÁNDEZ-PAZ¹ Y J. PIÑEIRO-ANDIÓN^{1,2}

¹Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo (CIAM), Instituto Gallego de Calidad Alimentaria (INGACAL). Apartado 10. E-15080 A Coruña (España). ²Departamento de Producción Vegetal. Universidad de Santiago de Compostela. Campus Universitario s/n. E-27002 Lugo (España).

RESUMEN

Este trabajo complementa los presentados en las tres últimas Reuniones Científicas de la SEEP, en las que se presentaron datos parciales sobre el desarrollo de una nueva metodología que permita la recogida de todas las variedades de maíz forrajero evaluadas en un año determinado en una o dos fechas solamente, con el objetivo de simplificar el método utilizado en la actualidad, que obliga a cosechar cada variedad en el momento en que la 'línea de leche' está a 1/3-1/2 del ápice del grano. En esta comunicación se presentan los resultados sobre la evolución del contenido en almidón, fibra ácido detergente y fibra neutro detergente en los años 2006 y 2007 en un intervalo de 60 días, que incluye el momento óptimo de cosecha para ensilar de la variedad Conca. El buen grado de ajuste de curvas de segundo grado a los distintos datos medidos en este intervalo permite concluir que es posible establecer ecuaciones para corregir, con buen grado de precisión, los valores conseguidos en un momento de corte distinto de la fecha óptima para estimar los que la variedad tendría en el supuesto de que se hubiese cortado en el estado óptimo para ensilar. Como consecuencia, parece posible simplificar el método de evaluación actual, limitando a una o dos las fechas de corte de todas las variedades en lugar de las siete a diez actuales.

Palabras clave: Metodología de evaluación, *Zea mays* L.

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 comerciales introducidas o con perspectivas de introducirse en el mercado gallego. La red consta de cuatro ensayos localizados en: 1) Ribadeo (Lugo), 2) Sarria (Lugo), 3) Silleda (Pontevedra) y 4) Mesía (A Coruña). La metodología de evaluación que se utiliza consiste en que cada variedad se cosecha cuando la 'línea de leche del grano está a 1/3-1/2 del ápice', que coincide con el rango de contenido en materia seca de la planta entera entre 30 y 35%, obligando a una recogida escalonada de las distintas variedades, lo que supone una alta demanda en mano de obra por tener que desplazarse a los campos dos-tres veces por semana durante seis semanas para cubrir la gama de precocidades de cada uno de los ensayos.

En el año 2006 se inició un programa experimental para poner a punto una metodología que permitiera simplificar el método de evaluación y reducir las fechas de corte a un máximo de dos en cada localidad; con ello se pretendía conseguir ecuaciones de los distintos parámetros de producción y calidad en función del tiempo, en el entorno del momento óptimo de cosecha, que permitieran corregir los valores obtenidos en el momento del corte, por estimación de los que se alcanzarían en el momento óptimo (Caruncho *et al.*, 2007). Dicho ensayo también se repitió en 2007 (Sousa-Martínez *et al.*, 2008) y 2008 (Bande *et al.*, 2009). En 2008 se concluyó que no se podían usar los datos para la elaboración

de las ecuaciones porque la mayoría estaban fuera del rango de contenido de materia seca entre 30 y 35%, considerado el intervalo óptimo de recolección del maíz forrajero para ensilar. Por esta razón, en este trabajo se presentan solamente los resultados obtenidos durante los años 2006 y 2007 sobre la evolución de los contenidos en almidón, fibra ácido detergente y fibra neutro detergente.

MATERIAL 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, fértil, desarrollado sobre esquistos de Ordes. Los resultados del análisis de suelo mostraron necesidad de encalado que se realizó en la fase de preparación del suelo (3000 kg ha⁻¹ de caliza molida el primer año y 1000 kg ha⁻¹ de caliza molida el segundo año). Anualmente se abonó con 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅, 250 kg ha⁻¹ de K₂O y 150 kg ha⁻¹ de N antes de la siembra. 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 y 3,75 L ha⁻¹ de un herbicida comercial con una riqueza (peso/volumen) del 45 % en acetocloro y del 21,4 % en terbutilazina.

El diseño experimental fue de parcelas divididas con 3 repeticiones, con un total de 7 tratamientos (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. Se efectuó un aclareo cuando las plantas tenían 4-5 hojas para dejar una densidad final de 90 000 plantas ha⁻¹. La recolección de la variedad se escalonó en siete fechas distintas, la primera de ellas se realizó 25 días después de haberse producido la floración femenina (Tabla 1), con intervalos previstos de 10 días entre fechas consecutivas (Tabla 2).

Tabla 1. Fechas de siembra de la variedad ‘Conca’ en 2006 y 2007 y días transcurridos entre siembra (S) y floración femenina (FF).

	Fecha siembra	Fecha FF	Días S-FF
2006	16-mayo-06	25-julio-06	70
2007	22-mayo-07	16-agosto-07	86

Tabla 2. Fechas de recolección escalonada de ‘Conca’ en 2006 y 2007.

Año	1	2	3	4	5	6	7
2006	21/08	30/08	08/09	19/09	29/09	09/10	19/10
2007	10/09	20/09	01/10	10/10	19/10	30/10	09/11

La producción se midió mediante el corte de 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 en fresco por separado en dos fracciones 1) paja, que comprende 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 “Unit-herm” durante 18 h a 80 °C.

Posteriormente, se molieron en molino “Christy and Norris” con tamiz de 1 mm. Los parámetros nutritivos (almidón (ALM), fibra ácido detergente (FAD) y fibra neutro detergente (FND)), expresados en porcentaje sobre materia seca, de las fracciones mazorca y paja se determinaron por NIRS en un espectrofotómetro NIRSystem 6500 de acuerdo con las ecuaciones desarrolladas en el CIAM para mazorca y paja. Finalmente se refirieron estos valores a planta entera.

Los datos meteorológicos que se utilizaron para la discusión de los resultados se obtuvieron de la estación meteorológica de Olas-Mesía (A Coruña), la más próxima al lugar donde se planteó el ensayo, que pertenece a la red de estaciones meteorológicas automáticas de Galicia y cuyos datos están disponibles a través de la página web de MeteoGalicia.

Se realizaron ajustes cuadráticos de los contenidos de los diferentes parámetros nutritivos obtenidos en los siete cortes, en función de los días transcurridos desde la siembra en los dos años. El análisis estadístico se realizó mediante ANOVA, utilizando el procedimiento PROC GLM del paquete estadístico SAS v.8a (SAS Institute, 2000).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las temperaturas y precipitaciones medias mensuales durante el período de cultivo del maíz han sido muy diferentes entre años (Tabla 3), lo que ha dado lugar a grandes diferencias entre el número de días para alcanzar la floración femenina (Tabla 1), y consiguiente maduración entre años. La precipitación total en la temporada (Mayo a Noviembre) fue de 816 y 366 mm en 2006 y 2007, respectivamente, y la temperatura media del aire en el período Mayo-Noviembre fue de 15,3 y 13,4 °C para 2006 y 2007, respectivamente.

Tabla 3. Temperatura media mensual (°C) y lluvia mensual (mm) durante el período de cultivo del maíz en 2006 y 2007.

	Año	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre
Temperatura	2006	12,7	16,3	18,4	18,1	16,2	14,3	11,3
	2007	11,5	14,0	15,6	16,0	15,4	12,6	8,6
Lluvia	2006	32,5	38,9	6,6	0,8	102,4	331,2	303,6
	2007	101,0	79,6	48,4	58,2	19,0	7,8	52,0

Se muestran los resultados para el contenido (%) en almidón (Figura 1), fibra ácido detergente (Figura 2) y fibra neutro detergente (Figura 3) de la planta entera en el año 2006 y 2007 de la variedad ‘Conca’.

Evolución del contenido en almidón

El modelo se ajustó bien, con un R² de 0,98 en 2006 y 0,97 en 2007 (Figura 1) y un error estándar de la estima (S_{y/x}) de 1,92 y 1,76, respectivamente. La dispersión de los datos puede verse en la Tabla 4, donde se muestra el error estándar de la media muestral (e.e.m.) para cada fecha de corte.

Las curvas de regresión ajustadas en función de los días en 2006 y 2007 son paralelas como prueba el hecho de que el test de homogeneidad de los coeficientes de los parámetros d y d² resulten no significativos [(t=0,34; p<0,001) y (t=0,66; p<0,001), respectivamente]. Esto significa que la variación del almidón (ALM) en función del tiempo es muy similar, a pesar de haber sido dos años climáticamente muy distintos, mostrando un comportamiento relativo similar a la variación de la Materia Orgánica Digestible en la parte ascendente de las curvas (Sousa *et al.*, 2008).

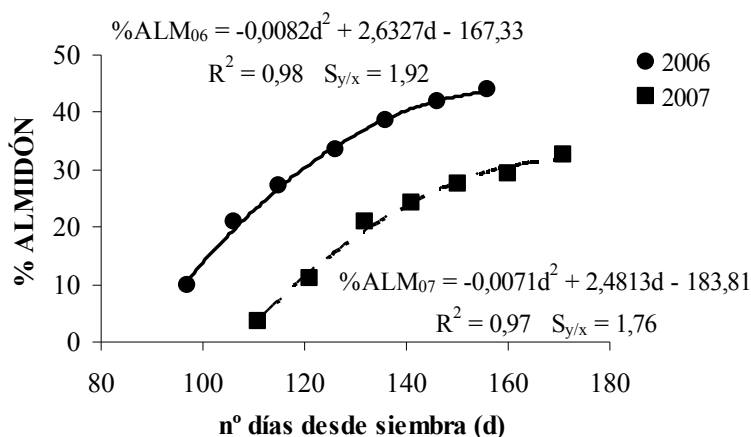


Figura 1. Evolución del contenido en almidón en 2006 (%ALM₀₆) y 2007 (%ALM₀₇) en función de los días transcurridos desde la siembra (d).

Evolución de la fibra ácido detergente

La variación del contenido en fibra ácido detergente (FAD) se ajustó bastante bien a las ecuaciones de segundo grado en los años 2006 ($R^2 = 0,91$) y 2007 ($R^2 = 0,81$) (Figura 2) y el error estándar de la estima fue de 1,12 y 1,43, respectivamente, viéndose el grado de variabilidad de los datos en la Tabla 4.

Tabla 4. Error estándar de la media muestral (e.e.m.) en 2006 y 2007 de cada fecha de corte para el almidón (ALM), la fibra ácido detergente (FAD) y la fibra neutro detergente (FND).

		1	2	3	4	5	6	7
ALM	2006	1,13	0,80	2,20	0,44	0,92	1,03	0,58
	2007	0,41	0,35	1,82	0,46	1,30	0,70	0,71
FAD	2006	0,90	0,80	0,83	0,41	0,61	0,15	0,56
	2007	0,13	0,54	0,89	0,11	1,37	0,84	0,79
FND	2006	0,71	1,19	1,51	0,54	1,27	0,32	0,51
	2007	0,16	0,63	1,12	0,19	1,52	0,97	1,00

n=3

La concentración de FAD varió durante el período estudiado desde un valor máximo de 31% (fecha 1 en 2007) y un valor mínimo de 20% (fecha 7 en 2006). Se observa un paralelismo entre las parábolas de los años 2006 y 2007, como ocurría con la variación del contenido en almidón, ya que la diferencia entre los coeficientes lineales y cuadráticos de los parámetros de las variables ajustadas no es significativa [(t=0,56; p<0,001) y (t=1,73; p<0,001), respectivamente]. Los niveles de fibra descendieron a medida que avanzó la maduración de la planta, lo que se corresponde con lo observado por Wiersma *et al.* (1993).

Evolución de la fibra neutro detergente

Los coeficientes de determinación (R^2) de las ecuaciones de segundo grado ajustadas a los datos de la fibra neutro detergente (FND), con respecto a los días transcurridos desde la siembra, son buenos, de 0,93 en 2006 y 0,91 en 2007 (Figura 3), siendo el error estándar de la estima de 1,69 y 1,67 respectivamente y la dispersión de los datos la que se muestra en la Tabla 4.

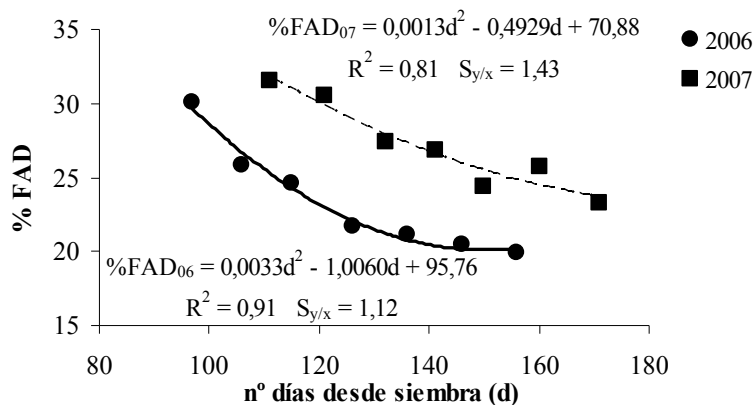


Figura 2. Evolución de la fibra ácido detergente en 2006 (%FAD₀₆) y 2007 (%FAD₀₇) en función de los días transcurridos desde la siembra (d).

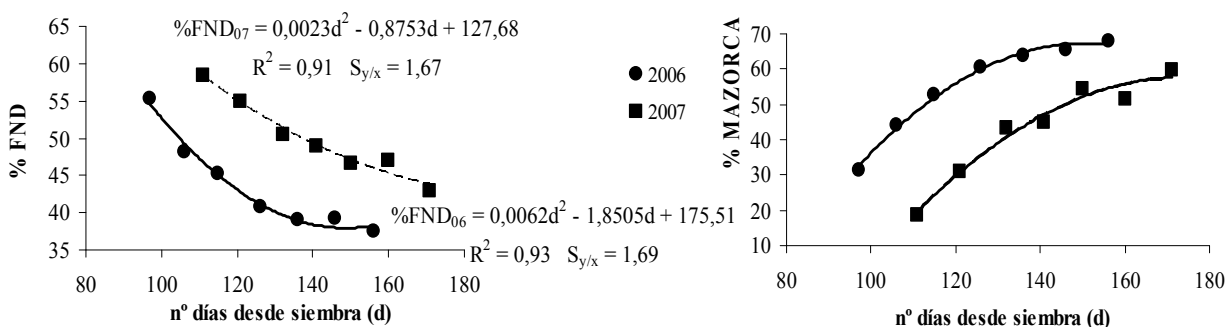


Figura 3. Evolución de la fibra neutro detergente en 2006 (%FND₀₆) y 2007 (%FND₀₇) y del porcentaje de mazorca, con respecto a la planta entera, en función de los días transcurridos desde la siembra (d).

Como en el caso de la FAD, se observa una rápida disminución del contenido en FND en las primeras fechas de muestreo con una tendencia a estabilizarse en las tres últimas fechas, llegando a mostrar un mínimo a los 149 días después de la siembra en el año 2006 lo que coincide con lo señalado por Darby *et al.* (2002).

La disminución de la concentración de fibra con la madurez se atribuye al efecto de dilución creado por el aumento del porcentaje de mazorca, con respecto a la planta entera (Figura 3), a medida que avanza el estado de maduración de la planta, que muestra una tendencia similar a la señalada por Darby *et al.* (2002) para el aumento del contenido en grano,

CONCLUSIONES

Con los datos presentados, se puede concluir que:

1. Es posible corregir con bastante precisión los contenidos en almidón, fibra ácido detergente y fibra neutro detergente obtenidos en el momento de corte para llevarlos al valor que tendrían en el momento óptimo previsto para el corte de silo, al igual que se concluyó sobre la producción de materia orgánica digestible (Caruncho *et al.*, 2007).
2. A pesar de que 2007 fue un año climáticamente muy distinto de 2006, se ha observado un paralelismo entre las ecuaciones ajustadas para ambos años, lo que permite prever una buena integración entre ellos y otros que puedan obtenerse en trabajos futuros, como se con-

cluyó también para la producción de materia orgánica digestible (Sousa-Martínez *et al.*, 2008).

AGRADECIMIENTOS

Las actividades han sido financiadas por el proyecto nº PGIDIT06RAG50401PR del Plan Gallego de Investigación Desarrollo e Innovación Tecnológica. Se agradece, asimismo, la ayuda de D. Benigno Tubío y del personal de campo y laboratorio del CIAM.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BANDE, M.J.; FERNÁNDEZ-PAZ, J.; PIÑEIRO, J. 2009. Tercer año de estudio de una nueva metodología para la evaluación de variedades de maíz forrajero. En: *La multifuncionalidad de los pastos: producción ganadera sostenible y gestión de los ecosistemas*, R. REINÉ *et al.* (Eds.). Gráficas Alós. Huesca (España), 375-381.

CARUNCHO-PICOS, L.; BANDE-CASTRO, M.J.; FERNÁNDEZ-PAZ, J.; PIÑEIRO-ANDIÓN, J., 2007. Producción y calidad del maíz forrajero en el entorno del momento del ensilado. En: *Los sistemas forrajeros: entre la producción y el paisaje*, M. PINTO *et al.* (Eds.). NEIKER. Vitoria-Gasteiz (España), 181-187.

DARBY, H.M.; LAUER, J.G., 2002. Harvest date and hybrid influence on corn forage yield, quality, and preservation. *Agronomy Journal*, **94**, 559-566.

SOUSA-MARTINEZ, M.J.; CARUNCHO-PICOS, L.; BANDE-CASTRO, M.J.; FERNÁNDEZ-PAZ, J. y PIÑEIRO-ANDIÓN, J. 2008. Hacia una nueva metodología para la evaluación de variedades de maíz forrajero. En: *Pastos, clave en la gestión de los territorios: Integrando disciplinas*. Ed. Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía. Córdoba (España), 239-245.

SAS INSTITUTE, 2000. *SAS/Stat User's Guide*, v.8.1, SAS Institute Inc., Cary, NC (EEUU).

WIERSMA, D.W.; CARTER, P.R.; ALBRECHT, K.A.; COORS, J.G., 1993. Kernel milkline stage and corn forage yield, quality and dry matter content. *Journal of production agriculture*, **6**, **1**, 23-24 y 94-99.

EFFECT OF FORAGE MAIZE HARVESTING DATE ON STARCH, ACID DETERGENT FIBER AND NEUTRAL DETERGENT FIBER CONTENT

SUMMARY

This paper complements those published in the three last SEEP Scientific Meetings about the development of a new methodology in order to harvest all the varieties, tested in a given year, in one or two dates and simplify the method used at present, which implies to harvest each variety when milkline is at 1/3-1/2 from the grain apices. The paper shows the results on starch, acid detergent fibre and neutral detergent fibre evolution on years 2006 and 2007 in a 60 days interval, which includes the optimum data to harvest for silage. The good level of adjustment of the second degree curves fitted allows concluding that it is possible to establish equations to correct, with good precision, the figures measured in a date different from the optimum stage and estimate those given by the variety on the optimum stage for ensiling. Consequently, it looks possible to simplify the method used at present, limiting harvesting of all the varieties to one or two cutting dates instead of the present seven to ten dates.

Key words: methodology of evaluation, *Zea mays* L.

ANÁLISIS DE MACRONUTRIENTES EN MUESTRAS DE PRADERA MEDIANTE ESPECTROSCOPÍA NIR

P. CASTRO¹, D. BAEZ¹ Y A. I. ROCA²

¹Departamento de Pastos y Cultivos. Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo (CIAM).

²Departamento de Producción Animal. Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo (CIAM).

Apartado 10, 15080 La Coruña

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo es la obtención de ecuaciones de calibración NIRS para la determinación de P, Ca, Mg y K en muestras de pradera. Aunque los minerales no absorben energía en la región del infrarrojo próximo, algunos de los minerales en forrajes pueden ser estimados de forma indirecta a través de su asociación con moléculas orgánicas. Las mejores ecuaciones de regresión MPLS fueron las obtenidas utilizando la segunda derivada del espectro. Los valores del error de predicción (SEP) en validación externa fueron 0,46, 1,35, 0,20 y 2,98 para las determinaciones de P, Ca, Mg y K, respectivamente. Atendiendo a los valores de RPD (relación entre la desviación típica de los datos de referencia y el error de predicción) se puede obtener una buena predicción cuantitativa del Ca (RPD= 2,27) y aproximada de P, Mg y K (RPD= 1,79, 1,66 y 1,95, respectivamente). No obstante, estos datos son susceptibles de mejora mediante el incremento del número de muestras en el grupo de calibración.

Palabras clave: minerales, pradera, NIRS

INTRODUCCIÓN

La espectroscopía NIRS es una técnica analítica empírica que ha sido aplicada por este grupo de investigación para la determinación de parámetros nutritivos en varios forrajes, tales como praderas (Castro *et al.*, 2005a), maíz forrajero (Campo *et al.*, 2007), ensilados (Castro *et al.*, 2005b) y otros. La capacidad de NIRS para predecir el valor nutritivo y otras sustancias orgánicas se basa en las variaciones de energía debidas a vibraciones de los enlaces de hidrógeno y aunque los minerales no absorben energía en la región del infrarrojo algunos de los minerales en forrajes pueden ser estimados, de forma indirecta, a través de su asociación con moléculas orgánicas. Varios autores (Clark *et al.*, 1987; Vázquez de Aldana *et al.*, 1995; Halgerson *et al.* 2004; Petisco *et al.*, 2008 y Tremblay *et al.*, 2009) han desarrollado ecuaciones de calibración NIRS para la determinación de macro y micronutrientes en distintas especies forrajeras.

El objetivo del presente trabajo es el desarrollo de ecuaciones de calibración NIRS para la determinación de fósforo (P), calcio (Ca), magnesio (Mg) y potasio (K) además de la materia orgánica (MO) y proteína bruta (PB) en muestras de pradera.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se dispone de 220 muestras de praderas, sembradas con raigrás inglés (*Lolium perenne* L.) e italiano (*Lolium multiflorum* Lam.) y trébol blanco (*Trifolium repens* L.) y violeta (*Trifolium pratense* L.), procedentes de sistemas de producción lechera (150 muestras) y de ensayos de fertilización de suelos (70 muestras) analizadas por métodos convencionales para la determinación de MO, PB (Castro, 1994), P (AOAC, 1995), Ca, Mg y K (espectrofotometría de absorción atómica). Todas las determinaciones se realizaron en una disolución microKjeldahl excepto MO (analizador termogravimétrico

TGA-601, LECO Corporation, St. Joseph, MI 49085-2396). En la tabla 1, se resumen los resultados obtenidos para cada uno de estos componentes.

La obtención y registro de los espectros se realizó sobre muestra seca y molida y en duplicado, utilizando un espectrofotómetro NIRSystems 6500 (FOSS Analytical AS, Dinamarca). Se realizó una selección al azar de 40 muestras para validación y posteriormente se seleccionaron las muestras más representativas para calibración mediante un análisis discriminante basado en distancias de Mahalanobis (H), determinadas por análisis de componentes principales (PCA). Las muestras no seleccionadas para calibración se añadieron a las seleccionadas al azar para validación.

Tabla 1. Resultados obtenidos por análisis convencional

Componente	CALIBRACION					VALIDACION				
	N	Mínimo	Máximo	Media	SD	N	Mínimo	Máximo	Media	SD
MO ¹	105	82,46	95,09	89,98	2,32	114	85,35	94,58	90,27	1,89
PB ¹	105	4,64	26,82	14,12	4,40	109	5,02	24,05	13,89	4,13
P ²	105	1,40	5,07	3,47	0,81	106	1,46	5,33	3,54	0,84
Ca ²	105	2,30	28,67	7,07	4,95	98	3,33	18,96	6,14	3,07
Mg ²	98	0,86	3,20	1,62	0,39	101	0,94	2,52	1,61	0,33
K ²	98	13,75	51,79	31,51	8,14	95	16,41	52,75	32,55	6,22

¹g/ 100 g MS ²g/kg MS

Las ecuaciones de calibración se obtuvieron mediante regresión MPLS (mínimos cuadrados parciales) entre los datos espectrales y los resultados del análisis convencional utilizando la región del espectro comprendida entre 1100 y 2500 nm previa corrección de los efectos de dispersión de la luz mediante el tratamiento SNV (Standard normal variate) y de-trend, descrito por Barnes *et al.* (1993). Todas las operaciones de obtención, registro y selección de espectros y obtención y validación de ecuaciones de calibración NIRS se realizaron mediante el programa WinISI II, 1.5 (InfraSoft International, PA16870, USA).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se obtuvieron seis ecuaciones de calibración para cada componente tres de ellas a partir de la 1ª derivada del espectro, incluyendo todas las muestras, restando peso a los *outliers* y con un paso de eliminación de *outliers*, y otras tres a partir de la 2ª derivada y los mismos tratamientos de los *outliers*. Se seleccionaron las mejores ecuaciones atendiendo al menor error típico de validación cruzada (SECV) y de predicción en la validación externa (SEP) así como al valor más alto de los coeficientes de determinación, R^2_{cv} y R^2_p , de validación cruzada y predicción, respectivamente. Las ecuaciones obtenidas a partir de la segunda derivada del espectro fueron más precisas que las obtenidas a partir de la primera derivada. Los valores de SECV y SEP fueron más bajos cuando se realizó un paso de eliminación de *outliers*, como cabía esperar, excepto para las determinaciones de MO y K en que los valores de SEP fueron más bajos cuando se utilizaron todas las muestras de calibración.

En las tablas 2 y 3 se resumen los resultados NIRS de validación cruzada y de predicción obtenidos con las ecuaciones NIRS seleccionadas y los estadísticos de las mencionadas ecuaciones y en la figura 1 se muestran las rectas de regresión entre los resultados NIRS y los datos de referencia en las determinaciones de P, Ca, Mg y K para el grupo de validación.

Tabla 2. Resultados obtenidos por análisis NIRS

Componente	VALIDACION CRUZADA					VALIDACION				
	N	Mínimo	Máximo	Media	SD	N	Mínimo	Máximo	Media	SD
MO ¹	105	83,49	95,45	89,99	2,30	114	85,66	95,41	90,18	1,96
PB ¹	104	4,97	27,05	14,15	4,39	109	4,57	23,06	13,84	4,01
P ²	104	1,11	5,20	3,48	0,69	106	1,10	4,66	3,49	0,66
Ca ²	104	0,12	21,86	6,89	4,22	98	2,43	19,99	6,25	3,35
Mg ²	97	0,96	2,67	1,62	0,33	101	1,11	2,54	1,62	0,32
K ²	98	12,24	53,10	31,45	7,62	95	18,12	50,08	32,23	5,37

¹g/ 100 g MS ²g/kg MS

Según Saeys *et al.* (2004) para valores de RPD (SD/SECV ó SD/SEP) menores que 1,5 el incremento en la precisión es mínimo comparado con la utilización de la media de los resultados y la calibración no sería útil. Si están comprendidos entre 1,5 y 1,75 sólo existe la posibilidad de distinguir entre valores altos y bajos, entre 1,75 y 2,0 pueden hacerse predicciones cuantitativas aproximadas. La predicción cuantitativa que puede realizarse cuando RPD está comprendida entre 2,0 y 3,0 es buena, porque el error de predicción es reducido a menos de la mitad del error cometido cuando utilizamos el valor medio de la composición, y por encima de 3,0 el error de predicción es reducido por un factor mayor que tres y las calibraciones son excelentes. Atendiendo a este criterio, solamente las determinaciones de MO y PB son excelentes, tanto en validación cruzada (RPD = 3,08 y 5,02 para MO y PB, respectivamente) como en validación externa (RPD= 3,20 y 5,17), y semejantes a las obtenidas anteriormente (Castro *et al.*, 2005) para muestras de pradera.

Tabla 3. Ecuaciones NIRS para el análisis de macronutrientes en praderas

Componente	CALIBRACION						VALIDACION			
	N	SEC	R ² _C	SECV	R ² _{CV}	SD/SECV	N	SEP	R ² _p	SD/SEP
MO	105	0,35	0,98	0,75	0,90	3,08	114	0,59	0,91	3,20
PB	104	0,63	0,98	0,88	0,96	5,02	109	0,80	0,96	5,17
P	104	0,43	0,72	0,51	0,61	1,59	106	0,46	0,70	1,79
Ca	104	1,44	0,90	2,50	0,69	1,80	98	1,35	0,84	2,27
Mg	97	0,19	0,76	0,26	0,58	1,53	101	0,20	0,60	1,66
K	98	3,46	0,82	4,37	0,71	1,86	95	2,98	0,74	1,95

N= nº de muestras; SEC, SECV y SEP= error típico de calibración, validación cruzada y predicción;

R²_C, R²_{CV} y R²_p= coeficientes de determinación de calibración, validación cruzada y predicción

Todos los valores de RPD para la determinación de los elementos minerales están comprendidos entre 1,5 y 2,5 permitiendo una buena predicción cuantitativa de Ca (RPD= 2,27 en validación) y aproximada de P, Mg y K (RPD= 1,79, 1,66 y 1,95, respectivamente).

Los valores más bajos de SECV y SEP fueron los obtenidos para el Mg, 0,26 y 0,20, respectivamente, mientras que los más altos fueron los obtenidos para el K, 4,37 y 2,98. Los valores de SECV y SEP fueron 0,51, 0,46 y 2,50, 1,35 para el P y el Ca, respectivamente. En general, los datos encontrados en la bibliografía consultada fueron mejores que los obtenidos en este trabajo, sobre todo los obtenidos por Tremblay *et al.* (2009), pero las muestras utilizadas por estos autores procedían de un cultivo monofito (*Phleum pratense L.*) frente a la variabilidad en composición botánica de las muestras que nos ocupan. Sin embargo, Vázquez de Aldana *et al.* (1995), utilizando muestras de pastos

naturales, obtuvieron valores de SEP similares a los encontrados en este trabajo para Ca y Mg (0,83 y 0,15, respectivamente) y más bajos para P y K.

CONCLUSIONES

Las ecuaciones de calibración NIRS obtenidas permiten una buena predicción cuantitativa del Ca (RPD= 2,27) y aproximada de P, Mg y K (RPD= 1,79, 1,66 y 1,95, respectivamente). Estos resultados se pueden mejorar añadiendo muestras al grupo de calibración para mejorar la distribución estadística de los datos de referencia y, por otra parte, revisando los métodos de referencia utilizados.

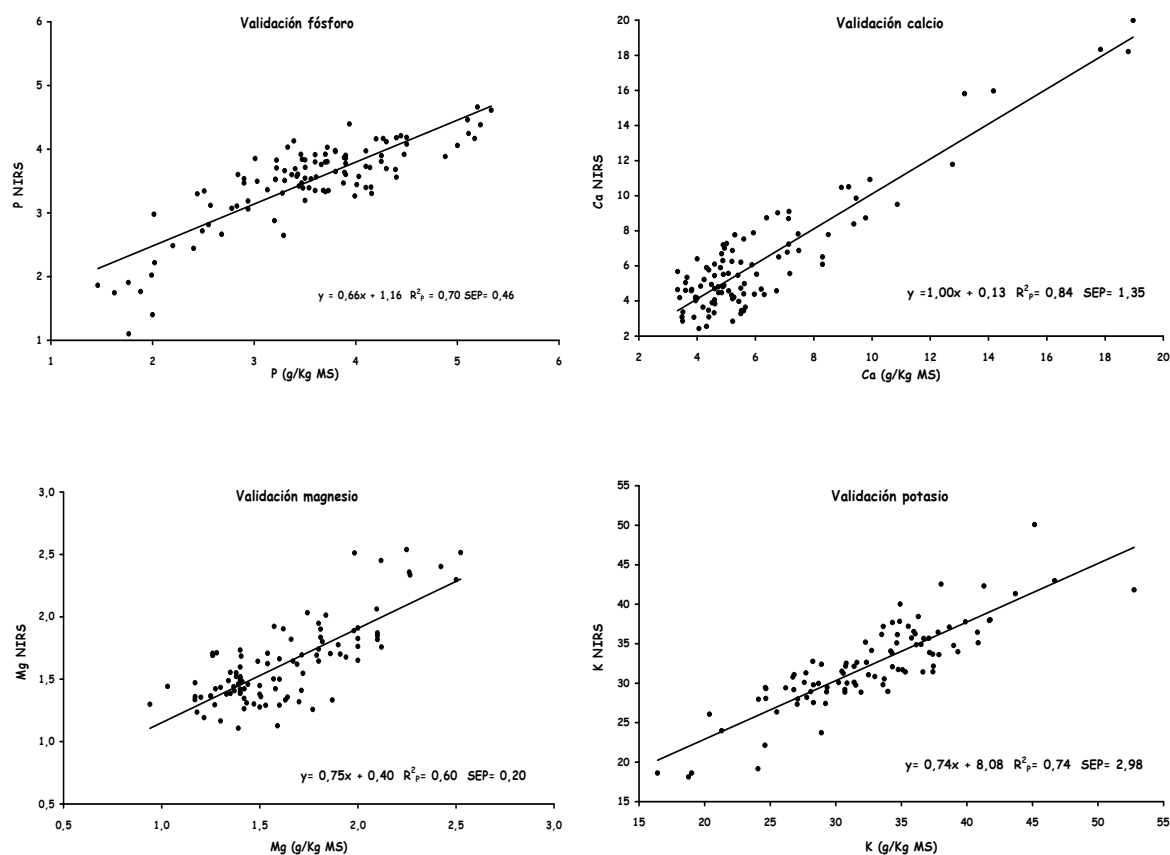


Figura 1. Regresión entre resultados NIRS de validación y datos de laboratorio para P, Ca, Mg y K

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AOAC, 1995. Phosphorus in water. Photometric method. En: *Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists Internacional*, 16 th Edition, Cunnif, P. (Ed), Ass. Offic. Anl. Chem. Intern., Arlington, VA. Cahpt. **11**, 20-21.

BARNES, R. J.; DANHOA, M. S.; LISTER, S. J., 1993. Correction to the description of Standard Normal Variate (SNV) and De-trend (DT) transformations in practical spectroscopy with applications in food and average análisis. *J. of Near Infrared Spec.* **1(3)**, 185-186.

CAMPO RAMIREZ, L.; CASTRO GARCIA P.; MORENO-GONZALEZ, J., 2007. Calibración NIRS para estimar la digestibilidad de la materia orgánica de la planta entera de maíz en híbridos seleccio-

nados para forraje. En: *Los sistemas forrajeros: entre la producción y el paisaje*. Actas de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos (SEEP) Vitoria-Gasteiz, 461-467.

CASTRO, P., 1994. Espectroscopía de reflectancia en el infrarrojo próximo (NIRS) y evaluación nutritiva de pastos. *Tesis doctorales en microfichas*, **408**, Servicio de Publicaciones de la Universidad de Santiago, pp. 121.

CASTRO, P.; FERNANDEZ-LORENZO, B.; VALLADARES, J. 2005a. Análisis de pastos mediante NIRS. En: *Producciones Agroganaderas: Gestión eficiente y conservación del medio natural*. K. OSORO *et al.* (Eds.). AsturGraf, S.L. Gijón (España), 73-80.

CASTRO, P.; FLORES, G.; GONZALEZ-ARRAEZ, A.; CASTRO, J.; FERNANDEZ-LORENZO, B., 2005b. Nutritive quality of silages by conventional laboratory methods and near infrared reflectance spectroscopy. En: *Proc. Of the XXth Internacional Grassland Congress*. F.P. O'Mara *et al.* (Eds.) Wageningen Academic Publishers, The Netherlands, 261.

CLARK, H. D.; MAYLAND, H. F.; LAMB, R. C., 1987. Mineral Análisis of Forages with Near Infrared Reflectance Spectroscopy. *Agrom. J.*, **79**, 485-490.

HALGERSON, J. L.; SHEAFFER, C. C.; MARTIN, N. P.; PETRESON, P. R.; WESTON, S. J., 2004. Near-Infrared Reflectance Spectroscopy Prediction of Leaf and Mineral Concentrations in Alfalfa. *Agrom. J.*, **96**, 344-351.

PETISCO, C.; GARCIA-CRIADO, B.; VAZQUEZ DE ALDANA, B. R.; GARCIA-CIUDAD, A.; MEDIAVILLA S., 2008. Ash and Mineral Contents in Leaves of Woody Species: Analysis by Near-Infrared Reflectance Spectroscopy. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, **39**, 905-925.

SAEYS, W.; DARIUS, P.; RAMON, H., 2004. Potential for on-site analysis of hog manure using a visual and near infrared diode array reflectance spectrometer. *J. Near Infrared Spectrosc.*, **12**, 299-309.

TREMBLAY, G. F.; NIE, Z.; BELANGER, G.; PELLETIER, S.; ALLARD, G., 2009. Predicting timothy mineral concentrations, dietary cation-anion difference, and grass tetany index by near-infrared reflectance spectroscopy. *J. Dairy Sci.*, **82**, 4499-4506.

VAZQUEZ DE ALDANA, B.R.; GARCIA-CRIADO, B.; GARCIA-CIUDAD, A. y PEREZ CORONA, M.E., 1995. Estimation of mineral content in natural grasslands by near infrared reflectance spectroscopy. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, **26**, 1383-1396.

ANALYSIS OF MACRONUTRIENTS IN MIXED SWARDS SAMPLES BY NIR SPECTROSCOPY

SUMMARY

The aim of this work was to develop NIRS calibration equations to determine P, Ca, Mg and K in mixed swards samples. Although minerals do not absorb energy in the near infrared spectrum, some of the inorganic minerals in forage can be predicted by NIRS through the association with organic molecules. The best equations of MPLS regression were obtained by using the second derivative of spectra. Standard error values of prediction (SEP) in external validation were 0.46, 1.35, 0.20 and 2.98 for P, Ca, Mg and K, respectively. Taking into account RPD values (standard deviation of reference data and SEP ratio) a good quantitative prediction of Ca (RPD= 2.27) and approximately of P,

Mg, and K (RPD= 1.79, 1.66 and 1.95, respectively) can be achieved. Nevertheless, these results might be improved by adding samples to the calibration set.

Key words: minerals, mixed swards. NIRS

EL BALANCE DE FÓSFORO EN PRADOS DE MONTAÑA Y SU RELACIÓN CON PARÁMETROS DE DIVERSIDAD Y COMPOSICIÓN BOTÁNICA

R. GARCÍA, C. VALDÉS, R. PELÁEZ Y A. CALLEJA.

Instituto de Ganadería de Montaña (CSIC-Universidad de León).

Departamento de Producción Animal. Universidad de León. E-24071. León.

RESUMEN

Se calculó el balance del fósforo en cada una de las 64 parcelas de un prado de la Montaña de León clasificado, fitosociológicamente, como del Orden *Arrhenatheretalia*. Cada parcela recibió desde 1978 uno de los posibles tratamientos resultantes de combinar tres fertilizantes (N-P-K) dosificados a cuatro niveles de aplicación que, en el caso del fósforo, oscilaron entre 0 y 240 kg P₂O₅ ha⁻¹ año⁻¹. El balance se calculó sustrayendo el extraído por el forraje al existente en el suelo más el aportado en la fertilización y se estudió su relación con distintos parámetros de diversidad así como con la producción de las familias más abundantes y de las especies presentes en el forraje. El número de especies se correlacionó negativamente con el balance de fósforo mientras que ningún otro parámetro indicador de diversidad mostró una correlación significativa. La producción de leguminosas no se vio afectada por el balance mientras que las gramíneas y “otras plantas” aumentaron con el mismo y en el caso de estas últimas preferentemente con los niveles altos y muy altos. Las especies *T. officinale*, *L. perenne*, *R. crispus*, *R. acetosa*, *P. trivialis* y *C. fontanum* aumentan con el balance y por el contrario descienden *P. lanceolata*, *R. acris*, *A. odoratum*, *C. cristatus*, *T. pratense*, *B. perennis* y *C. nigra*.

Palabras clave: fertilización fosfórica, grupos de plantas, especies.

INTRODUCCIÓN

A lo largo de diversas experiencias llevadas a cabo en la Montaña de León se ha observado que el fósforo ha sido el elemento fertilizante que más positivamente ha influido sobre la composición botánica de los prados de la Montaña de León (Orden *Arrhenatheretalia*), ya que permite obtener un forraje con un adecuado equilibrio entre gramíneas, leguminosas y otras familias botánicas (García *et al.*, 2004). Sin embargo, la aplicación reiterada de dicho fertilizante a lo largo de los años ha mostrado efectos negativos sobre determinados grupos botánicos. Así, en trabajos anteriores se ha descrito la respuesta desigual a la fertilización fosfatada de los tréboles blanco y violeta (García *et al.*, 2005, 2006, 2007), de determinadas gramíneas y de “otras plantas” (García *et al.*, 2009).

Con estos antecedentes, el objetivo de este trabajo es estudiar la respuesta de las distintas especies y grupos botánicos al balance de fósforo.

MATERIAL Y MÉTODOS

Este estudio forma parte de un ensayo de fertilización llevado a cabo, ininterrumpidamente, desde el año 1978 en un prado de regadío de 3600 m², situado en la localidad de Las Salas (1 010 m de altitud), en la comarca de Riaño (León), y clasificado, desde el punto de vista fitosociológico, dentro del Orden *Arrhenatheretalia*. En su momento, el prado se dividió en 64 parcelas y se asignó al azar un tratamiento a cada parcela. El ensayo se ajustó a un diseño factorial 4³, que combina tres fertilizantes (N-P-K) con cuatro niveles de aplicación (kg ha⁻¹ año⁻¹): N (0, 60, 120, y 180), P₂O₅ (0, 80, 160 y 240) y K₂O (0, 60, 120 y 180). Los últimos 18 años el prado estuvo sometido a tres cortes anuales para heno

en los meses de junio, julio y septiembre. Los datos empleados en este trabajo corresponden al estudio realizado en el año 2005.

Antes de abonar se tomaron, en cada parcela, cinco muestras de suelo a 20 cm de profundidad, en las que se determinó el fósforo asimilable (Olsen *et al.*, 1954) y los datos obtenidos se expresaron en kg ha⁻¹ de P₂O₅.

En cada corte se pesó la hierba segada en cada parcela para determinar la producción de forraje y se tomaron muestras del material vegetal, que se separaron en dos submuestras de entre uno y dos kg de hierba. En una de las submuestras se determinó el contenido de MS (deseccación en estufa a 60°C) y el fosforo, que se determinó colorimétricamente empleando como reactivo el amarillo de nitró-molibdo-vanadato, previa digestión de las muestras por vía húmeda (Calleja, 1978). La segunda submuestra se destinó a la separación manual de las especies, que posteriormente se secaron para calcular la producción (kg MS ha⁻¹) de cada una de ellas. Mediante este procedimiento, en el conjunto del prado, se diferenciaron 40 especies: 13 de la familia de las gramíneas, 3 de las leguminosas y 24 de “otras plantas”.

El balance de fósforo (BF) se calculó para cada parcela como la diferencia entre el fósforo disponible, es decir, el presente previamente en el suelo más el aportado con la fertilización, y el fósforo extraído por el forraje.

Los parámetros de diversidad botánica empleados fueron: número de especies por parcela y los índices de Shannon-Wiener, de Simpson, equitatividad y uniformidad (Krebs, 1986).

Los datos obtenidos se sometieron a análisis de varianza. Se consideró como factor principal el balance de fósforo (kg ha⁻¹ de P₂O₅) y se establecieron cuatro niveles: Bajo (<10), Moderado (>10 y <80), Alto (>80 y <250), Muy alto (>250) con 16 repeticiones por nivel. Como es lógico, el balance aumenta al hacerlo el aporte de fertilizante fosfatado, de manera que los cuatro niveles del mismo se corresponden con las cuatro dosis de fertilización fosfórica (Tabla 1).

Tabla 1. Contenidos de fósforo previos a la fertilización y aportes de fertilizante (kg ha⁻¹ de P₂O₅) para los distintos balances de fósforo (BF).

Balance (BF)	Previo en el suelo				Fertilización
	Media	Error estándar	Mínimo	Máximo	
Bajo	24	6	13	33	0
Moderado	32	12	21	56	80
Alto	118	35	51	179	160
Muy alto	259	82	118	382	240

Para el análisis de varianza de los índices de diversidad se emplearon los datos brutos, mientras que los demás datos se transformaron [ln(%variable+1)]. Las diferencias entre medias se contrastaron con el test LSD. Para el análisis estadístico se emplearon los paquetes UNIVARIATE y GLM (SAS, 2009).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El número de especies se correlaciona negativamente con el BF ($r = -0,40$; $P < 0,01$). Sin embargo, ninguno de los indicadores de diversidad considerados mostraron una relación significativa con el balance (Tabla 2); destacan, no obstante, los valores elevados de estos índices, que son superiores a los descritos por Chocarro *et al.* (1987) en el Pirineo Oscense y ligeramente inferiores a los encontrados por Zuazua *et al.* (1994) en zonas del valle de Valdeón (Cordillera Cantábrica).

Tabla 2.- Parámetros de diversidad y coeficientes de correlación con el balance del fósforo.

Índices	n	Media	sd	Coefficiente de correlación
H	64	3,39	0,13	-0,06 NS
D	64	0,87	0,02	0,08 NS
J'	64	0,73	0,03	0,19 NS
E	64	1,05	0,04	0,19 NS
Número de especies.	64	25	2	-0,40 **

H= índice de Shannon-Wiener; D=Índice de Simpson J'=Equitatividad; E= Uniformidad; NS= no significativo. ** P<0,01

En la Tabla 3 se presentan los grupos de plantas y las especies botánicas cuya producción mostró correlaciones significativas con el balance. La producción del grupo de leguminosas fue independiente del balance de fósforo debido, muy probablemente, al comportamiento antagónico de las dos especies mayoritarias, *T. repens* y *T. pratense*, cuando los aportes de P₂O₅ son elevados (García *et al.*, 2006, 2007). La producción de gramíneas, del grupo “otras plantas” y diez de las especies aumenta (P<0,05); destacan las elevadas significaciones (P<0,001) de *L. perenne*, *P. trivialis*, *Ch. hirsutum*, y *T. officinale*; en trabajos anteriores (García *et al.*, 2009) *Ch. hirsutum*, y *T. officinale* se habían descrito como indiferentes a la fertilización fosfórica. Otras diez especies mostraron correlaciones negativas con el BF, entre las que destacan (P<0,001) *A. odoratum*, *P. lanceolata*, *C. cristatus* y *T. pratense*, corroborando el efecto negativo del fósforo sobre estas cuatro especies, ya observado en trabajos anteriores (García *et al.*, 2009).

Tabla 3.- Coeficientes de correlación lineal significativos entre el balance de fósforo (BF) y las producciones de los grupos de plantas y de las especies.

	Coef. Corr.	Sig.		Coef. Corr.	Sig.
Gramíneas	0,36	**			
Otras plantas	0,33	**			
<i>Lolium perenne</i>	0,55	***	<i>Anthoxanthum odoratum</i>	-0,51	***
<i>Poa trivialis</i>	0,48	***	<i>Plantago lanceolata</i>	-0,51	***
<i>Taraxacum officinale</i>	0,48	***	<i>Cynosurus cristatus</i>	-0,43	***
<i>Chaerophilum hirsutum</i>	0,46	***	<i>Trifolium pratense</i>	-0,40	***
<i>Rumex acetosa</i>	0,39	**	<i>Ranunculus acris</i>	-0,34	**
<i>Rumex crispus</i>	0,38	**	<i>Malva moschata</i>	-0,28	*
<i>Cerastium fontanum</i>	0,38	**	<i>Bellis perennis</i>	-0,27	*
<i>Bromus hordeaceus</i>	0,34	**	<i>Centaurea nigra</i>	-0,27	*
<i>Arrhenatherum elatius</i>	0,31	*	<i>Sanguisorba minor</i>	-0,27	*
<i>Heracleum sphondylium</i>	0,31	*	<i>Carex sp.</i>	-0,26	*

Coef. Corr.= Coeficiente de correlación; Sig= nivel de significación.

*** significación al 99,99 %; ** significación al 99%; * significación al 95 %.

En la Tabla 4 se presentan los valores medios para cada nivel de BF para aquellas variables que, correlacionándose significativamente con el balance, muestran diferencias (P<0,05) entre niveles del mismo.

El número de especies se reduce entre el nivel bajo y el moderado (P<0,05), sin diferencias significativas entre el resto de los niveles. Por el contrario, la producción de gramíneas aumenta con el balance, aunque sólo se detectaron diferencias significativas al pasar del nivel bajo al moderado. La producción del grupo de “otras plantas” también aumenta, aunque sólo se detectan diferencias significativas al alcanzar el nivel alto (BF>250), efecto que es mucho más marcado que el descrito hasta ahora en este tipo de comunidades (García *et al.*, 2004). Las especies: *T. officinale*, *L. perenne*, *R. crispus*, *R. acetosa*, *P. trivialis* y *C. fontanum* responden positivamente al balance. El diente de león (*T. officinale*) se desarrolla mejor con balances altos y muy altos, confirmándose como buen indicador de suelos con contenidos abundantes de fósforo (Ferrer *et al.*, 1981; Pérez, 1989); el ballico (*L. perenne*)

ne) incrementa progresivamente su producción desde el nivel bajo al moderado y desde éste a los más altos. Las otras cuatro especies no muestran diferencias entre los tres niveles superiores.

Tabla 4.- Efecto del balance del fósforo (BF) sobre el número y producción (kg ha⁻¹) de especies y grupos botánicos.

	Balance de fósforo (BF)				mds
	Bajo	Moderado	Alto	Muy alto	
Nº de especies	27a	25 b	25 b	24 b	1,34
Gramíneas	4399 b	5677 a	5853 a	6128 a	0,17
Otras plantas	3202 b	3394 ab	3823 a	3875 a	0,14
<i>Taraxacum officinale</i>	990 b	1258 b	1801 a	1749 a	0,31
<i>Lolium perenne</i>	402 c	877 b	1079 ab	1174 a	0,28
<i>Rumex crispus</i>	51 b	426 a	564 a	745 a	0,98
<i>Rumex acetosa</i>	55 b	417 a	358 a	398 a	0,45
<i>Poa trivialis</i>	39 b	339 a	390 a	503 a	0,63
<i>Cerastium fontanum</i>	42 b	88 a	90 a	106 a	0,57
<i>Plantago lanceolata</i>	1502 a	478 b	703 b	650 b	0,36
<i>Ranunculus acris</i>	321 a	312 ab	313 ab	145 b	0,71
<i>Anthoxanthum odoratum</i>	164 a	49 b	33 b	33 b	0,85
<i>Cynosurus cristatus</i>	100 a	19 b	21 b	7 b	1,10
<i>Trifolium pratense</i>	92 a	41 b	38 bc	8 c	1,10
<i>Bellis perennis</i>	85 a	46 b	58 b	48 b	0,36
<i>Centaurea nigra</i>	61 a	7 b	3 b	4 b	0,77

mds= mínima diferencia significativa al nivel de significación del 95 %.

Letras diferentes en la misma fila marcan diferencias significativas sobre los datos con transformación logarítmica. En el nº de especies los datos no están transformados.

En estudios anteriores (García *et al.*, 2009) la carbaza (*R. crispus*), la acedera (*R. acetosa*) y la poa banal (*P. trivialis*) sólo respondieron a niveles de fertilización muy altos (>240 kg ha⁻¹), mientras que la oreja de ratón (*C. fontanum*) se describió como propia de suelos con escasa disponibilidad de fósforo (Klitsch, 1965 y Pérez, 1989). *P. lanceolata*, *A. odoratum*, *C. cristatus*, *T. pratense*, *R. acris*, *B. perennis* y *C. nigra* responden negativamente al balance. El llantén (*P. lanceolata*), la grama olorosa (*A. odoratum*), el cinosuro (*C. cristatus*) y el trébol violeta (*T. pratense*) confirman su rechazo por la fertilización fosfórica ya descrita en la bibliografía (García *et al.*, 2009; Pérez, 1989; Vivier 1971); el botón de oro (*R. acris*) que generalmente se describe como indiferente con la fertilización fosfórica (García *et al.*, 2009) o que apenas varía con aportes inferiores a 160 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (Pérez *et al.*, 1990) presenta en este estudio descensos del 56% con los balances muy altos. La margarita (*B. perennis*) y la centaurea negra (*C. nigra*), disminuyen drásticamente con balances positivos de fósforo; en el caso de la primera, se confirma su preferencia por suelos con contenidos bajos (Ferrer *et al.*, 1981) o moderados de este elemento en comunidades de *Arrhenateretalia* (Pérez *et al.* 1991) y en el caso de la segunda, que prácticamente desaparece en este estudio, confirma la descripción que de ella realizan Ferrer *et al.* (1980) y Pérez *et al.* (1991).

CONCLUSIONES

De los parámetros indicadores de la diversidad, el número de especies por parcela es el único que disminuye al aumentar los balances de fósforo. La producción del grupo de gramíneas y de “otras plantas” se correlaciona positivamente con el balance, mientras que a nivel específico, únicamente lo hacen cuatro especies de gramíneas y seis del grupo de “otras”. Por el contrario, la correlación es negativa con dos especies de gramíneas, una leguminosa y siete especies de otras familias. Las dos especies más abundantes en el forraje, *T. officinale* y *L. perenne*, aumentan con el balance, pauta que también siguen especies como *R. crispus*, *R. acetosa*, *P. trivialis* y *C. fontanum*. Descienden de forma sig-

nificativa *P. lanceolata* y *R. acris* y otras como *A. odoratum*, *C. cristatus*, *T. pratense*, *B. perennis* y *C. nigra* permanecen en las parcelas de forma muy reducida.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se llevó a cabo con la financiación de la Junta de Castilla y León dentro del programa de ayudas a la actividad investigadora al grupo de excelencia GR158.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CALLEJA, A., 1978. La mineralización de muestras vegetales para el análisis de minerales por espectrofotometría y colorimetría. *An. Fac. Vet. León*, **24**, 249-258.
- CHOCARRO, C.; FILLAT, F.; GARCÍA, A.; MIRANDA, P., 1987. Meadows of Central Pyrenees. Floristical composition and quality. *Pirineos*, **129**, 7-33.
- FERRER, C.; AMELLA, A.; FERRÁNDIZ, J.M.; FLORIA, J. M., 1981. Aplicación de la proyección estereográfica a la representación. Interpretación del Análisis Factorial de correspondencias. Un ejemplo sobre pastos pirenaicos. *Actas de la XXI Reunión Científica de la S.E.E.P.* León.
- FERRER, C.; AMELLA, A.; MAESTRO, M.; OCAÑA, M., 1980. *Explotación de pastos en Caseríos Guipuzcoanos. V Estudio ecológico agronómico. I.E.P.G.E.*, 59,
- GARCÍA, R.; ALVARENGA, J.; CALLEJA, A., 2009. Efecto de la fertilización fosfórica sobre la presencia de especies en el forraje de prados de montaña. En: *La multifuncionalidad de los pastos: producción ganadera sostenible y gestión de los ecosistemas*, R. REINÉ *et al.* (Eds.). Gráficas Alós. Huesca (España), 197-203.
- 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)*, B. DE LA ROZA *et al.* (Eds.). Impr. AsturGrag S.L. Gijón (España), 549-556.
- GARCÍA, R.; ANDRÉS, S.; ALVARENGA, J.; VALDÉS, C.; CALLEJA, A., 2007. Efecto de la fertilización fosfatada de larga duración sobre la presencia de trébol violeta en prados de montaña. *Los sistemas forrajeros: entre la producción y el paisaje. Actas de la XLVII Reunión Científica de la S.E.E.P.* Vitoria, 281-285.
- GARCÍA, R.; ANDRÉS, S.; VALDÉS, C.; CALLEJA, A., 2006. *Trifolium repens* L. and *Trifolium pratense* L. under PK fertilization in meadows. En: *Sustainable Grassland Productivity: Grassland science in Europe*, 11, J. LLOVERAS *et al.*, (Eds.). Artes Gráficas Marcipa. Badajoz (Spain), 399-401.
- 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*, **34(2)**, 153-206.
- KREBS, C.J. 1986. *Ecología*. Ed. Pirámide, 782 pp. Madrid (España).
- KLITSCH, C. 1965. Producción de forrajes. Ed. Acirbia, 355 pp. Zaragoza. (España).
- OLSEN, S.R.; COLE, C.V. ; WATANABE, F.S.; DEAN, L.A. 1954. *Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate*. USDA, Circ. 939, 19 pp. Washington DC (USA).
- PÉREZ, J. E., 1989. Estudio botánico y mineral de prados permanentes de la cuenca del Bernesga. *Tesis doctoral*. Facultad de Biología. Universidad de León. 657 pp.

- PÉREZ, J.E.; GARCÍA, R.; MORO, A.; PÉREZ, M.T.; CALLEJA, A., 1992. Comportamiento de Umbelíferas de prados permanentes frente a factores edáficos. *Actas de la XXXII Reunión Científica de la S.E.E.P.* Pamplona, 45-48.
- PÉREZ, J.E.; PÉREZ, M.T.; GARCÍA, R.; MORO, A.; CALLEJA, A., 1990. Aspectos ecológicos de especies de prados permanentes. 4. Plantaginaceas y Polygonaceas. *Actas de la XXX Reunión Científica de la S.E.E.P.* San Sebastián, 109-116.
- PÉREZ, J.E.; MORO, A.; GARCÍA, R.; PÉREZ, M.T.; CALLEJA, A., 1991. Comportamiento de compuestas de prados permanentes frente a factores edáficos. *Actas de la XXXI Reunión Científica de la S.E.E.P.* Murcia, 52-61.
- RODRÍGUEZ, M.; GARCÍA, R.; MORO, A.; CALLEJA, A., 1996. Los prados permanentes en la economía de la montaña leonesa. *Pastos*, **26(1)**, 25-37.
- RODRÍGUEZ, M.; GARCÍA, R.; ANDRÉS, S.; CALLEJA, A., 2003. Cuarenta años de fertilización en prados de la montaña de León. I. Influencia sobre la producción. *Pastos*, **33(1)**, 103-153.
- S.A.S., 2009. *SAS/STAT User's Guide*. Ed. Statistical Analysis System Institute Inc. Cary, Carolina del Norte, USA.
- VIVIER, M., 1971. Les prairies permanentes du Bessin et du Pays D'Auge. *Tecniq ue et économie agricole du Calvados*, **17**,1-135.
- ZUAZUA, T.; ALONSO, I.; GARCÍA, A.; LÓPEZ-MARIÑO, A., 1994. Efecto del manejo tradicional sobre el banco de semillas en pastos. *Actas de la XXXIV Reunión de la SEEP*, 59-64. Santander.

RELATION BETWEEN PHOSPHORUS BALANCE IN MOUNTAIN MEADOWS AND SOME PARAMETERS OF DIVERSITY AND FLORISTIC COMPOSITION

SUMMARY

Phosphorus balance was calculated in 64 experimental plots of an irrigated meadow, classified within the vegetation type *Arrhenatheretalia*, located at the Mountain of León (Spain). Since 1978, a combination of three fertilizers (N-P-K) and four different levels of application (P_2O_5 levels from 0 to 240 kg ha⁻¹ year⁻¹) was assigned to each plot. Phosphorus balance was calculated as: available soil phosphorus plus phosphorus applied as fertilizer minus phosphorus untaken of vegetation, and its relation with some species richness parameters and the yield of the main botanical groups and species was studied. The number of species decreases significantly when the balance increases, whereas the rest of botanical diversity parameters were not significantly correlated with phosphorus balance. The dry matter yield of grasses and "other plants" as well as *T. officinale*, *L. perenne*, *R. crispus*, *R. acetosa*, *P. trivialis* and *C. fontanum* increased with phosphorus balance, whereas *P. lanceolata*, *R. acris*, *A. odoratum*, *C. cristatus*, *T. pratense*, *B. perennis* and *C. nigra* yields decreased.

Key words: phosphorus fertilization, plant groups, species.

EMISIONES DE ÓXIDO NITROSO EN UN SUELO CULTIVADO CON MAÍZ TRAS EL APOORTE DE DISTINTOS TIPOS DE FERTILIZANTES

A. LOURO, D. BÁEZ, M.I. GARCÍA Y J. CASTRO

Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo (CIAM) INGACAL. Xunta de Galicia,

Apartado 10, 15080 La Coruña. E-mail: dolores.baez.bernal@xunta.es

RESUMEN

Los sistemas de producción intensivos con elevados aportes de fertilizantes nitrogenados pueden ser una fuente importante de gases de efecto invernadero como el óxido nitroso (N_2O). Con el objetivo de conocer el efecto que produce el tipo de fertilizante en la emisión de N_2O se estableció un ensayo entre los meses de mayo a octubre de 2008, periodo de crecimiento de un cultivo de maíz forrajero, donde se comparó un fertilizante mineral y dos fertilizantes orgánicos (purín de vacuno y purín de porcino). La aplicación de los fertilizantes incrementó la cantidad de N_2O emitida en el tratamiento control en un 19,33%. Cuando se aplicaron purines de cerdo y vacuno se obtuvieron factores de emisión iguales (1,82% purín de cerdo) o ligeramente superiores (2,15% purín de vacuno) a los obtenidos con una fertilización mineral convencional (1,80%). No obstante, las cantidades de N_2O acumuladas, determinadas para el periodo completo de crecimiento del cultivo, no fueron superiores a la cantidad emitida cuando se utilizó el fertilizante mineral.

Palabras clave: N_2O , *Zea mays L.*, purín de vacuno, purín de porcino, WFPS.

INTRODUCCIÓN

El nitrógeno es un componente esencial para cualquier cultivo, por ello el uso de fertilizantes orgánicos y minerales es una práctica extendida en la agricultura actual. Sin embargo, la utilización masiva de fertilizantes nitrogenados en los suelos agrícolas ha dado lugar a un aumento importante en las emisiones de óxidos de nitrógeno a la atmósfera. De todos ellos destaca el óxido nitroso (N_2O), un potente gas de efecto invernadero implicado en la destrucción del ozono estratosférico encargado de la protección de la Tierra frente a las radiaciones ultravioletas procedentes del sol. A pesar de que su concentración en la atmósfera es inferior a la del resto de gases de efecto invernadero la peligrosidad de este gas se encuentra en el hecho de que posee un potencial de calentamiento 296 veces superior al del CO_2 y del CH_4 así como un tiempo de residencia de entre 114 años. Por ello es sumamente importante entender como, cuando, por qué y en qué proporción se producen estas emisiones para intentar paliarlas. Durante el año 2007 la agricultura española contribuyó en un 75% a las emisiones de N_2O siendo los suelos agrícolas y la gestión de residuos de origen animal las principales actividades responsables de este elevado porcentaje (Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino, 2009).

El N_2O se genera en el suelo a partir del NO_3^- presente de forma natural y del procedente de los fertilizantes nitrogenados por el proceso de desnitrificación que es activado en condiciones anaeróbicas; proceso que puede estimularse cuando se aplican fertilizantes nitrogenados ricos en materia orgánica. También el N_2O es un gas residual en el proceso de nitrificación del ión NH_4^+ ; en este caso, la adición en condiciones aeróbicas de fertilizantes con elevado contenido en NH_4^+ puede activar la reacción. Por tanto el tipo de abono empleado (mineral u orgánico) como fertilizante tiene gran influencia en las emisiones de N_2O producidas.

En Galicia el cultivo de maíz forrajero (*Zea mays L.*) se encuentra íntimamente ligado a los sistemas de producción de vacuno de leche y carne. Un 11% de la superficie cultivada se destina al crecimiento de este cultivo (Xunta de Galicia, 2005), por ello el presente trabajo tiene como objetivo determinar el efecto del tipo de fertilizante

en la emisión de N₂O a la atmósfera durante el periodo de crecimiento de un cultivo de maíz forrajero empleando para ello dos abonos orgánicos (purín de vacuno y de porcino) y uno mineral.

MATERIAL Y MÉTODOS

El ensayo se inició en mayo de 2008 con la siembra de maíz forrajero en la finca experimental del Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo, situada en la localidad de Abegondo (A Coruña) a una altitud de 100 m sobre el nivel del mar y un clima templado-húmedo caracterizado por una temperatura media de 16,8 °C y precipitaciones de 1088 mm (media de los diez años anteriores al estudio, 1997-2007). Las principales características del suelo se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Características físico-químicas del suelo del ensayo

Capa (cm)	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Textura	MO (%)	C _{total} (%)	N _{total} (%)	C/N	pH	Conductividad eléctrica (Ds/m)	Al (%)	Densidad aparente
0-15	9,33	24,85	54,75	Franco-limosa	7,49	3,27	0,25	10,2	5,38	0,38	7,0	1,28
15-30	8,75	24,78	54,90	Franco-limosa	7,02	2,99	0,21	10,6	5,85	0,09	7,5	1,28

El diseño experimental se realizó mediante bloques al azar con tres repeticiones de los siguientes tratamientos: purín de vacuno (V) y purín de porcino (P), ambos inyectados a 20-25 cm profundidad, fertilizante mineral (M) distribuido en dos aportes: abono complejo (15:15:15) en siembra y urea (46%) cuando el maíz tenía 4 ó 5 hojas, y un tratamiento control (C) sin aporte de N. La dosis total de N aplicada en el tratamiento M fue de 200 kg N/ha (125 kg N/ha en siembra y 75 kg N/ha en establecimiento). En los tratamientos con purines, la cantidad de N aportada así como las características de los mismos se muestran en la tabla 2. Los aportes de fósforo y potasio fueron semejantes en todas las parcelas (100 kg/ha P₂O₅ y 250 kg/ha K₂O). La aplicación de los abonos minerales y orgánicos se llevó a cabo el 22 de mayo, adicionalmente la urea fue aplicada el 22 de julio en el tratamiento de fertilizante mineral. La superficie destinada para cada tratamiento fue de 42 m² (4,2 m x 10 m) en los tratamientos M y C y de 88 m² (8,8 m x 10 m) en los tratamientos de purín. Una vez aplicados los abonos se procedió en el mismo día (22 de mayo) a la siembra del maíz (variedad DKC3745) manteniendo una separación entre líneas de 70 cm y una distancia entre plantas de 14 cm (densidad 90.000 plantas/ha).

Tabla 2. Características químicas de los purines empleados en el ensayo y cantidad de N aplicado en cada tratamiento.

Purín	Densidad (g/cm ³)	pH	MS(%)	MO(*)	N(*)	P(*)	K(*)	Ca(*)	Mg(*)	Total N aplicado
Vacuno	1,01	8,19	7,3	814,0	42,00	8,60	44,10	23,10	6,10	203
Porcino	1,01	8,27	2,1	633,2	119,53	30,44	84,92	35,22	18,16	200

(*) Cantidades expresadas en g/kg peso seco.

Tras la siembra se iniciaron los muestreos de gases, cinco semanales utilizando el método de la cámara cerrada descrito por Ryden y Rolston (1983). En cada uno de ellos dos cámaras de PVC (25 cm diámetro x 36 cm de altura) por parcela se mantenían cerradas un período de 45 a 90 min, tras el cuál se procedía a la toma de muestra gaseosa de 10 ml que era recogida en *vacutainers*. La concentración de N₂O fue determinada mediante cromatogra-

fía gaseosa con detector ^{63}Ni ECD. Las tasas diarias de emisión se expresaron en $\mu\text{g N-N}_2\text{O}/\text{m}^2\text{h}$ teniendo en cuenta el incremento de N_2O en cada cámara con respecto al valor inicial en el momento de cierre. Las pérdidas de N_2O acumuladas para un determinado período se obtuvieron asumiendo un valor medio de emisión entre dos fechas consecutivas de muestreo. También se registraron en cada muestreo los valores de temperatura en el exterior de cada cámara. Una vez recogidas las muestras de N_2O se tomaron muestras de suelo de la capa superficial de 10 cm dentro de cada cámara, se mezclaron y se procesó una única muestra por parcela. Se determinaron los contenidos en N mineral (amonios y nitratos) en el extracto 1:2 (suelo:1N KCl) por métodos colorimétricos utilizando un auto-analizador de flujo segmentado (MT7, Bran+Luebbe). El resto de la muestra se empleó para la determinación del contenido gravimétrico de humedad introduciendo para ello la muestra en estufa a 105°C hasta peso constante. Utilizando este valor y la densidad aparente para la capa 0-10 cm se expresó el valor de humedad en porcentaje de volumen de poros del suelo llenos de agua (WFPS) según: $\text{WFPS} = ((\text{H}_2\text{O})_{\text{ps}} \times d_{\text{aparente}}) / \text{Porosidad} \times 100$, $\text{Porosidad} = (1 - d_{\text{aparente}}) / 2,65$, siendo 2,65 la densidad de partícula del suelo (mg/m^3).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la figura 1 se representan las tasas diarias de emisión obtenidas en los muestreos de gases efectuados desde el 22 de mayo hasta el 16 de octubre del 2008. Los valores oscilaron en los rangos $22\text{-}1773 \mu\text{g N}_2\text{O-N}/\text{m}^2\text{h}$, $42\text{-}1943 \mu\text{g N}_2\text{O-N}/\text{m}^2\text{h}$, $53\text{-}1803 \mu\text{g N}_2\text{O-N}/\text{m}^2\text{h}$ y $53\text{-}2313 \mu\text{g N}_2\text{O-N}/\text{m}^2\text{h}$ para los tratamientos C, M, P y V, respectivamente. Entre el 18 de julio y el 14 de agosto se registraron las menores tasas de emisión, periodo en el que la ausencia de lluvias ocasionó una disminución de la humedad del suelo y valores de WFPS inferiores al 50% en todos los tratamientos. En los períodos anterior y posterior se registraron picos elevados y frecuentes directamente relacionados con episodios de lluvias y la aplicación de los fertilizantes. Se observó que los picos de mayor dimensión tuvieron lugar cuando el WFPS en el suelo se encontró en el rango 50-80%. No obstante, a pesar de que la lluvia favoreció claramente la emisión de N_2O , existen ciertos momentos (3 de septiembre al 12 de septiembre) en los que un exceso de humedad en el suelo (WFPS >80%) no es correspondido con una emisión elevada de N_2O , posiblemente porque en el suelo se generaron condiciones de anoxia tales para producir una mayor proporción de N_2 como producto final en el proceso de desnitrificación y en consecuencia una disminución en la relación $\text{N}_2\text{O}/\text{N}_2$ emitido.

La figura 2 muestra la evolución del N mineral en cada uno de los tratamientos estudiados. El contenido en NH_4^+ durante el estudio fue inferior al de NO_3^- en todos los tratamientos salvo en M cuyos valores máximos se registraron tras la aplicación de urea en cobertera (22 julio) pasando de valores medios de 14,92 a 95,39 kg N/ha. En el resto de tratamientos el contenido promedio en NH_4^+ fue de 2,03, 3,06 y 7,17 kg N/ha para C, V y P. La concentración en NO_3^- fue elevada a lo largo del estudio con valores medios de 31,71, 85,76, 69,95 y 59,24 kg N/ha para C, M, P y V respectivamente. Entre el 22 mayo y el 22 de julio se encuentran los valores de nitrato más elevados en los tratamientos C y M mientras que en los purines los valores máximos se encontraron en el período posterior del 23 julio al 16 octubre. Se observa que aproximadamente un mes antes de la finalización del estudio se produce una disminución del nitrato en todos los tratamientos coincidiendo con un momento en el que la humedad del suelo fue favorable para la emisión.

En la tabla 3 se muestran los valores acumulados de N_2O para cada tratamiento considerando el periodo monitorizado al completo y dos períodos por separado: del 22 mayo (siembra) hasta el 22 de julio (aplicación de urea en M) y del 23 de julio hasta el 16 octubre (cosecha del maíz). Los valores totales obtenidos fueron de 20,52 kg N/ha en el tratamiento con purín de vacuno, 19,80 kg N/ha en el purín de porcino, 19,75 kg N/ha en el tratamiento mineral y 16,15 kg N/ha en el tratamiento control. No se observaron diferencias estadísticas debidas al tipo

de fertilizante, tan sólo las hubo entre los tratamientos fertilizados y control. Teniendo en cuenta los valores de emisión acumulados obtenidos en los dos periodos considerados (tabla 3) se aprecia que la cantidad de N₂O emitida fue muy similar en todos los tratamientos. Al determinar la cantidad porcentual de N emitido en forma de N₂O respecto al N aplicado (Mosier *et al.*, 1996) se observó que en el primero de ellos el tratamiento M registró un porcentaje de emisión superior a los tratamientos de purín (1,45%), mientras que en el segundo apenas existieron diferencias entre tratamientos. Al considerar todo el estudio los porcentajes totales de N emitido fueron similares entre los tratamientos P y M, 1,82% y 1,80% respectivamente, siendo estos ligeramente inferiores al 2,15% obtenido con el tratamiento V. Por tanto, se observaron factores de emisión superiores al valor del 1% del N aplicado utilizado por el IPCC (IPCC, 2007) en el cálculo del N₂O emitido tras el aporte de fertilizantes. En otros trabajos experimentales que cuantificaron el N₂O emitido durante un cultivo de maíz obtuvieron también valores superiores al 1%. Se puede citar un trabajo realizado en Holanda (Van Groenigen *et al.*, 2004) con valores de 2,03% para el purín de vacuno (aporte de 245 kg N/ha) y de 1,42% (aporte de 150 kg N/ha) para el fertilizante mineral así como otro desarrollado en Canadá (Rochette *et al.*, 2004) con valores del 2,73% (200 kg N/ha) y 1,14% (150 kg N/ha) para el purín de porcino y fertilizante mineral, respectivamente.

Tabla 3. Valores acumulados medios de N₂O (kg N/ha) y desviación típica, % N emitido en forma de N₂O en los dos periodos considerados y durante todo el estudio (Total).

Tratamiento	Período		Total
	22 mayo-22 jul	23 jul-16 oct	
Control (C)	8,08 ± 0,48b	8,08 ± 1,76a	16,15 ± 1,43b
N- fertilizante aplicado (kgN/ha)	-	-	-
Fertilizante mineral (M)	9,89 ± 1,11a	9,86 ± 2,02a	19,75 ± 1,47a
N- fertilizante aplicado (kgN/ha)	125	75	200
% N-emitido	1,45%	0,89%	1,80%
Purín porcino (P)	9,76 ± 0,77a	10,04 ± 1,38a	19,80 ± 0,62a
N- fertilizante aplicado (kgN/ha)	200	-	200
% N-emitido	0,84%	0,98%	1,82%
Purín vacuno (V)	10,48 ± 1,08a	10,04 ± 2,13a	20,52 ± 1,30a
N- fertilizante aplicado (kgN/ha)	203	-	203
% N-emitido	1,19%	0,97%	2,15%

Tratamientos seguidos por la misma letra no se diferencian entre sí para una probabilidad $p \leq 0,05$.

CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos en el trabajo se deduce que cuando se utilizan purines de cerdo y vacuno como fertilizantes en un cultivo de maíz se pueden obtener factores de emisión iguales o ligeramente superiores a los obtenidos con una fertilización mineral convencional. Sin embargo, las cantidades de N₂O emitidas durante el pe-

riodo completo de crecimiento del cultivo no difieren de forma significativa de la cantidad emitida con fertilizante mineral.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo ha sido financiado por los proyectos INIA “SUM2006-00017-C03-03” y “07MRU040503PR” de la Consellería de Medio Rural (Xunta de Galicia).

BIBLIOGRAFÍA

IPCC, 2007. “*Climate change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*”. B. Metz, O. Davidson, P. Bosch, R. Dave, L. Meyer (eds). Cambridge University Press, NY (USA).

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE, MEDIO RURAL Y MARINO., 2009. “*Inventarios nacionales de emisiones a la atmósfera 1990-2007. Documento resumen*”. Secretaría de Estado de Cambio Climático Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental.

MOSIER, A.R.; DUXBURY J.M.; FRENEY J.R.; HEINEMEYER O.; MINAMI K., 1996. Nitrous oxide emissions from agricultural fields: Assessment, measurement and mitigation. *Plant and Soil* (181), 95-108.

ROCHETTE, P.; ANGERS, D.A.; CHANTIGNY, M.H.; BERTRAND, N.; COTÉ D., 2004. “Carbon dioxide and nitrous oxide emissions following fall and spring applications of pig slurry to an agricultural soil”. *Soil Society of America* (68), 1410-1420.

RYDEN, J.C.; ROLSTON, D.E., 1983. The measurement of denitrification. En: *Gaseous loss of nitrogen from plant soil systems*. Martinus Nijhoff and W Junk Publisher. Freney and Simpson (eds) The Hague, Netherlands.

VAN GROENINGER, J.W.; KASPER, G.J.; VELTHOF, G.L.; VAN DEN POL-VAN DASSELAAR, A.; KUIKMAN, P.J., 2004. Nitrous oxide emissions from silage maize fields under different mineral nitrogen fertilizer and slurry applications. *Plant and Soil* (263), 101-111.

XUNTA DE GALICIA, 2005. “*Anuario de Estadística Agraria 2005*”. Consellería do Medio Rural. Dirección Xeral de Investigación, Tecnoloxía e Formación Agroforestal, 244 pp. Santiago de Compostela (España).

NITROUS OXIDE EMISSIONS FROM A CROPPED SOIL WITH MAIZE AFTER THE ADDITION OF DIFFERENT TYPES OF FERTILIZERS

SUMMARY

Intensive production systems with high inputs of nitrogen fertilizer can be an important source of greenhouse gases like nitrous oxide (N₂O). In order to know the effect of different fertilization on N₂O emission a field study was conducted between the months of May to October 2008, during growing period of maize forage crop. In the experiment a mineral fertilizer and two organic fertilizers (cattle slurry and pig slurry) were compared. The application of fertilizers increased the amount of N₂O emitted in the control treatment in a percentage of 19,33%. When pig and cattle slurries were applied equal emission factors were obtained (1,82% pig slurry) or slightly higher (2,15% cattle slurry) to those obtained with conventional mineral fertilization (1,80%). However, the total N₂O emissions determined for the full growing period of the crop did not exceed the amount emitted when mineral fertilizer was used.

Key words: N₂O, *Zea mays L.*, cattle slurry, pig slurry, WFPS.

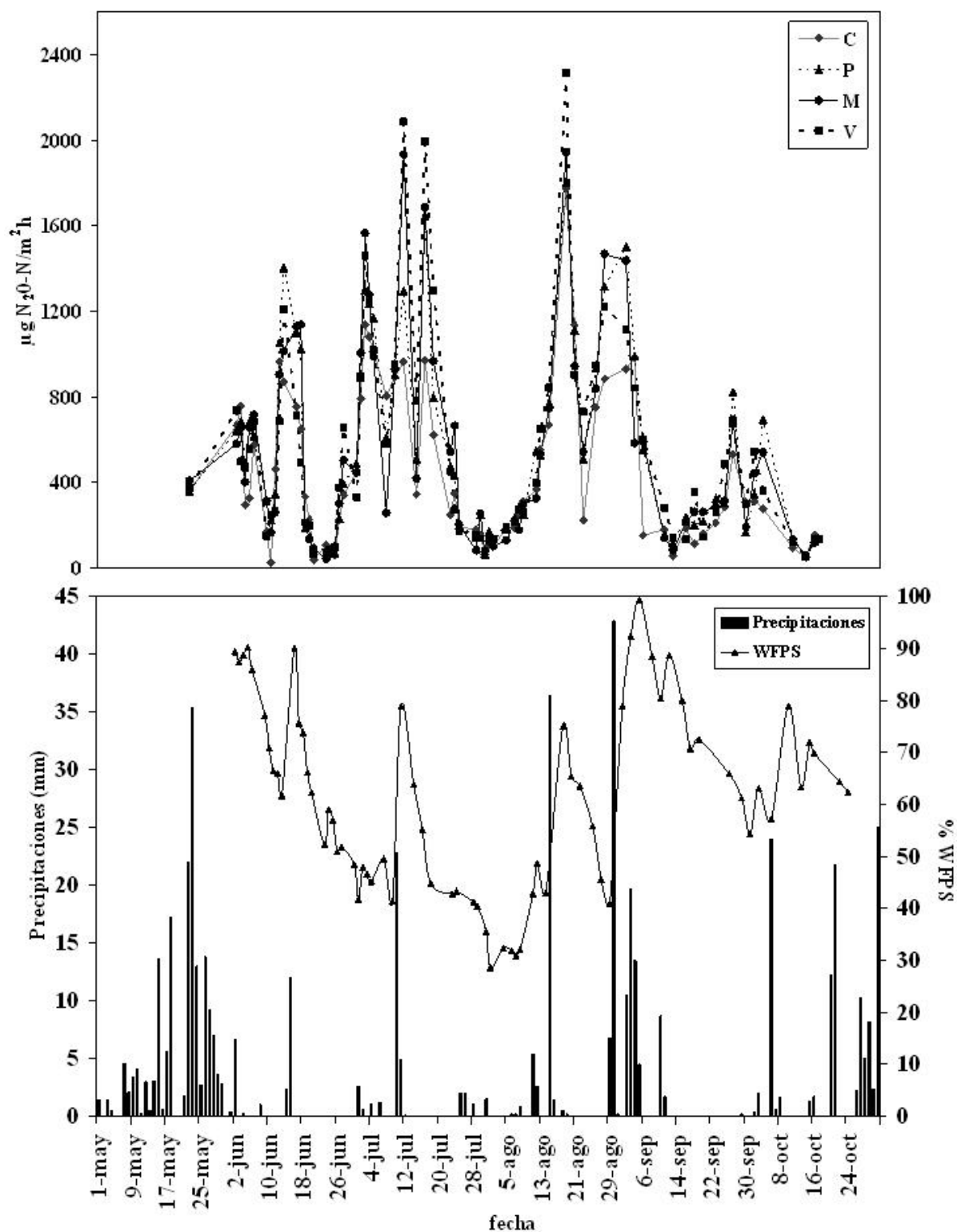


Figura 1. Evolución de las tasas diarias de emisión de N_2O en los cuatro tratamientos estudiados (C: control, P: Purín porcino, M: Fertilizante Mineral y V: Purín Vacuno), distribución de las precipitaciones y porcentaje de poros de suelo llenos de agua (WFPS) a lo largo de todo el estudio.

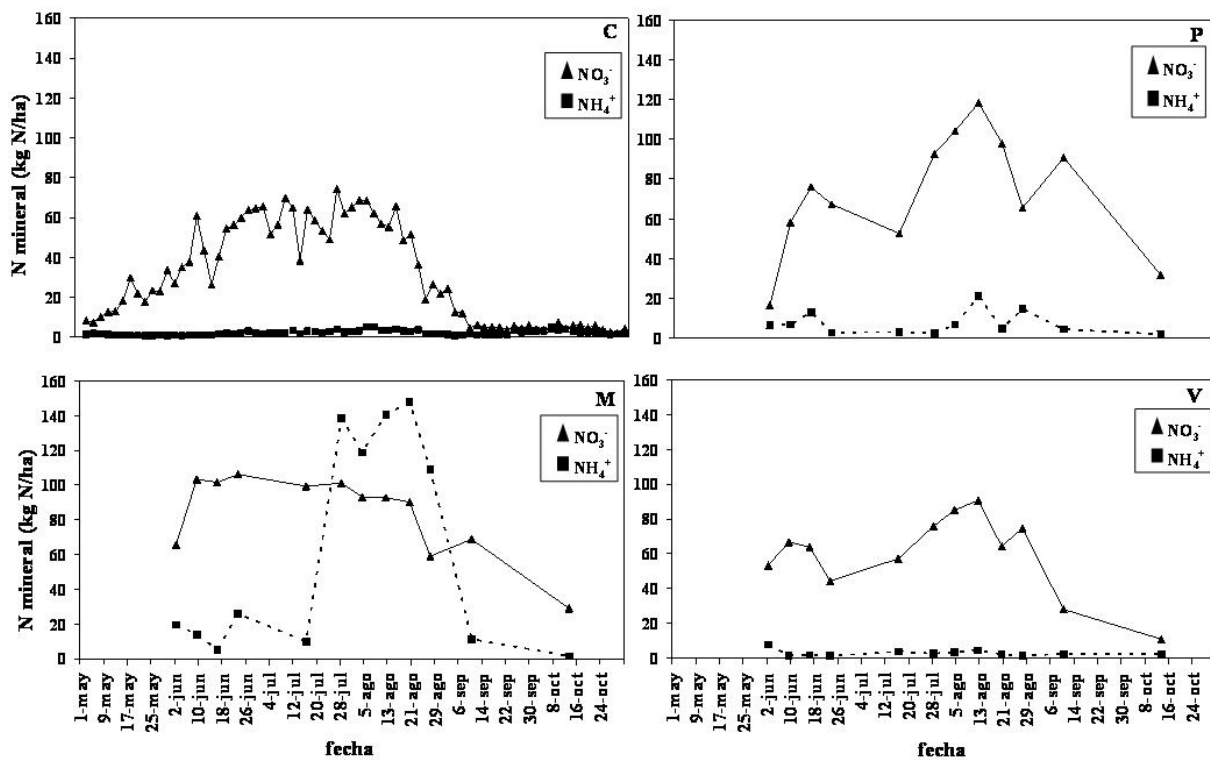


Figura 2. Evolución del contenido en N mineral (NH_4^+ , NO_3^-) en cada tratamiento (C: Control, P: Purín porcino, M: Fertilizante Mineral y V: Purín Vacuno) a lo largo de todo el estudio.

O SISTEMA “CORN-CORN DOUBLE CROP” E A OPTIMIZAÇÃO DA PRODUÇÃO DE MILHO FORRAGEIRO NAS ZONAS DE REGADIO

B. SABUGOSA-MADEIRA

ENVISED - Centro de Geologia da Universidade do Porto. Rua do Campo Alegre, 687. 4169 - 007

Porto (Portugal) jbcspm@yahoo.com

RESUMO

Portugal tem uma energia solar potencial superior à da maioria das regiões europeias. Porém, essa vantagem não se tem expressado na quantidade e qualidade da forragem produzida, principalmente porque os sistemas culturais são idênticos em todos os países, não se aproveitando as especificidades locais.

A diferença de produção entre os melhores híbridos forrageiros das classes FAO 200 e FAO 500 e 600 (os mais cultivados) é, em média, apenas de 20%.

Foi já registada, no passado, a possibilidade de, nas condições portuguesas, se praticar a sucessão de duas culturas de milho para forragem (“milharada”). Porém, a investigação não teve sequência. Considera-se ser este o primeiro estudo, na Europa, do sistema de produção de silagem “corn-corn double crop”.

Num ensaio instalado na Beira Litoral, a parcela semeada em Março e em Julho com milho forrageiro, da variedade híbrida “Atlético” da KWS, pertencente à classe FAO 200 tardio, produziu 55,8 t/ha MS, enquanto que um só ciclo da variedade “Kuardo”, também da KWS e pertencente à classe FAO 500, produziu 35,6 t/ha MS.

Os resultados sugerem excelentes perspectivas de implementação do sistema em algumas regiões portuguesas, exigindo-se a ampliação dos estudos e a abordagem sob diversas ópticas, além da produtiva.

Palavras-chave: silagem, milho, double cropping, dupla sementeira

INTRODUÇÃO

Em algumas regiões do Sul da Europa, a soma das temperaturas e da radiação é quase dupla da de outras áreas. Porém, a produção de silagem é quase equivalente, quando é considerada igual disponibilidade de água.

Esta uniformidade resulta do facto de os diversos sistemas de produção de silagem de milho serem iguais em toda a Europa. As variedades de milho híbrido são as mesmas, estão disponíveis no mercado ao mesmo tempo e são semeadas e colhidas em datas semelhantes.

No caso português, o paradigma importado da produção, em sucessão, de silagem de erva e de milho, usando variedades FAO de ciclo longo e datas de sementeiras tardias (devido ao tempo de espera para colher a erva), resultou na perda de algumas técnicas tradicionais que incluíam a dupla sementeira, em sucessão, de milho para forragem verde ou fenada.

Em algumas regiões quentes, como no Brasil, a dupla sementeira (de milho para grão) é uma prática vulgar, sendo os resultados muito encorajadores em termos de economia de energia, conservação do solo, vantagem económica e impacto ambiental.

Nas condições portuguesas (Entre Douro e Minho), a diferença média de produção dos melhores híbridos de milho das classes FAO 200 e FAO 500 e 600 cifra-se, apenas, em 20%, por vezes menos

(Nogueira, 1999). Portanto, se for possível utilizar o sistema de dupla sementeira de milho para a produção de silagem, tal pode significar um importante aumento global de produção e de qualidade da silagem produzida, na medida em que a proporção de espiga é maior (Hegyí *et al.*, 2007). Todavia, a realização de dois ciclos de milho implica que a sementeira e a colheita não se efectuem em condições óptimas, nomeadamente em Março e em Outubro. Porém, desde que os solos sejam bem drenados e não haja risco de ocorrência de geadas, o milho pode, mesmo assim, instalar-se com temperaturas mais baixas (Andrade e Abreu, 2007), sendo possível definir, utilizando modelos como o CERES - Maize, regiões onde o risco de perda da cultura é praticamente nulo (Braga *et al.*, 2007).

Com o presente trabalho pretendemos fazer uma primeira abordagem experimental da possibilidade de implantação, em Portugal, do sistema “corn-corn double crop”.

MATERIAL E MÉTODOS

Estabeleceu-se, em 2009, um ensaio de campo no município de Oliveira de Azeméis, (40°55’N, 8°25’O, h=300m), correspondente ao norte do distrito de Aveiro, noroeste de Portugal.

Como variedade de milho FAO 200, utilizou-se o Atlético (híbrido trilinear tardio). O controlo foi a variedade de milho Quadro (híbrido simples, FAO 500). Ambas as variedades são híbridos da KWS.

Estabeleceram-se as 3 parcelas seguintes, com 500 m²:

1- Parcela semeada em 12 de Março com a variedade FAO 200, sendo a colheita em 15 de Julho; ressementeira em 16 de Julho e colheita em 14 de Outubro.

2 – Parcela controlo, com sementeira em 25 de Abril da variedade FAO 200 e colheita em 4 de Agosto.

3 – Parcela controlo, com sementeira em 25 de Abril da variedade FAO 500 e colheita em 8 de Setembro.

A escolha dos dias 12 de Março e 25 de Abril deveu-se ao facto de corresponderem respectivamente, à primeira data segura em termos de risco de geada e a uma data posterior à do início da campanha de sementeira de milhos forrageiros.

O solo foi fertilizado de acordo com as expectativas de produção, em face da análise do solo. A fertilização consistiu numa adubação de fundo de 600 kg/ha de Fertifos TD 3-42 (12-15-8+Ca+Zn) e numa adubação de cobertura com de 450 kg/ha de Sulfazoto Coat 30 (30-0-0+S+Mg). A adubação de cobertura foi efectuada quando se realizou a sacha.

A segunda sementeira do milho ciclo FAO 200 foi realizada sem mobilização do solo, procedendo-se a uma sementeira directa. As linhas tinham 0,7m e procurou-se garantir um povoamento final de 100000 plantas, realizando-se o desbaste, manualmente. As parcelas foram regadas por aspersão, quando necessário.

Do centro de cada parcela, foram colhidas as partes aéreas de 42 plantas, que foram pesadas e medidas, tendo-se determinado o teor de matéria seca (MS).

Os dados meteorológicos históricos constam das séries publicadas pelo Instituto Nacional de Meteorologia. Os dados de 2009 foram cedidos pelo Centro de Geologia da Faculdade de Ciências do Porto e respeitam à estação de “Campo Alegre” (Porto).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 sintetiza a produção total de MS das três parcelas.

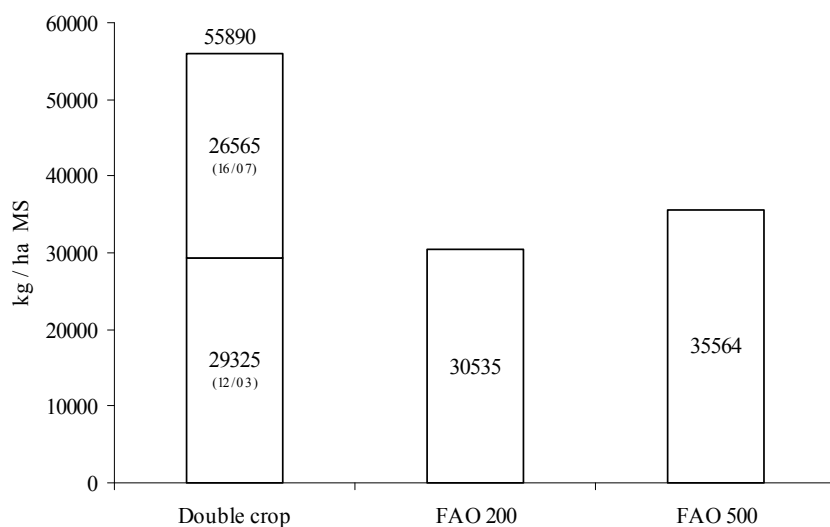


Figura 1. Produção matéria seca das diferentes parcelas em 2009.

A sementeira temporã, realizada em Março, implicou, no mês de Abril, a exposição das plantas a alguns períodos de baixas temperaturas médias, inferiores às médias históricas (Figura 2). Porém, não houve registo de geada. Globalmente, o ano de 2009 apresentou pequenas distorções em relação às médias históricas, considerando-se um ano normal.

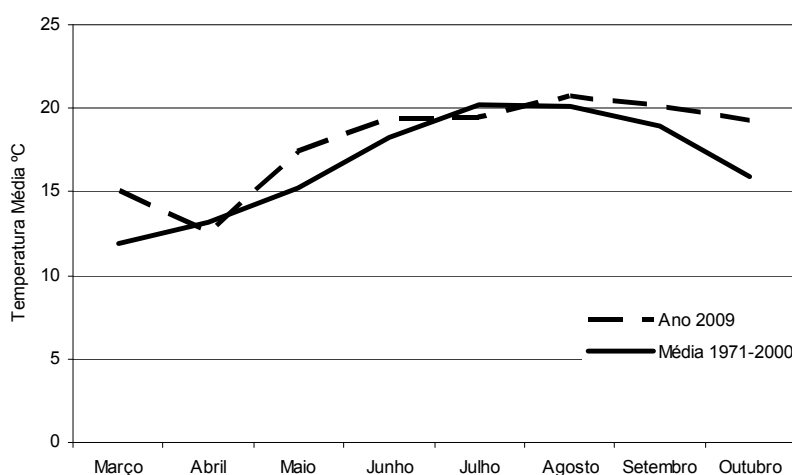


Figura 2. Temperatura média observada em 2009 e de 1971 a 2000, no Porto.

Em consequência das temperaturas sub-óptimas registadas em Março, verificou-se uma germinação relativamente lenta, mas nem por isso com falhas. Em compensação, as infestantes do género *Cyperus* (junça), que se tinham desenvolvido no final de Fevereiro e no início de Março, sofreram com a baixa de temperaturas, chegando a ficar cloróticas.

Este trabalho demonstrou a possibilidade de se realizar a colheita de dois ciclos de milho híbrido da classe FAO 200, num mesmo ano. Como consequência, observou-se um acréscimo de produção de cerca de 20 t/ha (+ 57%) em relação à produção do híbrido FAO 500 que serviu de controlo.

Embora não se tenha ainda realizado um estudo de campo que permita quantificar a vantagem económica desta opção, nomeadamente confrontando com a redução de produção de erva, importa

salientar um aumento de produtividade da terra superior a 57%, sem que se tenha introduzido alguma inovação tecnológica.

A dupla sementeira de milho silagem ou sistema “corn-corn double crop” será uma possibilidade em zonas do país onde o somatório de temperaturas seja superior ao dobro dos requisitos de temperatura das variedades com ciclos mais curtos das classes FAO 100, FAO 200 e até, em alguns casos, FAO 300. Porém, para que o risco deste sistema seja minimizado, importa determinar, com rigor, as datas ideais de início de sementeira, bem como o cumprimento escrupuloso das datas de ressementeira.

O maior risco que eventualmente se poderá correr será com a sementeira muito precoce. No entanto, convém lembrar que, ancestralmente, o milho era frequentemente semeado em Março, mesmo nas zonas do litoral norte, , misturado, por exemplo, com o linho ou “às leiras”, com os cereais. Portanto, para o sucesso da primeira sementeira, importa, apenas, que o risco de perda da cultura por geada seja reduzido e que haja condições de transitabilidade dos solos.

A questão que se colocava antigamente de estas sementeiras muito temporãs implicarem uma maior exposição das jovens plantas a doenças e insectos nocivos tem hoje menor importância, dado o facto de as sementes comerciais estarem desinfectadas e quimicamente protegidas nas primeiras fases, haver híbridos com grande vigor no início do desenvolvimento e, por fim, estar-se num período em que o ataque dos insectos é menos importante, dada a sua menor abundância.

Braga *et al* (2007) utilizaram o modelo CERES-Maize na optimização da produção de silagem no noroeste de Portugal, tendo, no caso de Ponte de Lima, definido o risco de perda de cultura, de acordo com diferentes opções de datas de sementeira. Assim, estes autores concluíram que o risco de perda de cultura, por efeito da geada, se anulava no dia 20 de Março. Porém, esta data só é válida para Ponte de Lima e para as variedades da classe FAO 200, muito mais rústicas do que as variedades de classes FAO de ciclo mais longo.

Para o presente estudo, este risco foi calculado de forma empírica, com base nos dados meteorológicos históricos e no parecer de lavradores mais idosos, que se lembravam de semear milho no início de Março. Efectivamente, não só não houve perda de colheita, como a produção de cada uma das variedades testadas não se distinguiu da produção obtida quando a sementeira foi efectuada nas datas consideradas óptimas.

Regista-se, também, que a segunda sementeira de milho, realizada em 16 de Julho, deu origem a uma menor produção do que a do primeiro ciclo e do que a do controlo. Este facto parece não ser devido a um “cansaço da terra”, o que seria pouco provável, dado que o sistema de milho-milho, no mesmo ano, é praticado noutros países, sem que a segunda colheita seja inferior à primeira. Atribuímos esta diferença a uma correcção tardia da densidade de povoamento, tendo o desbaste sido realizado, provavelmente, num momento em que já haveria competição entre plantas, pois estas tiveram um crescimento inicial muito rápido.

A opção por duas sementeiras de variedades de milho com ciclo curto, além de um significativo aumento de produção total, poderá significar, também, uma melhor qualidade da silagem produzida, na medida em que a proporção de espigas é, habitualmente, superior nas variedades com ciclo curto do que nas de ciclo longo. Este facto, porém, não é uma regra universal, dependendo muito das condições culturais e das variedades utilizadas (Hegyí *et al.*, 2007).

Embora neste ensaio não se tenha procedido à medição da evapotranspiração, verificou-se que a quantidade de água de rega necessária para a parcela onde se realizou a dupla sementeira (avaliada pelo tempo de rega) foi menor do que no caso de sementeira dos ciclos longos. Isto pode ser explicado pelo facto de, em Julho e Agosto, período em que, tradicionalmente, é maior a necessidade de água do milho, por estar na fase de floração e de enchimento de grão, a parcela se encontrar recém semeada ou com plantas jovens, cujas necessidades hídricas são relativamente modestas.

Tanto quanto sabemos, este é o primeiro registo recente, na Europa, da prática de “corn-corn double cropping”. Porém, estes resultados foram especialmente animadores na medida em que o ensaio foi estabelecido numa importante região leiteira que, climaticamente, corresponderá a um dos limiares da possibilidade de realizar duas colheitas.

Embora este ensaio apenas sublinhe uma potencialidade já conhecida (Seabra, 1935) e confirmada anteriormente pelo autor (dados não publicados), num ensaio preliminar realizado, em 1998, na estação experimental de hortofloricultura da ex-DRAEDM (Vairão), será de grande importância avaliar, com estudos mais detalhados, envolvendo um maior número de variáveis, o impacto económico e ambiental da prática de duas colheitas de milho, no mesmo ano.

Para além da região norte da Beira Litoral, onde já se verificou ser viável, este sistema poderá atingir a sua maior potencialidade noutras regiões mais a sul, onde o registo de soma de temperaturas permita maior liberdade quanto a datas de sementeira.

CONCLUSÕES

Este trabalho demonstrou a possibilidade de realização, com sucesso, de dois ciclos de milho híbrido da classe FAO 200, num mesmo ano.

Considera-se que se impõe uma experimentação mais extensiva em diversas regiões do país, bem como a definição cartográfica, utilizando modelos de previsão, de isolinhas de aptidão para o sistema “corn-corn double crop”.

AGRADECIMENTOS

O autor deseja agradecer à Hectagro, em representação da KWS, pelo apoio material dispensado e ao Centro de Geologia da Universidade do Porto, por ter facultado o acesso aos dados climáticos da estação meteorológica do Porto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRAGA, R.; CARDOSO, M.; COELHO, J., 2008. Crop model based decision support for maize (*Zea mays* L.) silage production in Portugal. *European Journal of Agronomy*, **28**, 224–233.
- ANDRADE, J.; ABREU, F., 2007. Influência da temperatura e do teor de humidade do solo na área foliar e acumulação de matéria seca durante o estabelecimento da ervilha, do milho e do girassol. *Revista de Ciências Agrárias*, **30**, 27-37.
- NOGUEIRA, A., 1999. Boletim regional de variedades de milho forragem. *O Minho, a Terra e o Homem*, **42**, 1-24.
- SEABRA, A.L., 1935. *O milho, preceitos para a sua cultura racional*. Companhia União Fabril e Imperial Chemical Industries, 77 pp. Lisboa, Portugal.
- HEGYI, Z.; PÓK, I.; SZÓKE, C.; PINTÉR, J., 2007. Chemical quality parameters of maize hybrids in various FAO maturity groups as correlated with yield and yield components. *Acta Agronomica Hungarica*. **55**, 217-225.

THE SYSTEM “CORN-CORN DOUBLE CROP” AND THE OPTIMIZATION OF CORN SILAGE PRODUCTION IN PORTUGUESE IRRIGATED AREAS

SUMMARY

In some European regions, the sum of temperature and sun radiation in Spring and Summer is almost the double of that existing in other areas. However, the corn silage production is equivalent (considering equal water availability).

In the Portuguese conditions, the average difference between the production of the best FAO 200 varieties and the FAO 500 and 600 varieties (the most used silage corn varieties) is usually around 20%.

Before the introduction of high productive hybrids, double cropping corn was a common practice in some regions of Portugal ?. In this work, we show the results of a one year field trial, to test the hypothesis of producing two short FAO cycles of corn silage in one year.

As expected, it was possible to take two corn (FAO 200) silage harvests, which production (55,8 t/ha DM) surpassed a lot the yield (35,6 t/ha DM) of a single long cycle variety (FAO 500), representing a gain of more than 20 t/ha (+57%).

Keywords: Double cropping, corn, silage.

MILHETO PÉROLA OU PAINÇO FORRAGEIRO (*Pennisetum glaucum*). PASTO TROPICAL DE ELEVADA PRODUÇÃO

B. SABUGOSA-MADEIRA

ENVISED - Centro de Geologia da Universidade do Porto, Rua do Campo Alegre, 687; 4169 - 007

Porto (Portugal) jbcspm@yahoo.com

RESUMO

Embora o milheto pérola *Pennisetum glaucum* (L) R. Brown seja já comercialmente cultivado no centro e sul de Portugal, não se conhecem os resultados de qualquer estudo que avaliasse a sua adaptação produtiva. Esta forrageira anual, especialmente apta para o pastoreio tem, a nível global, vindo a substituir o sorgo e a erva do Sudão na constituição de prados temporários de Verão, dada a sua melhor utilização da água, maior tolerância ao stress hídrico, produção mais elevada (mesmo face aos melhores híbridos de *Sorgum*), total ausência de toxicidade e grande capacidade de regeneração, após o corte.

Utilizando semente de variedade desconhecida, num ensaio de dois anos instalado na Beira Litoral, de sequeiro, obteve-se uma produção média de 112 t/ha MH num único corte.

A utilização de cortes múltiplos e de semente híbrida (a mais vendida em Portugal) permitirá, certamente, atingir produções superiores às registadas neste ensaio, o que leva a concluir que a adaptação da planta é perfeita, podendo, com vantagem, substituir as “milharadas” e, em certas condições, os híbridos de sorgo.

Neste trabalho, efectua-se uma revisão sobre o potencial produtivo e utilizações desta espécie, concluindo pela necessidade de se ensaiarem culturas forrageiras e pratenses alternativas nomeadamente, de origem tropical e sub-tropical.

Palavras-chave: prados temporários, gramíneas C4, milheto, *Pennisetum*.

INTRODUÇÃO

Nas explorações de bovinos, parte dos alimentos é produzida pelos criadores, adoptando-se, geralmente, a sucessão milho-ferrãs.

Este sistema cultural implica um elevado encargo com maquinaria e coloca questões ambientais e de sustentabilidade económica. Este modelo (intensivo), adoptado em grande parte da Europa e dos Estados Unidos, foi importado para Portugal sem qualquer modificação, apesar das óbvias diferenças ecológicas e climáticas.

Em casos de encabeçamentos muito elevados, como ocorre no Entre Douro e Minho e na Beira Litoral, onde a média é já de 5,7 CN/ha SAU-Forrageira (Curado *et al.*, 2007), a situação é de excesso de carga animal, o que implica a importação de energia e proteína (na forma de concentrados) e, inclusivamente, de palha de cereais, do que resulta o esmagamento das margens de lucro dos produtores.

A pequena dimensão das explorações, nestas regiões, e a insuficiente produtividade das pastagens nacionais, particularmente durante a estação quente, têm sido os principais obstáculos à implementação de sistemas em que o pastoreio é permitido, pelo menos, em parte do ano. A menor produção líquida das pastagens da região temperada justifica o estudo e eventual introdução de forrageiras em C4, além das actualmente disponíveis, como o milho e o sorgo.

Dos poucos ensaios rigorosamente conduzidos e realizados em Portugal, com o objectivo de adaptar gramíneas C4 (vivazes e/ou perenes) de origem tropical e subtropical às condições climáticas nacionais, destacamos os que foram conduzidos na Estação Agronómica Nacional e que incluíram o *Pennisetum purpureum*, a *Setaria splendida*, a *Setaria sphacelata* e, ainda, o *Paspalum dilatatum* (Dordio e Rebelo, 1994). Nesses estudos, a *Setaria splendida*, sem fertilização, produziu 162 t/ha de matéria verde/ano, ultrapassando 200 t/ha, com a adubação azotada óptima (Rebelo, 1986). Apesar deste impressionante resultado, a linha de investigação foi completamente abandonada.

O outrora muito popular “painço português” (*Setaria italica*), hoje extensivamente explorado na Argentina, sul do Brasil e centro-sul da Europa, encontra-se totalmente negligenciado, para não dizer, esquecido.

Embora tenha sido introduzido com grande sucesso e desempenhe um importante papel na constituição dos prados naturais de Verão da bacia do Vouga, o *Paspalum urvillei* está também esquecido, embora seja um dos melhores exemplos da potencial aclimação de exóticas vivazes C4 de alta produção (Ramalheira, 1962; Curado *et al.*, 2007).

Em Portugal e em Espanha, é fácil encontrar casos de aclimação do *Chloris gayana*, *Miscanthus sinensis* e *M. giganteus*, do *Panicum maximum*, do *Panicum miliaceum*, diversas variedades de *Cynodon dactylon* (extensivamente cultivado em relvados) e até, em alguns locais, do *Pennisetum purpureum* (Torrealba *et al.*, 1989; Pardo e Garcia, 1984; Verloove, 2006).

Embora não esteja registado, é do conhecimento do autor deste trabalho o extraordinário comportamento, na região de Coimbra e de Lisboa, de algumas leguminosas perenes de origem tropical, nomeadamente da *Pueraria* spp. (ou kudzu) e a possibilidade de cultivo de leguminosas anuais como as dos géneros *Dolichos* e *Crotalaria* e o *Cajanus cajan*.

Quanto ao *Panicum maximum*, uma das forrageiras mais produtivas e de melhor qualidade nutricional de origem tropical e subtropical, e apesar de haver variedades promissoras para algumas regiões nacionais, tendo em consideração o seu comportamento noutras partes do mundo (Cook *et al.*, 2005), não existem referências à sua experimentação em Portugal. Aliás, o potencial do arquipélago dos Açores para a produção de pastagens com cultivares de *P. maximum*, com origem na EMBRAPA, foi já identificado como de interesse industrial (comunicação pessoal Eng.^a Paula Cruz Carvalho, 2009), mas não terá ainda sido estudado, nem identificadas as cultivares mais adequadas.

Atentos ao potencial das espécies indicadas, Tenreiro (1989) e Carneiro e Lourenço (2000) sugeriram a concretização, em Portugal, de uma ampla colecção de germoplasma de gramíneas C4 e a sua avaliação, o que não se concretizou até à data.

Apesar da falta de investigação científica “formal”, o circuito comercial e a iniciativa privada têm procurado estas alternativas. Refira-se a rápida expansão, nomeadamente na Cova da Beira, de uma cultivar híbrida de alta produtividade de *Pennisetum glaucum*, obtida na Austrália pela “Pacific Seeds” e já comercializada em Portugal, sob o nome “Nutrifeed”- painço forrageiro.

Embora aprovado pelos produtores, desconhece-se completamente qual o comportamento e adaptação do *Pennisetum glaucum* às condições nacionais, pois nunca foi cientificamente estudado, apesar de já ocupar uma área de várias dezenas de hectares. Com o presente trabalho, pretendeu-se fazer uma primeira abordagem experimental da possibilidade de implantação do *Pennisetum glaucum* (ou painço pérola) e da respectiva produtividade, na zona norte litoral do país.

MATERIAL E MÉTODOS

Em 2008 e 2009, implantou-se, no município de Oliveira de Azeméis, (40°55'N, 8°25'O, h=300m), correspondente ao norte do distrito de Aveiro, noroeste de Portugal, um talhão de ensaio com 1500 m².

A totalidade da superfície foi semeada com *Pennisetum glaucum* de variedade desconhecida.

Em 2008, a cultura foi instalada em 16 de Julho, mas não foram feitas medições

Em 2009, a cultura foi instalada em 12 de Junho, tendo sido feita uma amostragem da biomassa, em 7 de Setembro, para avaliação da produção, correspondendo, portanto, a um corte único.

O solo não teve qualquer fertilização. Tratava-se de um solo de textura média, com níveis altos de potássio (236 ppm) e de fósforo (146 ppm), com pH 6,2 e teor de matéria orgânica de 6,5%. A sementeira, que teve a densidade de 25 kg/ha, foi efectuada a lanço, manualmente. Embora houvesse disponibilidade de água para regar, não se realizou qualquer rega.

A massa verde da forragem foi cortada a 10 cm de altura, em 4 quadrados com 3 m², e pesada, tendo-se determinado o teor de matéria seca (MS).

Os dados meteorológicos de 2009 foram cedidos pelo Centro de Geologia da Faculdade de Ciências do Porto, respeitando à estação de “Campo Alegre”. que, embora não seja a estação mais próxima do local do ensaio, é a que tem mostrado maior semelhança em termos de eventos climáticos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Sendo a semente utilizada de origem e variedade desconhecidas, não foi possível, *à priori*, saber qual era o seu ciclo. A sementeira realizada em 2008, a 16 de Julho, demonstrou ser demasiado tardia para a variedade utilizada. Com efeito, embora as plantas se tenham desenvolvido rapidamente, não produziram de acordo com o seu potencial, verificando-se algum espigamento no mês de Novembro, pelo que não se considerou este ano de ensaio.

Em 2009, a produção de *Pennisetum glaucum* foi de 112 t/ha de matéria verde, com um teor de matéria seca de 16,6%, o que correspondeu a 18,5 t/ha MS.

Apesar de não se ter realizado qualquer rega, nunca se observaram os sinais característicos de deficiência hídrica, nomeadamente o enrolamento foliar, sintomas observados no talhão adjacente, semeado com milho para grão.

Na Figura 1, apresenta-se a evolução da temperatura média mensal e da precipitação acumulada mensal, entre Março e Outubro de 2009.

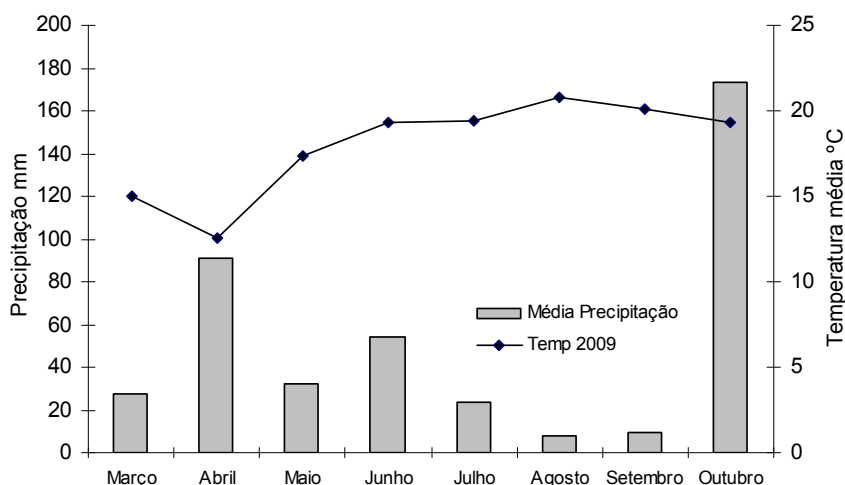
A colheita da matéria verde foi realizada na fase de emborrachamento. Após a colheita, as plantas regeneraram a parte aérea, com afilhamento intenso. Porém, as plantas cortadas não conseguiram florir, certamente devido ao decréscimo de temperatura que ocorreu após o início de Setembro.

A floração decorreu de forma heterogénea, havendo muitas plantas que não chegaram a emitir qualquer panícula, enquanto que foi possível colher grão de outras, embora com panículas mal preenchidas.

A vegetação manteve-se verde, para além do mês de Novembro, fenecendo rapidamente com as primeiras geadas.

Apesar de um crescimento inicial relativamente lento, nas fases seguintes, as plantas de *Pennisetum glaucum* conseguiram vencer as infestantes, pelo que não houve necessidade de realizar mondas.

Figura 1.



Temperatura e precipitação observadas na cidade do Porto, em 2009.

Em primeiro lugar, verifica-se que, na região estudada, a estação de crescimento, mesmo com sementeiras tão tardias como em 12 de Junho, permite uma elevada produção de massa verde e de MS. Aliás, no Brasil, algumas variedades de *Pennisetum glaucum* são conhecidas como “Massa” ou “Super massa”, sendo utilizado para a produção de “palhada”.

A elevada produção obtida é especialmente interessante, na medida em que foi obtida em condições muito adversas. Com efeito, a sementeira foi feita com semente de variedade desconhecida (quando no mercado, inclusive português, já existem variedades híbridas) e não se efectuou qualquer rega, nem nenhuma fertilização. Finalmente, procedeu-se, apenas, a um só corte, em data que não correspondeu à fase ideal de colheita, o que, a ter-se realizado, certamente, estimularia o afilhamento, que costuma ser forte e característico nesta espécie (Filho *et al.*, 2003).

De acordo com o catálogo 2009 da HECTAGRO, os melhores resultados com a variedade híbrida “nutrifed” são obtidos quando o primeiro corte é efectuado com as plantas ainda com 30/40 cm, devendo ser realizado o mais cedo possível, não permitindo que as plantas cresçam para além de 80 cm. Para a variedade híbrida comercializada, referem, mesmo, uma capacidade de crescimento diária de até 5 cm. Este catálogo refere, também, teores de proteína entre 16 e 20%, mas Filho *et al.* (2003) referem teores que atingem 22%, na folhagem e 9%, no colmo.

Em relação à segurança alimentar animal, confirmou-se que as ovelhas às quais foi fornecida a forragem cortada, não só a consumiram, como não fizeram distinção em relação à folhagem de milho. Mesmo em regime de exclusividade, não se observou qualquer desordem fisiológica, o que poderia ser de temer, no caso de espécies do género *Sorghum*.

Demonstrando tolerância à deficiência hídrica no solo e elevada capacidade de produção de massa verde e verificando-se a potencial adaptação desta planta à região estudada, considera-se ser importante estudar melhor o comportamento produtivo desta forrageira e a sua eventual integração em sistemas de pastoreio de bovinos leiteiros. Impõe-se, assim, a necessidade de realização de mais investigação, em condições de manejo mais próximas das reais, incluindo estudos do valor alimentar.

Com os resultados obtidos, e perante as perspectivas de melhoria, deixam de impressionar os resultados de Rebelo (1986) com a forrageira *Setaria splendida*. Aliás, 200 t/ha de matéria verde de-

vem passar a ser a próxima meta, em termos de produção de forragens de Verão, demonstrando-se o enorme potencial que, pontualmente, as gramíneas tropicais e sub-tropicais em C4 têm no país, principalmente em situação de sequeiro ou com risco de ocorrência de deficiência hídrica no solo.

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos demonstram o elevado potencial produtivo do *Pennisetum glaucum* em regime de sequeiro e sem fertilização, isto é, em condições adversas.

Dada a disponibilidade de variedades melhoradas no comércio nacional, nomeadamente híbridas, que perspectivam produções mais elevadas e mais eficientes, considera-se importante o desenvolvimento de futuros estudos agronómicos, varietais e zootécnicos, cuja urgência se justifica pelo facto desta planta ser já extensivamente cultivada em Portugal, sem que tenham havido quaisquer estudos científicos.

AGRADECIMENTOS

O autor deseja agradecer ao Centro de Geologia da Universidade do Porto por ter facultado o acesso aos dados climáticos da sua estação meteorológica do Porto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CARNEIRO, J.; LOURENÇO, M., 2000. Introduction of tropical forage species in temperate pastures to face water and temperature stresses. Proceedings of the 23st Meeting of the Fodder Crops and Amenity Grasses Section of EUCARPIA, cidade, páginas do artigo.
- COOK, B.; PENGELLY, B.; BROWN, S.; DONNELLY, J.; EAGLES, D.; FRANCO, M.; HANSON, J.; MULLEN, B.; PARTRIDGE, I.; PETERS, M.; SCHULTZE-KRAFT, R., 2005. Tropical Forages: an interactive selection tool. [CD-ROM], CSIRO, DPI&F(Qld), CIAT and ILRI, Brisbane, Australia.
- CURADO, M. J.; ALONSO, J.; D'EÇA, P.; SILVA, A., 2007. *Plano de Ordenamento da Bacia Leiteira Primária de Entre o Douro e Minho*. Porto, Universidade do Porto – CIBIO, Escola Superior Agrária do Instituto Politécnico de Viana do Castelo, Instituto para o Desenvolvimento Agrário da Região Norte, Direcção Regional de Agricultura do Entre o Douro e Minho.
- DORDIO, A. M.; REBELO, D.C., 1994. O melhoramento de forragens na Estação Agronómica Nacional. *Melhoramento*, **33(1)**, 241-256.
- FILHO, I.; FERREIRA, A.; COELHO, A.; CASELA, C.; KARAM, D.; RODRIGUES, J.; CRUZ, J.; WAQUIL, J., 2003. *Manejo da cultura do milho*. Embrapa Circular Técnica **29**, páginas x a y.
- PARDO, E.; GARCIA, C., 1984. *Praderas y Forrajes*. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid (España).
- RAMALHEIRA, E.A., 1962. A gramínea *Paspalum urvillei*, planta de interesse forrageiro na região de Aveiro. *Agricultura*, **12**, 20-30.
- REBELO, D.C., 1986. Uma gramínea de alta produção. *Pastagens e Forragens* **4**, 97-109.
- TENREIRO, P., 1989. Gramíneas vivazes em C4, potencial introdução nos sistemas de regadio. *Pastagens e Forragens*, **10**, 267-281.
- TORREALBA, B.; DOMINGUEZ, A.; CORREA, E.; HERNANDEZ, B., 1989. Posibilidad de cultivo y aprovechamiento del “pasto elefante” (*Pennisetum purpureum* Schumm) en Tenerife (Islas Canarias). *Pastagens e Forragens*, **7**, 79-86.
- VERLOOVE, F., 2006. Exotic grasses running wild: *Megathyrsus maximus* (Poaceae, Paniceae) – new to Spain. *Bouteloua*, **1**, 55-60.

PEARL MILLET (*Pennisetum glaucum*). TROPICAL PASTURE OF HIGH PRODUCTION IN PORTUGAL

SUMMARY

Pearl millet [*Pennisetum glaucum* (L) R. Brown] is a tropical pasture which interest is rapidly increasing, since it is a highly productive species and can be grown in temperate areas where short cycle cultivars are available.

Comparing to corn and sorghum, it has the advantage of being more tolerant to hydric stress, more efficient in dry matter production, and can be directly pastured, as it re-grows and is not toxic.

We report a two year trial in the northwest of Portugal where this crop, without irrigation, produced 112 t/ha WM (18,5 t/ha DM) in a single cut.

Since hybrid varieties are available in Europe and better conditions of irrigation and fertilisation can be provided, it seems that a great potential of expansion of this crop exists.

Keywords: temporary pasture, tropical grasses, pearl millet, *Pennisetum*.

PRODUÇÃO E EFICIÊNCIA DO USO DA ÁGUA EM GRAMÍNEAS PRATENSES

N.M. SIMÕES, I. DUARTE, J.P. CARNEIRO, M.M. TAVARES-DE-SOUSA

Instituto Nacional dos Recursos Biológicos/ INIA

Apartado 6, 7350-951 Elvas, Portugal

RESUMO

A distribuição irregular da precipitação ao longo dos anos, e em particular no Inverno e início da Primavera, torna bastante aleatória a produtividade das culturas em regime de sequeiro nas regiões sob influência de clima Mediterrânico. A este facto junta-se uma diminuição da água disponível para a agricultura. Deste modo será extremamente importante o uso de plantas que apresentem uma maior WUE (eficiência do uso da água). Com este objectivo, realizou-se no INRB/INIA – Elvas (Portugal) um ensaio com variedades de gramíneas perenes (7 variedades de *Dactylis glomerata* e 6 variedades de *Festuca arundinacea*). O ensaio teve a duração de 3 anos, nos quais se mediram as produções de matéria seca em função da disponibilidade de água no solo, em vários cortes ao longo do ano, tendo-se verificado existirem diferenças marcadas na WUE entre as espécies, com uma maior eficiência por parte das festucas, mas também entre variedades.

Palavras-chave: WUE; *Dactylis glomerata*; *Festuca arundinacea*; matéria seca

INTRODUÇÃO

A análise sectorial do uso da água na região mediterrânea mostra que 72% da água disponível é utilizada na agricultura (Hamdy e Lacirignola, 1999). No entanto, devido ao aumento do consumo de água pelas populações para fins não agrícolas, a disponibilidade de água para essa actividade tende a diminuir tornando-se num bem escasso (Margat e Vallée, 1997). A selecção de espécies pratenses autóctones é um dos objectivos do programa de melhoramento de pastagens do L-INIA/Elvas. Sabendo que as gramíneas pratenses são espécies mediterrânicas, com elevada adaptação a diferentes tipos de solos e de boa palatabilidade para o animal, estabeleceram-se, no âmbito do projecto europeu PERMED Contrato: PL 509140 – ‘*Improvement of native perennial forage plants for sustainability of Mediterranean farming systems*’, um conjunto de objectivos específicos que complementam os objectivos do programa de melhoramento de pastagens, a desenvolver no L-INIA/Elvas, de modo a facilitar a selecção e a obtenção de informações sobre *Dactylis glomerata* e *Festuca arundinacea*. Como principal objectivo deste programa está a selecção de espécies pratenses vivazes autóctones para associar a leguminosas anuais de ressementeira natural em pastagens de sequeiro e/ou regadio, nomeadamente o estudo do comportamento morfofisiológico, relacionado com a sobrevivência estival, capacidade de regeneração, persistência e produtividade.

MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio foi instalado no dia 28 de Outubro de 2005, nos campos da ex-Estação Nacional de Melhoramento de Plantas actual INRB (L-INIA), em Elvas, latitude de 38° 53' 15''N, longitude de 7° 08' 42''W e altitude de 219 m. O solo foi caracterizado como um *coluviossolos* (limo-arenoso) com 90 cm de profundidade, cuja análise realizada no *Laboratório Químico Agrícola Rebelo da Silva* resultou nos seguintes valores: P₂O₅ > 200 ppm, K₂O > 122 ppm, Mg > 125 ppm, matéria orgânica 1.3 % e pH_(H2O) 6.7. Consta de 3 repetições em blocos completamente casualizados. Cada parcela de 10 linhas

de 2,5 m de comprimento e distanciadas de 20 cm foi fertilizada com 200 kg ha⁻¹ de um adubo composto de fundo: 0(N) - 21(P₂O₅) - 21(K₂O) e mais tarde (final de Inverno) com adubo de cobertura 50 kg ha⁻¹ de N. Após cada corte efectuado, para determinação da biomassa produzida, o campo foi fertilizado com 40 unidades de azoto.

As medições foram feitas no 2º e 3º ano do ensaio. Em cada parcela cortaram-se as 6 linhas centrais (3 m²). Estes cortes eram realizados, em todos os talhões, sempre que as festucas apresentavam uma altura média de 20 cm. Posteriormente, o material vegetal obtido foi pesado em verde. Duas amostras de 300 g (peso verde) por cada talhão, foram secas numa estufa de ar forçado a 65º C até peso constante. A produtividade em kg de matéria seca (MS) por unidade de superfície, foi estimada a partir do peso total da amostra em verde, aplicando-se a taxa de peso seco, obtida pela média das 2 amostras. No centro das parcelas com as variedades de *Dactylis glomerata*: Delta1, Currie, Jana, Kasbah, Medly, Ottava e Porto, e de *Festuca arundinacea*: Centurion, Flecha NE, Fraydo, Lutine, Tanit e Sisa foi introduzido um tubo de PVC com tampão de fundo estanque com 1,2 m, para a medição do potencial hídrico do solo (a 1 metro de profundidade). Este parâmetro foi medido com uma sonda *Diviner 2000*[®] durante os 2º e 3º anos de ensaio. Calculou-se a evapotranspiração real (ETR, em m³/ha) para cada variedade. A Eficiência do Uso da Água (WUE) foi calculada, para cada variedade, em cada corte efectuado, da seguinte forma:

WUE = biomassa (kg/ha) / água consumida entre cortes (ETR)

A determinação da eficiência do uso da água é um bom indicador ecofisiológico para o melhoramento de plantas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 pode-se verificar a produção anual de matéria seca no 2º e 3º ano, para as variedades de *Dactylis glomerata*. É de destacar a boa produtividade das variedades Jana e Currie que apresentaram no segundo ano produções muito próximas dos 8 000 kg/ha e, por outro lado, destacar a baixa produtividade da variedade Porto que apenas obteve produções na ordem dos 4 000 kg/ha. Na análise estatística para a MS em *Dactylis glomerata* (Quadro 1) verificou-se haver diferenças altamente significativas entre anos, entre cortes, entre variedades, nas interações ano x corte, corte x variedade e ano x corte x variedade. No que se refere à interação ano x variedade verificou-se não existirem interações significativas, ou seja cada uma das variedades apresentou um comportamento semelhante nos 2 anos. No que se refere à produção de matéria seca nas variedades de *Festuca arundinacea* (Figura 2), observou-se que estas apresentaram produções médias mais altas que as variedades de *Dactylis glomerata*. As variedades Flecha (nos 2 anos) e Lutine (no ano 2007/08) atingiram valores muito próximos dos 12 000 kg/ha.

Na análise estatística para a MS das festucas (Quadro 1) verifica-se, tal como para *Dactylis glomerata*, que existem diferenças altamente significativas entre anos, entre variedades, entre cortes, nas interações ano x corte e corte x variedade. No que se refere às interações ano x variedade e ano x corte x variedade verificou-se não existirem interações significativas.

A Eficiência do Uso da Água foi de um modo geral mais elevada nas variedades de *Festuca arundinacea* do que nas variedades de *Dactylis glomerata* (Figuras 3 e 4). Dentro das variedades de *Dactylis glomerata* verificou-se uma maior WUE na variedade Medly. Como seria de esperar, em ambos os anos, a variedade Kasbah mostrou uma baixa WUE no último corte, realizado já próximo do

Verão. Este facto é explicado pela marcada dormência estival desta variedade. Verificou-se também uma baixa WUE por parte da variedade Porto, a qual apenas mostrou valores mais elevados no último corte de ambos os anos.

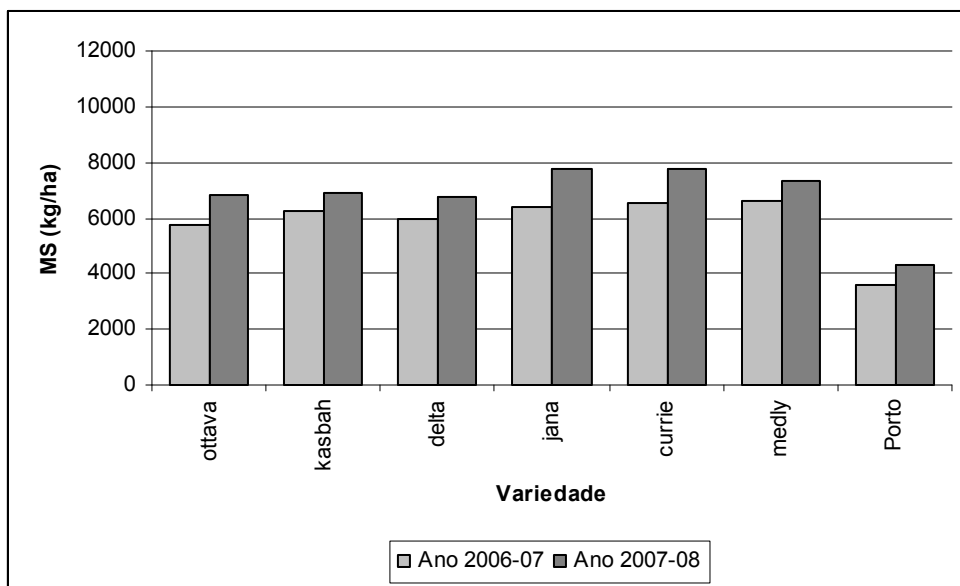


Figura 1 . Produção anual de matéria seca (kg / ha) de 7 variedades de *Dactylis glomerata* nos anos 2006/07 e 2007/08.

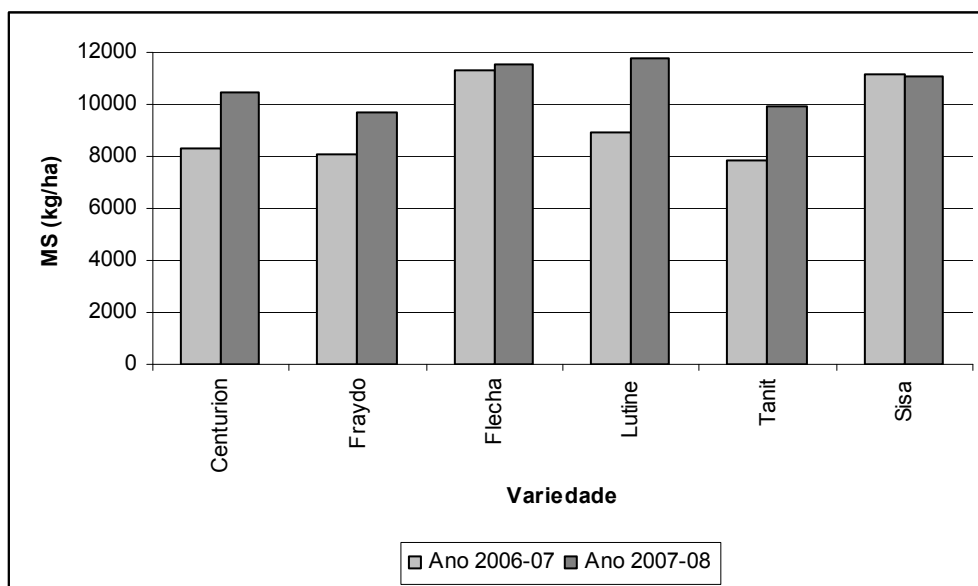


Figura 2 . Produção anual de matéria seca (kg / ha) de 6 variedades de *Festuca arundinacea* nos anos 2006/07 e 2007/08.

Nas variedades de *Festuca arundinacea* verificou-se uma boa WUE (Figura 4) em quase todos os cortes efectuados, excepção feita ao último corte do segundo ano em que se verificou uma diminuição marcada da WUE (excepto na variedade Lutine).

A análise estatística ANOVA realizada para a WUE em *Dactylis glomerata* mostrou que existem diferenças altamente significativas entre as variedades e entre cortes, não se verificando diferenças significativas entre anos. No que se refere às interações apenas se verificou existirem interações altamente significativas no corte x variedade.

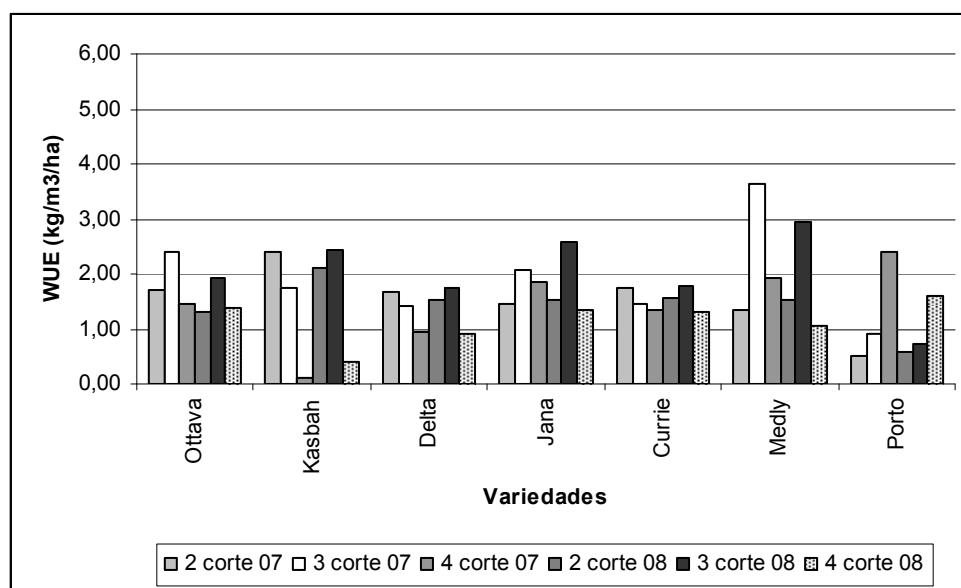


Figura 3. Valores médios de WUE (kg/m^3), em diversos cortes, para as variedades de *Dactylis glomerata*.

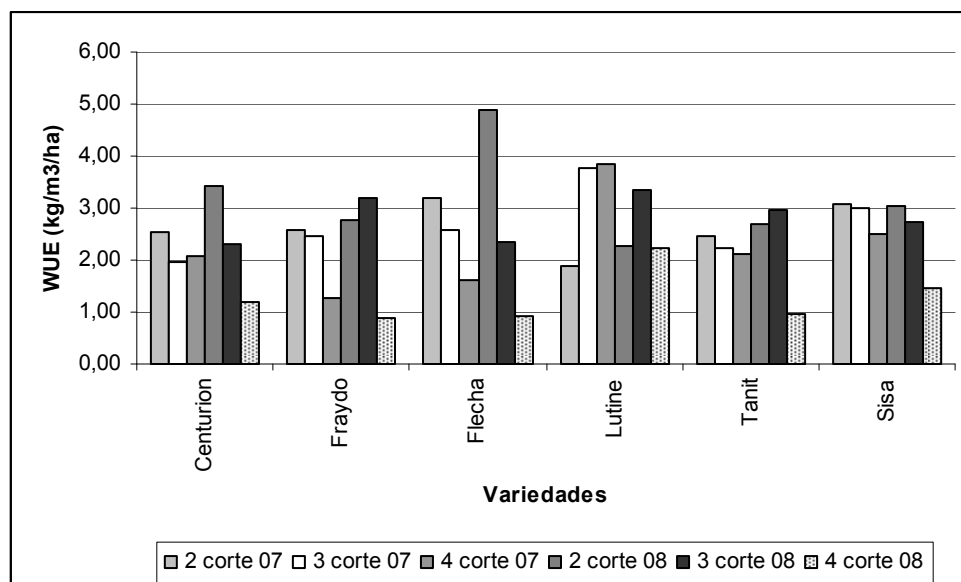


Figura 4. Valores médios de WUE (kg/m^3), em diversos cortes, para as variedades de *Festuca arundinacea*.

Na análise ANOVA realizada para a WUE em *Festuca arundinacea* verificou-se existirem diferenças altamente significativas para os cortes efectuados e diferenças muito significativas entre as variedades (Quadro 2). Também se verificou existirem interacções altamente significativas para as interacções ano x corte e corte x variedade.

CONCLUSÕES

Cultivares como Kasbah que entram em verdadeira dormência estival no final da Primavera - início do Verão não produzem qualquer crescimento de órgãos vegetativos, obtendo-se assim uma reduzida ou nula produção de biomassa, bem como uma baixa WUE. Para zonas de clima Mediterrânico procura-se a obtenção de cultivares que simultaneamente apresentem elevada persistência e elevada produção de biomassa até ao fim do Verão (época de carência alimentar). Festucas como a variedade Flecha, que manifestam uma semi-dormência e apresentam elevada

biomassa e WUE, assim como a futura variedade de *Dactylis glomerata* Delta do INRB de Elvas (em fase de inscrição no Catálogo Nacional de Variedade), embora esta em menor grau, apresentam-se como muito interessantes para a produção em regime de sequeiro nas condições mediterrânicas..

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi realizado no âmbito do Projecto PERMED PL 509140 ‘*Improvement of Native Perennial Forage Plants for Sustainability of Mediterranean Farming Systems*’.

BIBLIOGRAFIA

HAMDY, A.; LACIRIGNOLA, C., 1999. *Mediterranean Water Resources: Major Challenges towards the 21st Century*. IAM Editions, Bari, Italy, 570 pp.

MARGAT, J.; VALLÉE, D., 1997. Démographie en Méditerranée. *Options Méditerranéennes Série A* 31, 3–16.

Quadro 1. Análise estatística ANOVA para a MS (kg/ha) para *Dactylis glomerata* e *Festuca arundinacea*

	<i>Dactylis glomerata</i>		<i>Festuca arundinacea</i>	
	MS (kg/ha)	Graus de liberdade	MS (kg/ha)	Graus de liberdade
Ano	***	1	***	1
Cortes	***	3	***	3
Variedades	***	6	***	5
Ano x Corte	***	3	***	3
Ano x variedade	ns	6	ns	5
Corte x variedade	***	12	***	10
Ano x Corte x Variedade	***	18	ns	15
Erro	-	112	-	96
Média	1584	-	2501	-
CV (%)	19,56	-	23,16	-

QUADRO 2. Análise estatística ANOVA para a WUE (kg/m³) para *Dactylis glomerata* e *Festuca arundinacea*

	<i>Dactylis glomerata</i>		<i>Festuca arundinacea</i>	
	WUE	Graus de liberdade	WUE	Graus de liberdade
Ano	ns	1	ns	1
Cortes	***	2	***	2
Variedades	***	6	**	5
Ano x Corte	ns	2	***	2
Ano x variedade	ns	6	ns	5
Corte x variedade	***	12	***	10
Ano x Corte x Variedade	ns	12	ns	10
Erro	-	84	-	72
Média	1,590	-	2,455	-
CV (%)	32,39	-	25,88	-

**PRODUCTION AND WATER USE EFFICIENCY (WUE) IN PERENNIAL GRASSES
SUMMARY**

The uneven distribution of rainfall over the years, particularly in winter and early spring, becomes rather random crop yields under rainfed conditions in the regions under the influence of Mediterranean climate. To this fact we must join the decrease of available water to agriculture. This makes it extremely important to use plants that show a higher WUE (water use efficiency). To this aim, held in INRB / INIA - Elvas (Portugal), an experience testing with perennial grasses (7 varieties of *Dactylis glomerata* and 6 varieties of *Festuca arundinacea*). The test lasted for 3 years, in which measured the production of dry matter depending on the availability of soil water in various sections throughout the year; it became clear there are marked differences in WUE between species, with higher efficiency in the fescues, but also between varieties.

Keywords: WUE; *Dactylis glomerata*; *Festuca arundinacea*; dry matter

APLICAÇÃO AO SOLO DE RESÍDUOS ORGÂNICOS: PRODUÇÃO DE SILAGEM DE MILHO E RECUPERAÇÃO DE AZOTO

J. P. CARNEIRO¹, J. COUTINHO² E H. TRINDADE³

¹Escola Superior Agrária de Castelo Branco, Qt^a. da Sra de Mércules, Ap. 119, 6001-909 Castelo Branco, Portugal jpc@esa.ipcb.pt. ²Centro de Química - UTAD, Ap. 1013, 5001-801 Vila Real, Portugal j_coutin@utad.pt. ³CITAB – UTAD, Ap. 1013, 5001-801 Vila Real, Portugal htrindad@utad.pt

RESUMO

Através de um ensaio de campo efectuado na região centro interior de Portugal, em Castelo Branco, num Fluvissoilo dístico e em dois anos consecutivos, avaliou-se a influência da aplicação ao solo de chorume da bovinicultura (Ch), compostado de resíduos sólidos urbanos (RSU-P) e de lamas de depuração (Ldep-P), sobre a produção de silagem de milho e a recuperação aparente de azoto (RAA). A não realização de qualquer fertilização (Controlo), e a prática de uma adubação tradicional (Adtrad), foram também situações consideradas. Em Adtrad dosearam-se 90 kg N ha⁻¹ em fundo e 80 kg N ha⁻¹ em cobertura; nos restantes tratamentos 170 kg N ha⁻¹ através dos resíduos incorporados à sementeira. Na média dos dois anos as produções mais baixas verificaram-se no RSU-P (11,28 t MS ha⁻¹) e Controlo (12,06 t MS ha⁻¹), e as mais elevadas no Ch, Adtrad e Ldep-P (18,47, 16,88 e 16,79 t MS ha⁻¹, respectivamente). No segundo ano, condições climáticas mais favoráveis permitiram produções mais elevadas nos tratamentos com fertilização, o que contribuiu para um aumento da RAA. Na média dos dois anos RAA foi maior em Adtrad (71%) do que nos tratamentos com aplicação de resíduos (43, 37 e 7% em Ch, Ldep-P e RSU-P, respectivamente).

Palavras-chave: chorume, resíduos sólidos urbanos, lamas de depuração, fertilização azotada

INTRODUÇÃO

Os resíduos orgânicos são fontes de nutrientes e de matéria orgânica, na maior parte das vezes de reduzido custo económico, podendo e devendo por isso ter como destino privilegiado a deposição em solos agrícolas e florestais. No entanto, os nutrientes neles presentes encontram-se sobretudo na fracção orgânica, sendo necessário que o processo de mineralização ocorra para que fiquem biodisponíveis. Sendo o azoto, na grande maioria dos casos, o principal elemento limitante das produções vegetais (Santos, 1991), a incerteza, e sobretudo o desconhecimento da importância da sua disponibilização pelos resíduos, leva a que muitos dos nossos agricultores não o contabilizem quando da utilização destes materiais na fertilização das suas culturas. Tal atitude acarreta consigo, em muitas situações, elevados custos de ordem económica e ambiental.

A recuperação de azoto é a quantidade de nutriente aplicada efectivamente removida pelas plantas, sendo esta normalmente medida nos tecidos da parte aérea. No presente trabalho, para além de se quantificar os efeitos sobre a produção de silagem de milho decorrentes da utilização de chorume da bovinicultura, lamas de depuração urbanas ou de compostado de resíduos sólidos urbanos, em alternativa à adubação azotada tradicional, houve o objectivo de avaliar a disponibilização de azoto à cultura pelos diferentes resíduos, através da medição da recuperação aparente de azoto pelo método indirecto da diferença.

MATERIAIS E MÉTODOS

Descrição do ensaio - O ensaio de campo decorreu na região centro interior de Portugal, em Castelo Branco, num Fluvissoilo dístico. Nos primeiros 30 cm o solo apresentava 12 g kg⁻¹ de matéria orgânica (digestão sem aquecimento externo do C-orgânico com Na₂Cr₂O₇ e titulação com FeSO₄), 6,1 pH (H₂O) (razão solo/água de 1/2,5, p/p), 265 e 293 mg kg⁻¹ P₂O₅ e K₂O (Egner-Riehm). O estudo realizou-se entre Maio de 2006 e Setembro de 2007, e nele foi considerada a cultura do milho para produção de silagem (FAO 300), integrada num sistema forrageiro de duas culturas anuais: aveia (forragem) – milho (forragem). Os resíduos orgânicos utilizados foram o chorume de origem bovina (Ch), compostado de resíduos sólidos urbanos (RSU-P) e lamas de depuração urbanas (Ldep-P). Foram ainda considerados os tratamentos com aplicação de adubos azotados minerais convencionais (Adtrad) e sem aplicação de qualquer fertilizante (Controlo). Nos tratamentos com fertilização foram aplicadas as mesmas unidades de azoto na cultura de aveia e na do milho (80 e 170 kg N ha⁻¹, respectivamente). Na aveia, o N foi veiculado através de adubos minerais convencionais, excepto nas áreas de implantação do tratamento Ch, nas quais também se aplicou chorume à instalação desta cultura. Nos dois anos de milho os resíduos foram incorporados nos respectivos talhões imediatamente antes da sua sementeira, tendo-se em Adtrad procedido a uma aplicação repartida do azoto, com recurso a sulfato de amónio para a adubação em fundo e a nitrato de amónio para a de cobertura (90 e 80 kg N ha⁻¹, respectivamente). Os cinco tratamentos foram distribuídos aleatoriamente em três blocos, em talhões com 45 m² (5,6 m x 8,0 m). O sistema de rega usado foi o de aspersão, tendo a cultura beneficiado de um total (precipitação e rega) de 3720 e 3365 m³ ha⁻¹ de água, em 2006 e 2007, respectivamente.

Condições climáticas - As condições climáticas foram diferentes nos dois anos de ensaio, merecendo especial atenção as desigualdades observadas em relação à temperatura do ar. Em 2006, mediram-se durante o ensaio temperaturas médias mensais aproximadamente 1 °C acima das referidas para os mesmos meses no período 1951-1980. No mês de Julho registaram-se temperaturas particularmente elevadas, tendo a onda de calor sentida neste mês sido a mais significativa observada desde 1941 para o mês em causa (APA/MAOTDR, 2007). Ao contrário do ocorrido em 2006, durante o Verão de 2007 mediram-se temperaturas inferiores ao normalmente registado nesta época, tendo a diferença para com os valores médios mensais observados no primeiro ano sido da ordem dos 2°C.

Avaliação da produção - A produção foi avaliada com as plantas na fase de grão leitoso/grão pastoso. Foram colhidas plantas das duas linhas centrais de cada talhão (2 x 1,5 m x 0,75 m = 2,25 m²) para determinação do peso fresco no campo, e dessas retiradas 6 para determinação da humidade (60 ± 5°C) e N Kjehldal.

Recuperação aparente de N dos fertilizantes - A recuperação aparente de N dos fertilizantes (RAA) foi determinada pela expressão:

$$RAA (\%) = \frac{(N_{T_{fert}} - N_{T_{controlo}})}{N_{apl_{fert}}} \times 100$$

em que $N_{T_{fert}}$ e $N_{T_{controlo}}$ representam, respectivamente, a quantidade de azoto removida pela cultura no tratamento fertilizado e no tratamento Controlo (sem fertilização), e $N_{apl_{fert}}$ as unidades de N aplicadas quando da fertilização. Para apuramento das quantidades de azoto removidas pelas culturas

em cada tratamento e colheita, consideraram-se as produções por hectare expressas em matéria seca (MS) obtidas em cada situação, bem como a concentração de azoto total na parte aérea das plantas.

Análise estatística dos resultados - A diferença entre resultados para cada parâmetro foi avaliada através de análise de variância, usando-se para o efeito o programa SPSS 17.0. A separação de médias foi efectuada recorrendo-se ao teste de Duncan ($p < 0,05$).

RESULTADOS

Produção - A produção de silagem foi mais elevada ($p < 0,05$) no segundo ano (Figura 1), e foi nesta ocasião que o tipo de fertilização teve influencia mais expressiva ($p < 0,05$) na quantidade de forragem colhida. Ainda que não se tivesse observado uma interacção importante ($p > 0,05$) entre tipo de fertilização e ano, foi no Controlo que se registou a menor diferença entre as colheitas de 2006 e 2007 (apenas mais 200 kg MS ha⁻¹ no segundo ano).

Foi no RSU-P e no Controlo que os valores de produção foram mais baixos. Sem que em nenhuma das avaliações realizadas se tivessem observado diferenças importantes ($p > 0,05$) entre estes tratamentos, no conjunto das duas culturas proporcionaram menos cerca de 10 t MS ha⁻¹ de forragem que Adtrad (33,77 t MS ha⁻¹). Em Ldep-P e Ch foram obtidas produções muito semelhantes ($p > 0,05$) às conseguidas em Adtrad, em ambos os anos.

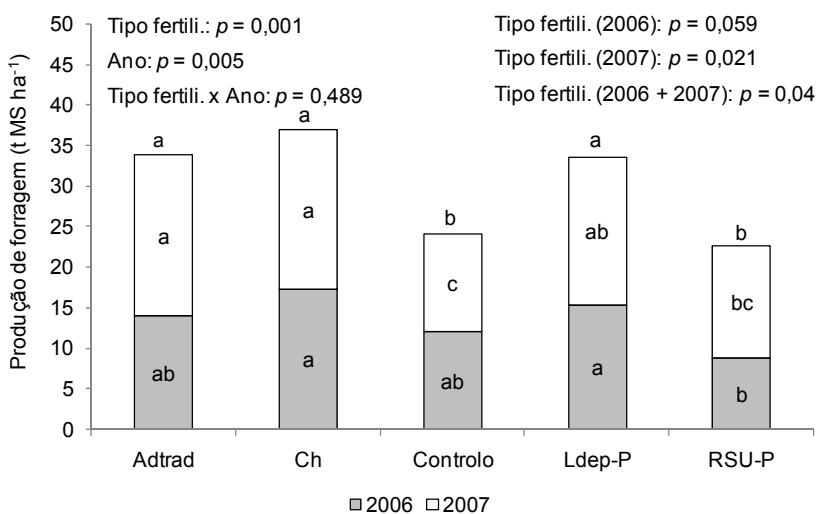


Figura 1 – Produção média de matéria seca de cada tratamento nos dois anos de ensaio. Para um mesmo ano e para o total de produção nos dois anos, letras diferentes indicam diferenças significativas ($p < 0,05$), de acordo com o teste de Duncan.

Recuperação aparente de N dos fertilizantes – Em relação aos resultados de RAA (Figura 2), há a registar a melhoria generalizada no aproveitamento do nutriente no segundo ano de ensaio. A menor variação foi observada em Ch, cujos resultados foram próximos de 40 e 47%, em 2006 e 2007, respectivamente. Em Adtrad a recuperação aparente de N pela cultura oscilou entre perto de 60 e 80%, o que correspondeu quase ao dobro do verificado em Ldep-P (cerca de 37% na média dos dois anos), e a 1,5 vezes ao sucedido em Ch (próximo de 43% na média dos dois anos). Foi em RSU-P que os valores de RAA foram mais baixos, tendo-se chegado a observar no primeiro ano uma recuperação aparente negativa (-6%). Ainda que neste tratamento, em 2007, o parâmetro tenha aumentado para cerca de

21%, o mesmo não deixou de corresponder a menos de metade do medido em Ldep-P e Ch, e a menos de ¼ do verificado em Adtrad.

DISCUSSÃO

Com adubação azotada tradicional (Adtrad) conseguiram-se produções de silagem de 14 e 20 t MS ha⁻¹ em 2006 e 2007, respectivamente, valores normais para as nossas condições (ex: Brito *et al.*, 2009). Relativamente à não fertilização, o aumento de produção motivado pela adubação foi diferente nos dois anos. Em 2006 foi de 14% e em 2007 de 40%, valor este muito semelhante ao referido por Dordas *et al.* (2008) para uma aplicação de 260 kg N ha⁻¹ em milho, num ensaio realizado na Grécia (39%).

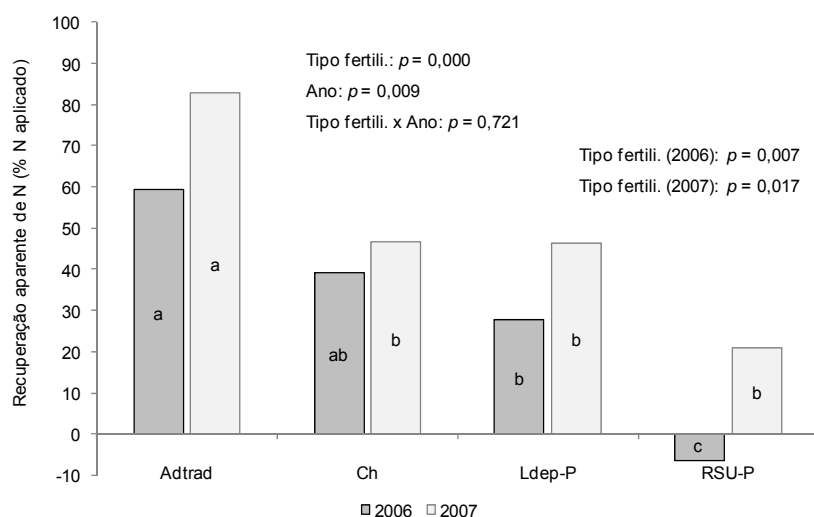


Figura 2 – Valores médios de recuperação de azoto dos fertilizantes em cada tratamento nos dois anos de ensaio. Para um mesmo ano letras diferentes indicam diferenças significativas ($p < 0,05$), de acordo com o teste de Duncan.

Ao contrário do verificado no Controlo, onde as produções foram muito semelhantes em ambos os anos (cerca de 12 t MS ha⁻¹), em Adtrad e nos restantes tratamentos com fertilização a produção foi inferior no primeiro ano de cultura. Tendo-se feito sentir durante o Verão de 2006 temperaturas acima do normal, é possível que tenha havido em determinados períodos algum deficit de água no solo, o qual terá limitado um melhor aproveitamento pelas plantas do N veiculado pelos fertilizantes (Rimski-Korsakov *et al.*, 2009). No conjunto dos dois anos, a produção de silagem foi muito semelhante ($p > 0,05$) no Controlo e em RSU-P, tendo a mesma correspondido a menos cerca de 30% da conseguida em Adtrad (34 t MS ha⁻¹). A diferente disponibilidade de azoto em formas absorvíveis medida nos dois tratamentos, comparativamente ao registado em Adtrad (dados não apresentados), terá sido determinante para tal resultado. Em termos produtivos, a utilização de chorume ou de lamas de depuração constituíram-se como soluções alternativas viáveis a Adtrad. A presença nos efluentes de uma percentagem importante de azoto em formas que se mineralizam num período de tempo não muito prolongado (Carneiro *et al.*, 2007), associada ao facto de se estar perante uma cultura de Primavera-Verão regada, são aspectos que podem explicar os resultados obtidos. De facto, para além de a temperatura e a humidade do solo serem os factores ambientais que mais influenciam a taxa de mineralização (Jarvis *et al.*, 1996), existem evidências de que o re-humedecimento de um solo seco resulta numa explosão da actividade microbiana associada com uma expansão dessa população (Campbell e Bieder-

beck, 1982, cit. por Vinten e Smith, 1993), que neste caso parece ter contribuído para um aumento efectivo da disponibilidade de azoto em formas absorvíveis.

Recuperação aparente de N dos fertilizantes - A recuperação pela cultura de azoto veiculado pelos fertilizantes foi superior em 2007, e foi influenciada ($p < 0,05$) pelo tipo de fertilização praticado, em ambos os anos de ensaio. A melhoria registada neste parâmetro no segundo ano ficar-se-á a dever, essencialmente, ao maior aumento da produção de forragem com a fertilização, em 2007. Em Adtrad, onde se apurou uma das mais baixas variações de RAA nos dois anos (+ 20% em 2007), obteve-se um valor médio próximo de 70%, o qual pode ser considerado muito bom. Brito *et al.* (2009), num ensaio efectuado no NW de Portugal, com a mesma cultura e para uma aplicação de azoto em formas minerais de 140 kg ha^{-1} , obtiveram um valor de 43%. Atendendo aos resultados verificados com a aplicação de resíduos, confirma-se a menor eficiência das culturas na recuperação de azoto proveniente de fontes orgânicas, referida por Sims (1995). Na média dos dois anos, em Ch recuperou-se 43% do azoto aplicado, mais 23% que o medido por Powell e Grabber (2009), mas ainda assim menos cerca de 27% do alcançado em Adtrad. Em Ldep-P, em termos médios, a recuperação foi de 37%, valor próximo do observado por Binder *et al.* (2002), e que correspondeu a cerca de 50% do medido em Adtrad. Para a menor recuperação de N em Ch e Ldep-P, contribuiu a mais baixa concentração de N nas plantas colhidas nestes tratamentos relativamente às provenientes de Adtrad (0,90, 0,92 e 1,26% em média nos dois anos, respectivamente).

Foi em RSU-P que a RAA foi menor. A obtenção de um valor negativo (-6%) no primeiro ano de ensaio, confirma a capacidade imobilizadora do resíduo já anteriormente observada (ex: Carneiro *et al.*, 2007). Ainda que se tenha registado um aumento da RAA no segundo ano, o valor médio de 7% alcançado, mais do que representar perdas de N para fora do sistema solo-planta, traduz a presença de um resíduo cuja composição proporciona uma muito lenta disponibilização de azoto. Deste modo, a sua incorporação ao solo deveria ser complementada com aplicação de azoto em formas assimiláveis, de forma a serem mais eficazmente supridas as necessidades da cultura neste nutriente.

CONCLUSÕES

Em termos produtivos, quer a aplicação ao solo de chorume quer a de lamas de depuração de origem urbana, demonstraram ser práticas passíveis de serem usadas como alternativa à realização de uma adubação azotada tradicional, na fertilização do milho para silagem. No entanto, relativamente a este último tratamento, a recuperação de azoto pela cultura foi inferior em cerca de 27% e 50% quando se incorporou chorume ou lamas, respectivamente, o que traduz uma redução do teor proteico da forragem quando da utilização dos resíduos. Com a aplicação ao solo de compostado de resíduos sólidos urbanos a produção foi idêntica à conseguida com a não fertilização, e inferior em cerca de 30% à obtida em Adtrad. Para além disso, na média dos dois anos, a recuperação pelas plantas de azoto veiculado por este resíduo foi próxima de 7%, muito inferior à verificada em Adtrad (71%) e mesmo em Ch (43%) e Ldep-P (37%), aspecto que reforça a necessidade de a incorporação de compostado vir a ser complementada com aplicação de adubos minerais azotados, sob pena de quantitativa e qualitativamente se verificarem prejuízos na produção da cultura efectuada imediatamente a seguir.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com o apoio da FCT (SFRH/BD/29808/2006).

BIBLIOGRAFIA

APA/MAOTDR, 2007. *Relatório do Estado do Ambiente 2006*. Agência Portuguesa do Ambiente, Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional, 115 pp., Oeiras (Portugal).

BINDER, D. L.; DOBERMANN, A.; SANDER, D. H.; CASSMAN, K., 2002. Biosolids as nitrogen source for irrigated maize and rainfed sorghum. *Soil Sci. Soc. of America J.*, **66**, 531-543.

BRITO, L. M.; FERNANDES, A. S.; AMARO, A. L., 2009. Comparação entre arranjos de tratamentos sistemáticos e aleatórios em experiências de fertilização de milho (*Zea mays* L.) para silagem. *Revista de Ciências Agrárias*, **31**, n° 1, 312-322.

CARNEIRO, J. P.; BRANCO, S.; COUTINHO, J.; TRINDADE, H., 2007. Mineralização de azoto de diferentes resíduos orgânicos em incubação laboratorial de longa duração. *Revista de Ciências Agrárias*, **30**, 159-173.

DORDAS, C. A.; LITHOURGIDIS, A. S.; MATSI, T.; BARBAYIANNIS, N., 2008. Application of liquid cattle manure and inorganic fertilizers affect dry matter, nitrogen accumulation, and partitioning in maize. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, **80**, 283-296.

JARVIS, S.; STOCKDALE, E. A.; SHEPHERD, M. A.; POWLSON, D. S., 1996. Nitrogen mineralization in temperate agricultural soils: processes and measurement. *Advances in Agronomy*, **57**, 187-235.

POWELL, J. M.; GRABBER, J. H., 2009. Dietary forage impacts on dairy slurry nitrogen availability to corn. *Agronomy Journal*, **101**, 747-753.

RIMSKI-KORSAKOV, H.; RUBIO, G.; LAVADO, R. S., 2009. Effect of water stress in maize crop production and nitrogen fertilizer fate. *Journal of Plant Nutrition*, **32**, 565-578.

SANTOS, J. Q., 1991. *Fertilização: fundamentos da utilização dos adubos e correctivos*. Mem Martins: Publicações Europa-América, pp. 441 Mem Martins (Portugal).

SIMS, J. T., 1995. Organic wastes as alternative nitrogen sources. In: *Nitrogen fertilization in the environment*, P. E. Bacon (Ed.). Marcel Dekker. Sydney (Australia), pp. 487-536.

VINTEN, A. J. A.; SMITH, K. A., 1993. Nitrogen cycling in agricultural soils. In *Nitrate: processes, patterns and management*, T. P. Burt, A. L. Heathwaite & S. T. Trudgill (Eds.). John Wiley & Sons Ltd. West Sussex (England), pp. 39-73.

SOIL APPLICATION OF ORGANIC RESIDUES: MAIZE SILAGE PRODUCTION AND NITROGEN RECOVERY

SUMMARY

A field experiment was carried out during two consecutive years at Castelo Branco (central Portugal), in a dystric Fluvisol, to evaluate the effect over silage maize production and apparent nitrogen recovery (ANR) of the application of cattle slurry (CS), urban waste compost (UWC) and sewage sludge (SS). A traditional mineral fertilization (MIN) and a Control receiving zero N were also included. Total N input (170 kg ha⁻¹) was equal for all fertilizing treatments. In MIN, fertilizer N was applied before planting and in a topdressing distribution (90 and 80 kg ha⁻¹, respectively), and in the remaining treatments only just before planting.

Average dry matter (DM) yield results showed that the lowest values were obtained in UWC (11.3 t DM ha⁻¹) and Control (12.1 t DM ha⁻¹), and the highest in CS, MIN and SS (18.5, 16.9 and 16.8 t DM ha⁻¹, respectively). The better weather conditions of second year promoted higher yields in fertilized treatments, allowing an improvement of ANR in this year. Considering the mean of the two years, the ANR was higher in MIN (71%) than in treatments with organic residues application (43, 37% and 7% in CS, SS e UWC, respectively).

Keywords: cattle slurry, urban waste compost, sewage sludge, nitrogen fertilization

EFEITO DA FERTILIZAÇÃO MINERAL E ORGÂNICA E DO USO DE MISTURAS SIMPLES E COMPLEXAS DE SEMENTES NA INSTALAÇÃO DE PASTAGENS ANUAIS RICAS EM LEGUMINOSAS

C. AGUIAR¹, J. PIRES¹, M. A. RODRIGUES¹, J. HONRADO² E M^a E. FERNÁNDEZ-NUÑEZ¹

¹Centro de Investigação de Montanha (CIMO), ESA – Instituto Politécnico de Bragança, Apartado 1172, 5301-855 Bragança, Portugal – e-mail: cfaguiar@ipb.pt

²CIBIO – Faculdade de Ciências da Universidade do Porto

RESUMO

No âmbito de um estudo de longo prazo de pastagens permanentes semeadas ricas em leguminosas estudou-se o efeito dos seguintes factores na flora pascícola de primeiro ano: 1) pastagem – mistura simples (MSIMP), mistura comercial complexa rica em leguminosas (MCOMP) e vegetação espontânea (ABAND); 2) fertilização de fundo – estrume de bovino (EST: 40 t/ha), fertilização mineral (FERT: 1000 kg calcário/ha, 53 kg P₂O₅/ha e 30 kg K₂O /ha) e sem fertilização. Os dados experimentais revelaram: a percentagem de cobertura das plantas indígenas foi francamente mais elevada do que o das plantas semeadas; o tratamento ABAND foi o único que demonstrou um controlo significativo na estruturação dos dados florísticos numa RDA (Análise de redundância); FERT teve um efeito mais favorável do que EST na flora adventícia regional de cereais que colonizou as parcelas experimentais; as leguminosas semeadas – com 35,0% (EST) e 15,3% (FERT) de cobertura – foram beneficiadas pela aplicação de estrumes à sementeira; os estrumes provavelmente tiveram um efeito favorável no desenvolvimento de nichos de regeneração adequados às leguminosas, sobretudo num ano agrícola tão seco como foi o de 2008-2009; a percentagem de cobertura do *L. perenne* foi semelhante nos três tipos de fertilização; o tipo de mistura de sementes (MSIMP e MCOMP) teve um efeito irrelevante na flora pratense semeada.

Palavras chave: leguminosas, pastagens semeadas ricas em leguminosas, instalação de pastagens, ecologia de plantas pratenses

INTRODUÇÃO E OBJECTIVOS

A construção de uma reserva de sementes de leguminosas melhoradas é um aspecto chave na gestão de qualquer pastagem de sequeiro rica em leguminosas anuais (Dear *et al.*, 1993), sobretudo nos primeiros anos após a instalação, quando a densidade de sementes duras no solo é ainda reduzida. Um falhanço no estabelecimento desta reserva de sementes pode obrigar a uma ressementeira da pastagem. Por outro lado, é do interesse do produtor dispor de biomassa forrageira logo no primeiro ano da pastagem, aquando da realização dos pastoreios de limpeza. O mesmo sucesso se procura obter com as gramíneas das misturas de sementes pratenses nos primeiros anos após a instalação.

No âmbito de um ensaio de campo de longo prazo estudou-se o efeito da aplicação de estrumes vrs. fertilização mineral, e do uso de misturas simples vrs. misturas complexas de sementes (mistura de Pastagem Permanente Semeada Biodiversa Rica em Leguminosas, PPSBRL), na percentagem de cobertura de plantas pratenses adultas não sujeitas a pastoreio, no primeiro ano de instalação da pastagem. A percentagem de cobertura, avaliada neste estudo pelo método do ponto-quadrado na Primavera do primeiro ano, é um proxy da produção de biomassa (Jonasson, 1988) e, por

essa via, do sucesso do estabelecimento das gramíneas perenes, e da produção e da construção de um banco de sementes de leguminosas anuais.

MATERIAL E MÉTODOS

No Outono de 2008 foi instalado um ensaio de campo de longo prazo com 2,1 ha, na Quinta do Poulão (Veiga de Gostei, Bragança, Portugal, 41° 46' N; 6° 48' W) combinando factorialmente três tipos de pastagem: 1) vegetação natural obtida por abandono (ABAND), 2) mistura simples de sementes (MSIMP) e 3) mistura complexa de sementes (MCOMP); e três tipos de fertilização: a) ausência de fertilização (ZEROFERT), b) fertilização mineral (FERT) e c) aplicação de estrume de bovino (EST), num total de nove combinações factoriais. A densidade de sementeira dos tratamentos MSIMP e MCOMP foi de 25 kg/ha, ambos com a mesma proporção em peso de gramíneas/leguminosas (7:16). A mistura simples de sementes (MSIMP) constou de quatro espécies: *Trifolium subterraneum* 'Denmark' (61%), *T. repens* 'Winterwhite' (9%), *Dactylis glomerata* 'Prairial' (13%) e *Lolium perenne* 'Victorian' (17%). No tratamento MCOMP foi usada a mistura de PPSBRL da Fertiprado "Extensivo AC800-Prado Perm. Seq.". Provenientes da mistura, produziram flores nas parcelas MCOMP *Astragalus pelecinus*, *T. incarnatum*, *T. michelianum*, *T. repens*, *T. subterraneum*, *T. vesiculosum*, *Ornithopus compressus*, *D. glomerata* e *L. perenne*. O tratamento FERT consistiu na aplicação de calcário (1000 kg/ha), de Fertigafsa (200 kg/ha, 53 kg P₂O₅/ha) e de Cloreto de Potássio (50 kg/ha, 30 kg K₂O/ha). No tratamento EST distribuíram-se 40t/ha de estrume de bovino antes da sementeira, doseando aproximadamente 130 kg N/ha, 55 kg P₂O₅/ha e 300 kg K₂O/ha. O ensaio teve uma precedência de 4 anos de aveia. A analítica química dos solos ofereceu os seguintes valores médios: P₂O₅ (Egner-Riehm) 50 ppm, K₂O (Egner-Riehm) 97 ppm, pH H₂O 5,41, pH KCl 4,4 e matéria orgânica do solo (Walkley-Black) 12,6 g kg⁻¹. A preparação da cama das sementes, a distribuição dos fertilizantes e estrumes e a sementeira estavam concluídas no final da segunda semana de Outubro de 2009. Na terceira semana de Maio de 2009 a percentagem de cobertura, à escala da espécie, foi avaliada em 36 quadrados permanentes de 70 x 70 cm (4 repetições x 9 combinações factoriais) pelo método do ponto-quadrado (vd. van der Maarel, 2005). Uma vez que as parcelas estavam fechadas ao pastoreio a percentagem de cobertura de plantas vasculares total ultrapassou, em muitos quadrados, os 100%. As 4 repetições de cada tratamento foram dispostas ao longo de um gradiente mesotopográfico cimo de encosta, meio de encosta e fundo de encosta. Em Junho de 2009 fez-se um pastoreio de limpeza até ao esgotamento da pastagem. Os solos foram amostrados em Setembro de 2009 antes das primeiras chuvas, na vizinhança de cada um dos quadrados.

Os dados florísticos foram explorados com métodos multivariados de ordenação, disponibilizados pelo pacote estatístico CANOCO (Ter Braak & Šmilauer, 2002). Foram construídas duas matrizes de dados: "amostras (quadrados permanentes) x percentagem de cobertura das espécies" e "amostras x variáveis explanatórias". Consideram-se seis variáveis explanatórias categóricas: três tipos de pastagem (ABAND, MSIMP e MCOMP) e três tipos de fertilização (ZEROFERT, FERT e EST). As variáveis explanatórias contínuas provieram da análise dos solos: pH (em água), MO (matéria orgânica do solo), P (fósforo) e K (potássio) (metodologias analíticas explicitadas anteriormente). O pH KCl foi rejeitado por estar correlacionado com o pH H₂O. Cada uma das variáveis-solo foi avaliada a duas profundidades: 0-10 cm e 10-20 cm. As percentagens de cobertura das leguminosas semeadas foram reunidas numa única variável resposta: "Leguminosas semeadas". O *O. compressus* e o *A. pelecinus*

apresentaram coberturas irrelevantes; quase todas as leguminosas detectadas nos quadrados de amostragem pertenciam ao género *Trifolium* (dados não apresentados). As gramíneas semeadas não foram agregadas porque não foram detectadas plantas de *D. glomerata* nas áreas de amostragem; apenas atingiram o estágio adulto plântulas de *L. perenne*. Os dados da matriz original “amostras x percentagem de cobertura das espécies” resultam de contagens e por essa razão foram logaritmizados (Lepš & Šmilauer, 2003).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Numa "Análise de Componentes Principais" (PCA) exploratória os inventários das parcelas abandonadas (ABAND) ficaram concentrados no lado esquerdo do primeiro eixo (figura 1a). Numa RDA com uma selecção passo-a-passo de variáveis constatou-se que o tratamento ABAND era a variável explanatória de maior efeito marginal (“marginal effect”), e a única que demonstrava um controlo significativo ($p < 0,002$) na estruturação dos dados florísticos numa RDA com permutações de Monte Carlo com uma única variável explanatória (ABAND). Foi a ausência de espécies melhoradas que segregou os quadrados ABAND das restantes modalidades experimentais na RDA. As amostras ABAND eram floristicamente muito homogéneas, por isso surgiram menos dispersas no triplot expresso na figura 1a, do que as amostras provenientes das parcelas semeadas (MSIMP e MCOMP). Embora a dispersão possa ter sido causada por uma maior variabilidade das propriedades do solo nas parcelas semeadas (MSIMP e MCOMP), emergem duas outras hipóteses, mutuamente não exclusivas, para explicar este padrão, a serem testadas no decorrer da experimentação durante os próximos anos: 1) a sementeira incrementou a variabilidade da resposta da flora pratense a variações da fertilidade do solo porque, simplesmente, há mais espécies nos talhões semeados; 2) os genótipos melhorados semeados estão mais adaptados a solos férteis (e.g. P e K mais elevados e pH menos ácido) do que as plantas da “pool” indígena de flora pratense anual, consequentemente, a composição florística avaliada em quadrados de 70 x 70 cm responde mais intensamente a pequenas variações espaciais da fertilidade do solo nos talhões semeados do que nos talhões de vegetação natural.

Numa segunda etapa reduziu-se o estudo multivariado dos dados aos talhões semeados. Na figura 1b apresenta-se um biplot de uma RDA com os dados provenientes dos tratamentos MSIMPLES e MCOMP. Para não sobrecarregar o gráfico seleccionaram-se as 20 espécies mais bem caracterizadas pelos dois primeiros eixos multivariados. Estes eixos explicaram 25,4% da variância dos dados das espécies, um valor relativamente elevado em análises directas de gradientes. O valor próprio do terceiro eixo era já muito baixo ($VP Ex_3 = 0,077$) pelo que a exploração dos dados se restringiu aos eixos representados na figura 1b ($VP Ex_1 = 0,145$, $VP Ex_2 = 0,11$). As variáveis ambientais explanatórias mais correlacionadas com os “scores” do primeiro eixo foram, por ordem decrescente, ZEROFERT ($r=0,53$), pH_{0-10} ($r=-0,55$), MO_{10-20} ($r=-0,55$), MO_{0-10} ($r=-0,44$) e pH_{10-20} ($r=-0,44$). No entanto, as correlações entre estas variáveis foram francamente baixas. O tratamento EST ($r=0,32$) e o K_{0-10} ($r=0,35$) foram as variáveis explanatórias mais correlacionadas com o Ex_2 . A correlação entre EST e K_{0-10} ($r=0,59$) foi uma das mais elevadas obtidas entre as variáveis explanatórias, certamente porque os estrumes utilizados tinham um elevado teor de potássio.

Na figura 1b) constata-se que o tratamento ZEROFERT não tem uma flora característica associada clara, provavelmente devido à escassez de espécies oligotróficas características da vegetação regional de clareiras de matos (classe de vegetação *Helianthemetea guttati*), na pool de sementes da

área de ensaio. A *Papaver rhoeas* (*Papaveraceae*), a mais abundante adventícia presente nos talhões do ensaio, respondeu positivamente à não aplicação de fertilizantes. O *Anthemis arvensis* (*Asteraceae*), a segunda adventícia mais importante, teve um comportamento inverso (figura 2a).

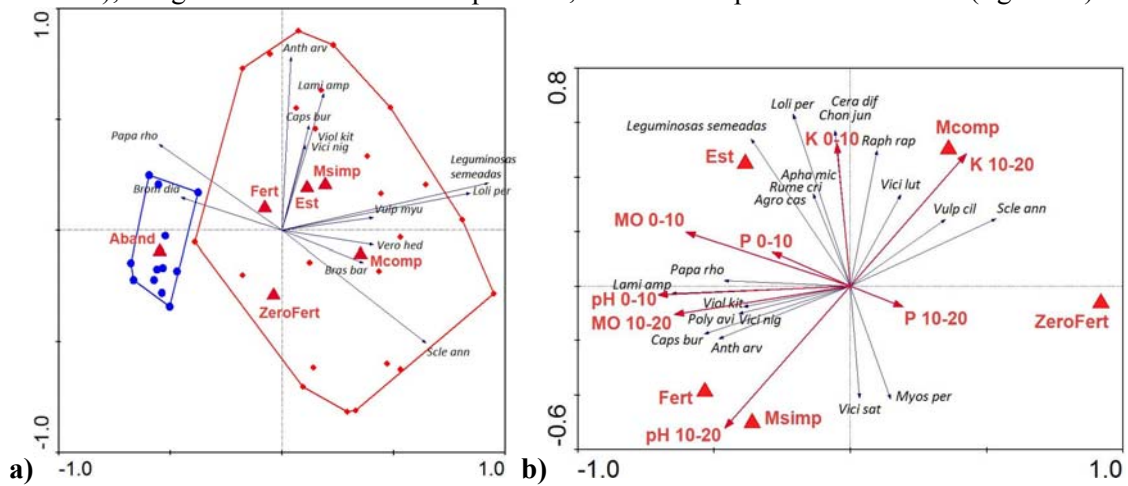
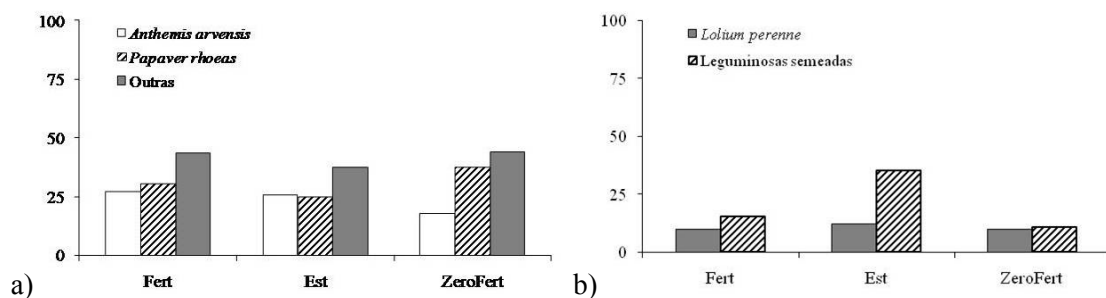


Figura. 1. a) “Triplot” de uma PCA com a totalidade das amostras (variáveis ambientais passivas). (●) amostras ABAND. (◆) amostras SIMPLES e COMP. As linhas definem polígonos com as amostras de ABAND (à esquerda) e MSIMPLES + MCOMP (à direita). *Bras bar* – *Brassica barrelieri*, *Brom dia* – *Bromus diandrus*; *Vici sat* – *Vicia sativa*, *Vero hed* – *Veronica hederacea*, *Vulp cil* – *Vulpia ciliata*, *Scle ann* – *Scleranthus annuus*, *Loli per* – *L. perenne*; *Poly avi* – *Polygonum aviculare*; *Anth arv* – *A. arvensis*; *Lami amp* – *Lamium amplexicaule*; *Caps bur* – *Capsella bursa-pastoris*; *Vici nig* – *Vicia nigra*; *Viol kit* – *Viola kitaibeliana*; *Papa rho* – *P. rhoeas*.

b) “Triplot” de uma RDA com os dados de MSIMPLES e MCOMP.

O tratamento FERT teve um efeito mais favorável do que o tratamento EST na flora adventícia regional de cereais, de que são exemplos óbvios *Papaver rhoeas* (*Papaveraceae*), *Anthemis arvensis* (*Asteraceae*), *Lamium amplexicaule* (*Lamiaceae*) e *Viola kitaibeliana* (*Violaceae*) (vd. figura 1b e 2a). As leguminosas semeadas beneficiaram assinalavelmente da aplicação de estrumes (EST) à sementeira (figuras 1b e 2b), com 35,0% e 15,3% de cobertura, respectivamente em EST e FERT. O mesmo aconteceu com a *Agrostis castellana*, uma gramínea perene, e outras duas plantas de fenologia tardia, o *Rumex crispus* e a *Chondrilla juncea*. Embora na figura 1b) o centróide de EST esteja posicionado na vizinhança do vector do *Lolium perenne*, esta espécie semeada apresentou uma cobertura muito mais semelhante nos tratamentos EST (12,2 %) e FERT (10,0%) do que as leguminosas semeadas (figura 2b).



Figuras 2. Cobertura (%) em FERT, EST e ZEROFERT a) de *Papaver rhoeas*, *Anthemis arvensis* e outras espécies não semeadas; b) Leguminosas semeadas

Os primeiros meses do Outono de 2008 e da Primavera de 2009 foram anormalmente secos. As precipitações acumuladas de Outubro e Novembro de 2008, e de Março e Abril de 2009 rondaram, respectivamente, 42%, 27%, 14% e 24% da média mensal. As plantas pratenses foram, portanto, sujeitas a um acentuado deficit hídrico em momentos chave do seu ciclo biológico. Consequentemente, as plântulas das espécies pratenses foram escassas assim como o seu crescimento vegetativo, por exemplo as plantas de *T. subterraneum* raramente foram tocadas mais de uma vez pelas agulhas no ponto-quadrado. No campo constatou-se que no tratamento EST as leguminosas semeadas germinaram, preferencialmente, sob a protecção dos torrões de estrume. Nos talhões FERT, embora em menor número, as leguminosas germinaram em maioria no fundo dos sulcos abertos pelo escarificador. O efeito positivo da EST nas leguminosas pratenses, possivelmente, deveu-se mais a modificações impostas pelos estrumes no balanço hídrico e nas propriedades físicas do solo, do que a um influxo acrescido de nutrientes. Os torrões de estrume certamente retiveram humidade bastante para facilitar a germinação dos trevos e sustentar em água as suas plântulas. De qualquer modo, a experimentação realizada não permite descartar um potencial efeito positivo do influxo de N e K – os valores de P nos estrumes e na fertilização mineral foram, na prática, idênticos – na instalação de leguminosas. O *L. perenne* aparentemente foi superior a esta lógica causal porque a sua cobertura em ZEROFERT, FERT e EST foi similar, respectivamente: 9,7%, 10% e 12,2%. O carácter residual das populações de *D. glomerata* e de *T. repens* em todos os tratamentos semeados deveu-se, muito provavelmente, à escassez de água no solo durante o ano hidrológico 2008-2009.

O comportamento das leguminosas semeadas está, de algum modo, de acordo com a ecologia das populações selvagens de *T. subterraneum*, a espécie dominante nas populações de *Trifolium* semeados em MSIMP e MCOMP (dados não apresentados): margens de caminhos ou pequenos prados intensamente calcorreados e estrumados pelos animais domésticos (*Poetea bulbosae*) (Rivas-Goday & Ladero, 1970). O *L. perenne* é uma espécie de lameiros de regadio eutrofizados (*Cynosurion cristati*) e de solos húmidos ricos em azoto assimilável (*Paspalo-Heleochoetalia*) (Rivas-Martínez *et al.*, 2001), por esse motivo terá sido muito penalizado pela escassez de água no solo, e impedido de responder aos modelos de fertilização.

Geralmente aceita-se que a segregação de nichos ecológicos é um dos mais importantes, quando não o mais importante, mecanismo de controlo da diversidade específica à escala da comunidade vegetal (Silvertown, 2004). Grubb (1977) defendeu que os nichos ecológicos das plântulas – o nicho de regeneração – e dos indivíduos adultos não são necessariamente coincidentes. Hoje em dia é consensual que o nicho de regeneração é uma componente fundamental na segregação de nichos. A composição e a qualidade dos nichos de regeneração reflectem-se, necessariamente, na estrutura florística das comunidades vegetais, naturais ou artificiais. Deste modo, sobretudo em territórios sujeitos a Outonos secos como a Ibéria mediterrânica, afigura-se fundamental na instalação das PPSBRL a construção de nichos de regeneração adequados para a flora pratense mais desejada com estrumes, com a armação da terra em espigoado à sementeira ou com o uso de “mulches” de gramíneas no segundo ano (e.g. de *Lolium multiflorum*). Este aspecto é da maior relevância quando se sabe: 1) que o *T. subterraneum*, e outras leguminosas pratenses melhoradas, são susceptíveis a falsas germinações (Taylor *et al.*, 1984), o “false strike” dos australianos, estimuladas pelas trovoadas de Verão ou por chuvas inconsequentes de Outono; 2) que as leguminosas são exigentes em calor para

germinarem (Hampton *et al.*, 1987) e que nas áreas mediterrânicas da Península Ibérica as chuvas efectivas podem ser posteriores ao início das geadas; 3) que um atraso no estabelecimento das plantas das misturas pratenses nos primeiros anos após a sementeira aumenta o poder competitivo das espécies/genótipos autóctones e compromete a história futura da pastagem (Levy, 1970).

O tipo de mistura de sementes – MCOMP e MSIMP – não teve qualquer efeito na cobertura das leguminosas semeadas (figura 3). A maior abundância de *L. perenne* em MCOMP é difícil de interpretar.

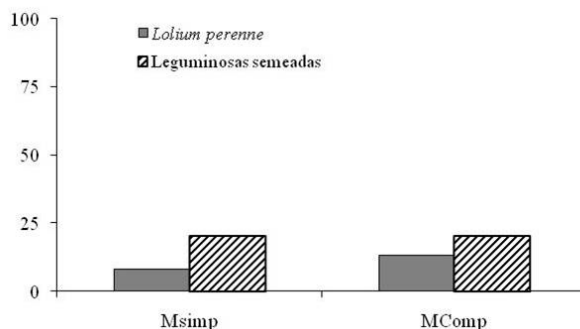


Figura 3. Cobertura (%) de *Lolium perenne* e de leguminosas semeadas nos tratamentos MCOMP E MSIMP

CONCLUSÕES

A percentagem de cobertura das plantas indígenas nas parcelas semeadas foi ainda elevada, e muito superior à das leguminosas e gramíneas semeadas: MSIMP – plantas indígenas 87,4 %, leguminosas semeadas 20,2% e *Lolium perenne* 8,2%; MCOMP – plantas indígenas 90,0%, leguminosas semeadas 20,4% e *Lolium perenne* 13,1%. Nos talhões MSIMPLES e MCOMP não se identificou um grupo de plantas claramente associado ao tratamento ZEROFERT. A fertilização mineral (FERT) beneficiou sobretudo as infestantes de cereais. As leguminosas semeadas foram promovidas pela fertilização orgânica (EST) à sementeira. O *L. perenne* foi indiferente ao tipo de fertilização. Admite-se como provável uma melhoria da qualidade do nicho de regeneração das leguminosas anuais em consequência da aplicação de estrumes. Os resultados obtidos permitem-nos ainda concluir que a aplicação de estrumes à sementeira é uma técnica adequada para o desenvolvimento de sistemas orgânicos de produção animal integrando PPSBRL. A percentagem de cobertura das leguminosas semeadas e do *L. perenne* nos tratamentos MCOMP e MSIMP foi muito semelhante.

AGRADECIMENTOS

Trabalho financiado pela FCT-Fundação Para a Ciência e Tecnologia, projecto PTDC/AGR-AAM/69637/2006 “BioPast- Uma Abordagem Integrada às Pastagens Permanentes Biodiversas Ricas em Leguminosas”.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DEAR, B. S.; CREGAN, P. D.; MURRAY, G. M., 1993. Comparison of the performance of subterranean clover cultivars in southern New South Wales. I. Persistence, productivity and seed yields. *Aust. J. Agric. Res.*, **33**, 581-590.

GRUBB, P.J., 1977. The maintenance of species richness in plant communities: the importance of the regeneration niche. *Biol. Rev.*, **52**, 107-145.

- HAMPTON, J.G.; CHARLTON, J.F.L.; BELL, D.D.; SCOTT, D.J., 1987. Temperature effects on the germination of herbage legumes in New Zealand. *Proceedings of New Zealand Grassland Association*, **48**, 177-183.
- JONASSON, S., 1988. Evaluation of the point intercept method for the estimation of plant biomass. *Oikos*, **52**, 101-106.
- LEVY, E.B., 1970. *Grasslands of New Zealand*, 3^a Ed. Government Printer, Wellington.
- LEPŠ, J.; ŠMILAUER, P., 2003. Multivariate Analysis of Ecological Data Using CANOCO. Cambridge.
- RIVAS GODAY, S.; LADERO, M., 1970. Pastizales cespitosos de *Poa bulbosa* L. Origen, sucesión y sistemática. *Anales Real Acad. Farmacia*, **36**, 139-181.
- RIVAS-MARTÍNEZ, S., F. FERNÁNDEZ-GONZÁLEZ, J. LOIDI, M. LOUSÁ & A. PENAS, 2001. Preliminary check-list of vascular plant communities of Iberian Peninsula, Balearic, Madeira and Canary Islands to association level. *Itenera Geobot.*, **14**, 5-341.
- SILVERTOWN, J., 2004. Plant coexistence and the niche. *Trends Ecol. Evol.*, **19 (11)**, 605-611.
- TAYLOR, G. B.; ROSSITER, R. C.; AND PALMER, M. J., 1984. Long term patterns of seed softening and seedling establishment from single seed crops of subterranean clover. *Aust. J. Expt. Agric.* **24**, 200-212.
- TER BRAAK, C; ŠMILAUER, P., 2002. *CANOCO Reference Manual and CanoDraw for Windows User's Guide (version 4.5)*. Ithaca, Microcomputer Power, 500 pp.
- VAN DER MAAREL, E., 2004. Vegetation ecology – an overview In: *Vegetation Ecology*, E.VAN DER MAAREL (Ed.). WileyBlackwell, 1-45.

COMPARATIVE EFFECT OF CHEMICAL FERTILIZATION VRS. MANURING, AND THE USE OF SIMPLE SEED MISTURES VRS. COMPLEX SEED MISTURES IN THE INSTALLATION OF LEGUME RICHE SOWN ANNUAL PASTURES

SUMMARY

In a long term study of legume rich sown annual pastures we explored the effects of the following factors in pasture spring floristic composition (first year after installation): 1) pasture type – simple mixture (MSIMP), legume rich commercial mixture (MCOMP) e spontaneous vegetation (ABAND); 2) fertilization type – cattle manure (EST: 40 t/ha), mineral fertilization (FERT: 1000 kg chalk/ha, 53 kg P₂O₅/ha and 30 kg K₂O /ha) and no fertilization. The experimental data revealed that: indigenous plants cover was much higher than the cover of sown species; ABAND was the sole treatment with a significant effect the floristic data structure in an RDA; FERT had a stronger effect than EST in the cereal weed flora that colonized the experimental areas; sown legumes – with 35,0% (EST) and 15,3% (FERT) cover – were favored by EST; manure application probably had a favorable impact in annual legume regeneration niches, chiefly in an abnormal dry year as 2009-2010; *L. perenne* cover was similar in all treatments; mixture type (MSIMP and MCOMP) had an irrelevant effect in the sown pasture flora.

Keywords: legumes, legume-rich pastures, pasture installation, pasture plants ecology

PRODUÇÃO DE SORGO SACARINO EM FUNÇÃO DA ADUBAÇÃO AZOTADA E DA SALINIDADE DA ÁGUA DE REGA

M.G. SERRÃO¹, J.C. MARTINS¹, T. RAMOS¹, N.L. CASTANHEIRA², F.P. PIRES¹,
M.L. FERNANDES¹, M.R. MENINO¹ E M.C. GONÇALVES¹

¹Instituto Nacional dos Recursos Biológicos, I.P., L-INIA, Unidade de Ambiente e Recursos Naturais, Quinta do Marquês, 2784-505 Oeiras. ²Universidade de Évora, ICAAM, Dep. Eng. Rural, Pólo da Mitra, Apartado 94, 7000-554 Évora

RESUMO

O sorgo sacarino (*Sorghum bicolor ssp. saccharatum*) apresenta elevado potencial energético para a produção de bioetanol. Além dos caules, fornece grãos e folhas, podendo ser utilizado na alimentação animal, como um sorgo forrageiro.

Avaliou-se o efeito das combinações de quatro níveis diferenciados de azoto (N) com três níveis de NaCl, veiculados pela água de rega, na produção de matéria seca (caules, folhas + panículas e parte aérea) de sorgo sacarino, em três anos consecutivos de um ensaio instalado num Fluvissole Eútrico, em Alvalade-Sado, provido de sistema de rega gota-a-gota (Fonte tripla linear).

Em 2007, 2008 e 2009, a resposta do sorgo à fertirrega com N foi nítida, com incrementos apreciáveis significativos ($P \leq 0,05$) da produção de folhas + panículas, de caules e da parte aérea (na média dos níveis de salinidade). O maior nível de NaCl na água de rega reduziu as produções médias de caules e da parte aérea (na média dos níveis de N), pelo menos em relação às de um dos outros níveis de NaCl. O mesmo ocorreu para a produção de caules, em 2008, nos dois níveis intermédios de N. A produtividade de caules, num dos anos experimentais, não foi penalizada quando se utilizou uma água de rega de salinidade intermédia e uma adubação azotada igual ou superior a 176 kg ha⁻¹ de N.

Palavras-chave: fertilização azotada, fertirrega, matéria seca, NaCl, *Sorghum bicolor ssp. saccharatum*.

INTRODUÇÃO

A cultura do sorgo sacarino [*Sorghum bicolor* (L.) Moench *ssp. saccharatum*], com apreciável capacidade de acumulação de açúcar nos caules, constitui, em várias regiões do mundo (China, Índia, EUA, alguns países da bacia mediterrânica da Europa e de África), uma alternativa real para a produção de bioetanol, face a outras culturas, como a da cana-de-açúcar ou a do milho (Marcoccia, 2007).

Também em Portugal e nomeadamente no Alentejo, o sorgo sacarino é considerado uma excelente matéria-prima que poderá assegurar a sustentabilidade da produção de bioetanol, substituindo ou complementando outras culturas tradicionais, como o milho (Lourenço *et al.*, 2007), com menores custos de produção (por ser menos exigente em água, fertilizantes e pesticidas). Como vantagens adicionais, salientam-se os subprodutos resultantes do fabrico de etanol (grão seco destilado e bagaço), que podem ser utilizados na alimentação animal e como fonte de energia, respectivamente (Lourenço *et al.*, 2007). Por outro lado, também pode ser utilizado como um sorgo forrageiro, para a produção de forragem e/ou de silagem com elevada qualidade (Lança e Parreira, 1981).

É geralmente aceite que o sorgo sacarino se adapta a uma ampla gama de condições climáticas e de solos, desde que permitam a expansão do sistema radicular. No centro e sul do país, regiões em que as temperaturas médias do ar ($> 10^{\circ}\text{C}$) se adequam ao normal desenvolvimento desta cultura, a maior parte do ciclo vegetativo decorre na estação seca e quente, pelo que apenas em regadio é possí-

vel obter produções elevadas (Moreira, 2002). Também para várias condições de solo e culturais, não estão bem definidas as necessidades em nutrientes do sorgo sacarino para a produção de biomassa e de açúcares (Soipara e Bradford, 1985), que em muito dependem do nível da produção esperada, da disponibilidade de nutrientes no solo e de algumas características físicas e químicas do solo (Clark, 1993), em que se podem incluir a reacção (nível de pH) e o grau de salinidade.

O azoto é o nutriente que mais frequentemente se tem mostrado limitante para a produção do sorgo (Soipara e Bradford, 1985; Camacho *et al.*, 2002). Em relação à salinidade do solo, o sorgo tem sido considerado uma cultura moderadamente tolerante (Ayers e Westcot, 1985), com perda da produção unitária a partir de valores de condutividade eléctrica do extracto de saturação entre 3 e 6 dS/m. Todavia, existe uma larga variação genotípica do sorgo em relação à tolerância à salinidade (Almodares *et al.*, 2008). Por outro lado, estudos conduzidos com ervilha (*Pisum sativum*) mostraram que diferentes fontes de N (nas formas de NH_4^+ , de NO_3^- e de N_2 fixado por simbiose) podem promover diversas acumulações de biomassa, conforme a salinidade do meio (Figueira e Caldeira, 2005).

Tendo por base as condicionantes que podem afectar a produção do sorgo sacarino, foi objectivo deste trabalho avaliar as produções de matéria seca (caules, folhas + panículas e biomassa da parte aérea) em três ciclos culturais consecutivos, por efeito da adubação azotada e da salinidade da água de rega.

MATERIAL E MÉTODOS

Instalou-se e conduziu-se um ensaio em 2007, 2008 e 2009, num Fluvissole Eútrico (FAO, 2006), em Alvalade do Sado (Concelho de Santiago do Cacém). Na preparação do terreno (cerca de 200 m²), efectuou-se uma gradagem de discos e aplicou-se um herbicida de pré-emergência. A sementeira do sorgo (cv. Índia) foi realizada, anualmente, em Maio, sendo de 100 000 o n.º médio de plantas por ha. Instalou-se um sistema de rega sob pressão, cujo esquema é designado de Fonte Tripla Linear. Este sistema foi alimentado por 3 fontes de água - *água salina* (água de rega com NaCl dissolvido), *água de rega* (água da região, não salina, com condutividade eléctrica entre 0,3 e 1,0 dS/m), e *água+fertilizante* (água de rega com NH_4NO_3), que foram injectadas nos tubos de alimentação principal, através de bombas doseadoras. Assim, constituíram-se 12 Modalidades, que foram as combinações de 4 níveis de adubação azotada (incluindo o nível 0) com 3 níveis de adição de sal (Quadro 1). Cada Modalidade teve três repetições (correspondentes a 3 linhas de sorgo, com comprimento de 3 m e espaçamento de 0,75 cm). Cada linha de sorgo foi regada por três tubagens com três conjuntos de gotejadores, cuja dotação aplicada foi sempre constante em cada ponto de rega, debitando 18 L/h por metro linear.

As regas foram efectuadas, em regra, três vezes por semana, tendo sido aplicados 425, 522 e 546 mm de água de rega em cada modalidade, respectivamente em 2007, 2008 e 2009.

No final do ciclo cultural, coincidindo com a plena maturação do grão (cerca de 4,5 meses após a data de sementeira), efectuou-se o corte da parte aérea das plantas das 12 Modalidades, por repetição. Após avaliação do peso fresco, as plantas foram subdivididas em caules e folhas + panículas, sendo pesado o conjunto dos caules. Procedeu-se à constituição de amostras destes lotes (com cerca de 500 g), que foram secas em estufa de ventilação forçada, a 70-75°C, durante 48 horas, para determinação da % de matéria seca (MS). Os valores de produção de MS das folhas + panículas, caules e biomassa da parte aérea, obtidos em cada ano, foram sujeitos a análise de variância, utilizando o

Programa STATGRAPHICS. A comparação de médias foi efectuada pelo teste de LSD ($P \leq 0,05$), através do mesmo Programa.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A produção de MS da biomassa da parte aérea foi de 10418 a 23639 kg/ha, em 2007, de 10976 a 25668 kg/ha, em 2008 e de 8552 a 22671 kg/ha, em 2009. Quanto à produção de MS de caules, oscilou entre 7004 e 14220 kg/ha em 2007, entre 8384 e 17371 kg/ha, em 2008 e entre 5799 e 15511 kg/ha, em 2009.

Quadro 1. Quantidades médias de azoto e de sal aplicados na água de rega, para as diferentes modalidades do ensaio

N	Nível Sal	N (g/m ²)			NaCl (g/m ²)		
		2007	2008	2009	2007	2008	2009
1	1	0,0	0,0	0,0	60,0	70,2	163,8
	2	0,0	0,0	0,0	382,0	327,9	663,4
	3	0,0	0,0	0,0	706,9	590,1	1169,0
2	1	10,1	8,8	8,0	60,0	70,2	163,8
	2	10,1	8,8	8,0	382,0	327,9	663,4
	3	10,1	8,8	8,0	706,9	590,1	1169,0
3	1	20,3	17,6	16,0	60,0	70,2	163,8
	2	20,3	17,6	16,0	382,0	327,9	663,4
	3	20,3	17,6	16,0	706,9	590,1	1169,0
4	1	30,4	26,4	24,0	60,0	70,2	163,8
	2	30,4	26,4	24,0	382,0	327,9	663,4
	3	30,4	26,4	24,0	706,9	590,1	1169,0

Nível de N: 1 – Sem NH₄NO₃ aplicado na água de rega; 2, 3 e 4 – Concentrações crescentes de NH₄NO₃ aplicado; Nível de Sal: 1 – Sem NaCl aplicado; 2 e 3 – Concentrações crescentes de NaCl aplicado.

O nível de N na água de rega afectou significativamente as produções de MS de folhas + panículas, caules e biomassa da parte aérea, na média dos níveis de sal (Quadro 2). O nível de sal também induziu diferenças significativas nas produções de MS de caules e da biomassa da parte aérea (Quadro 2), mas não influenciou a produção média de MS de folhas + panículas (na média dos níveis de N). O efeito combinado da interacção dos níveis de N e de sal só foi significativo ($P \leq 0,05$) para a produção de caules, em 2008 (Quadro 2).

As menores produções médias de caules e da parte aérea do sorgo ocorreram quando não foi aplicado N na água de rega (Quadro 3), em conformidade com os claros sintomas de deficiência de N (altura reduzida das plantas, clorose generalizada das folhas, com início nas mais velhas), observados durante os três anos de ensaio, nas modalidades sem aplicação de N. O mesmo ocorreu para a produção média de folhas + panículas, em 2007.

Num ensaio de comparação de dotações de rega conduzido num solo mediterrâneo, com uma variedade de sorgo sacarino, proveniente da Índia, Lourenço *et al.* (2007) registaram produções de MS de caules entre 8 e 34 t/ha respectivamente, para as dotações de rega de 1500 e 4500 m³/ha. Fernandez (1998, cit. Lourenço *et al.*, 2007) obteve níveis de produção de MS de caules entre 16 e 20 t/ha. Assim, as produções de MS de caules obtidas sem aplicação de N foram inferiores à menor produção média dos intervalos indicados por estes autores.

Quadro 2. Síntese da análise de variância (valores de F) dos valores de produção de MS de folhas + panículas, de caules e da parte aérea do sorgo

Origem variação	Caules			Folhas + Panículas			Parte aérea		
	2007	2008	2009	2007	2008	2009	2007	2008	2009
Nível N	16,92***	17,73***	26,86***	25,05***	6,90**	17,16***	35,08***	18,05***	31,94***
Nível Sal	6,06**	11,88***	17,98***	0,76n.s.	2,08n.s.	3,04n.s.	4,16*	8,99**	9,44**
N x Sal	0,85n.s.	3,20*	0,72n.s.	1,48n.s.	0,36n.s.	0,82n.s.	1,69n.s.	1,73n.s.	0,81n.s.

*** significativo ao nível de 0,1%; ** significativo ao nível de 1%; * significativo ao nível de 5%; n.s. não significativo.

Ainda em relação ao efeito principal do N nas produções de MS de folhas + panículas, de caules e da parte aérea do sorgo, os dois maiores níveis de N não se diferenciaram estatisticamente, em todos os anos (Quadro 3). Com o menor nível de N aplicado, as produções de folhas + panículas (2008), de caules (2008 e 2009) e de biomassa da parte aérea (2008) foram similares às resultantes dos dois níveis de N mais elevados (Quadro 3). Também Soileau e Bradford (1985) não encontraram resposta consistente das produções de matéria verde e de MS do sorgo sacarino à dose de N, o que atribuíram às interações do N aplicado com outros factores de variação experimentais. No presente ensaio, estes factores seriam as concentrações de Na⁺ e de Cl⁻ na água de rega.

Quadro 3. Efeito médio do N nas produções de MS de folhas + panículas, de caules e de biomassa da parte aérea do sorgo

Nível de N	Produção (kg/ha)								
	Folhas + Panículas			Caules			Parte aérea		
	2007	2008	2009	2007	2008	2009	2007	2008	2009
1	3367c	3037b	3116b	7494c	9503b	6657b	10861c	12540b	9774c
2	6346b	5383ab	4824b	10321b	13056a	11147a	16667b	18439a	15971b
3	8519a	6790a	6795a	13131a	14948a	13233a	21650a	21738a	20028a
4	8641a	6617a	6673a	10810ab	14415a	12353a	19452ab	21032a	19026ab

Nível de N: 1 – Sem NH₄NO₃ aplicado na água de rega; 2, 3 e 4 – Concentrações crescentes de NH₄NO₃ aplicado. Na mesma coluna, valores seguidos de igual letra não são significativamente diferentes a $P \leq 0,05$.

Nos três ciclos culturais do sorgo, a produção de MS de caules e da parte aérea (na média dos níveis de N) decresceu significativamente ($P \leq 0,05$) e de forma acentuada com a maior concentração salina na água de rega, relativamente às produções obtidas com a água de rega da região (Quadro 4).

Quadro 4. Efeito médio do NaCl nas produções de MS de folhas + panículas, de caules e da parte aérea do sorgo

Nível NaCl	Produções (kg/ha)								
	Folhas + Panículas			Caules			Parte aérea		
	2007	2008	2009	2007	2008	2009	2007	2008	2009
1	7138a	6204ab	5798a	10723ab	14715a	12768a	17861a	20919a	18565a
2	6586a	5593a	4625a	11471a	12986ab	11120a	18057a	18578ab	15745ab
3	6431a	4574a	5634a	9123b	11241b	8655b	15554b	15815b	14289b
Dif. 2-1	-553	-611	-1173	748	-1730	-1647	196	-2341	-2820
Dif. 3-1	-707	-1630	-163	-1600	-3474	-4113	-2307	-5104	-4276

Nível 1 – Sem NaCl aplicado na água de rega; Níveis 2, 3 – Concentrações crescentes de NaCl aplicado. Na mesma coluna, valores seguidos de igual letra não são significativamente diferentes a $P \leq 0,05$.

A água de rega com nível intermédio de sal não reduziu significativamente a produção mas, em 2008 e 2009, as perdas médias de MS de caules (1730 kg/ha e 1647 kg/ha, respectivamente), e da parte aérea (> 2300 kg/ha), foram relevantes. Vários autores têm observado redução da produtividade do sorgo com o aumento da salinidade, como resultado da inibição do processo fotossintético (Almodares *et al.* 2008).

Quadro 5. Efeito da interacção N x NaCl na produção de MS de caules (kg/ha), em 2008

Nível de NaCl	Nível de N			
	1	2	3	4
1	10060de	16925a	17372a	14505ab
2	10066de	10937cde	15926ab	15012ab
3	8384e	11307cde	11545cd	13727bc

Nível 1 – Sem N ou NaCl; Nível 4 de N – o maior nível ; Nível 3 de NaCl – o maior nível. Na mesma linha e coluna, valores seguidos de igual letra não são significativamente diferentes a $P \leq 0,05$.

Em 2008, o aumento de concentração de NaCl deprimiu a produção média de MS de caules ($P \leq 0,05$), para os dois níveis intermédios de N (Quadro 5). As maiores produções foram atingidas com a água de rega da região, de baixa salinidade e com a aplicação de qualquer das doses de N, mas também com a aplicação do nível de sal intermédio, associada a um dos dois níveis mais elevados de aplicação de N (N₃-17,6 g/m² e N₄-26,4 g/m²).

CONCLUSÕES

O azoto no solo mostrou-se claramente limitante da produção de MS de caules e da parte aérea do sorgo sacarino.

O grau de salinidade também afectou as produções, tendo-se verificado interacção deste factor com a adubação azotada num dos anos experimentais.

Na eventualidade de ter de se utilizar água com maior salinidade que a água de rega da região, a produção de caules poderá não ser penalizada, desde que a adubação azotada seja igual ou superior a 176 kg ha⁻¹ de N.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi financiado pelo Projecto PTDC/AGR–AAM/66004/2006 da FCT, intitulado “Optimização da Fertilização Azotada em função do Teor de Sal na Água de Rega”.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMODARES, A.; HADI, M.R.; DOSTI, B., 2008. The effect of salt stress on growth parameters and carbohydrates contents in sweet sorghum. *Research Journal of Environmental Sciences*, **2(4)**, 298-304.
- AYERS, R.; WESTCOT, D.W., 1985. Water quality for agriculture. *FAO Irrigation and Drainage Paper 29 Rev. 1* Rome.
- CAMACHO, R.; MALAVOLTA, E.; GUERRERO-ALVES, J.; CAMACHO, T., 2002. Vegetative growth of grain sorghum in response to phosphorus nutrition. *Scientia Agricola (Piracicaba, Brazil)*, **59(4)**, 771-776.
- CLARK, R.B., 1993. Sorghum. In: *Nutrient deficiencies and toxicities in crop plants*, 21-26. Ed. W.F. BENNETT, APS Press, St Paul, Minnesota, Estados Unidos.

FAO, 2006. World Reference Base for Soil Resources 2006. *World Soil Resources Reports 103*, FAO, Rome.

FIGUEIRA, M.A.P.F.; CALDEIRA, G.C.N., 2005. Effect of nitrogen nutrition on salt tolerance of *Pisum sativum* during vegetative growth. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, **168**, 359-363.

LANÇA, J.C.E.; PARREIRA, J.S., 1981. *O Sorgo. Cultura com interesse*. Direcção-Geral de Extensão Rural, Divulgação 10, 22 pp. Lisboa (Portugal).

LOURENÇO, M.E.V.; MASSA, V.M.L.; PALMA, P.M.M.; RATO, A.E.M., 2007. Potencialidades do sorgo sacarino [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] para a produção sustentável de bioetanol no Alentejo. *Revista de Ciências Agrárias*, **30(1)**, 103-110.

MARCOCCIA, R., 2007. *A participação do etanol brasileiro em uma nova perspectiva na matriz energética mundial*. Dissertação apresentada ao Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia da Universidade de São Paulo para Obtenção do título de Mestre em Energia, 95 pp. S. Paulo (Brasil). Disponível em <www.iee.usp.br/biblioteca/producao/2007//Teses/Dissertacao%20_%20Renato%20_%20Etanol.pdf>

MOREIRA, N., 2002. *Agronomia das Forragens e Pastagens*. Univ. Trás-os-Montes e Alto Douro, 183 pp. Vila Real (Portugal).

SOIPARA, J.M.; BRADFORD, B.N., 1985. Biomass and sugar yield response of sweet sorghum to lime and fertilizer. *Agronomy Journal* **77(3)**, 471-475.

EFFECTS OF NITROGEN FERTILIZATION AND IRRIGATION WATER SALINITY ON THE SWEET SORGHUM YIELD

SUMMARY

Sweet sorghum (*Sorghum bicolor ssp. Saccharatum*) has a high potential for bioethanol production. In addition to the stems, it supplies leaves and grain, which can be used in animal feed as forage sorghum. We evaluated the effect of the combinations of four N levels with three NaCl levels, applied through irrigation, on the stems, leaves + panicles, and aerial biomass production of sorghum in three consecutive years of an experiment established on a Eutric Fluvisol in Alvalade-Sado region, equipped with a drip irrigation system (Triple Linear Source). In 2007, 2008, and 2009, the response of sorghum to fertigation with N was high, with appreciable significant increases ($P \leq 0.05$) of leaves + panicles, stems, and aerial biomass yields (for the average of the salinity levels). The highest NaCl level in the irrigation water reduced the average production of stems and of aerial biomass yield (for the average of the N levels), at least in relation to one of the other NaCl levels. This was also true for the production of stems in 2008, at the two intermediate N levels. The yield of stems, in one of the experimental years, was not reduced when using irrigation water with an intermediate salinity and a nitrogen rate not lower than $176 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$.

Keywords: dry matter, fertigation, NaCl, nitrogen fertilization, *Sorghum bicolor ssp. Saccharatum*.

TERCERA PARTE:

PRODUCCIÓN ANIMAL

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NA PRODUÇÃO ANIMAL

RUI J.B. BESSA

CIISA, Faculdade de Medicina Veterinária, Universidade Técnica de Lisboa, Polo Universitário do Alto da Ajuda, 1300-477, Lisboa

RESUMO

O estudo da eficiência energética dos animais e da produção animal tem sido determinante para o desenvolvimento de sistemas de arraaçoamento dos animais e a intensificação dos sistemas de produção animal e sua optimização económica. Actualmente, o estudo da eficiência energética animal ganhou nova importância face à crescente preocupação social com os impactos ambientais da produção animal. O aumento da eficiência dos animais e dos sistemas de produção animal permitirão mitigar o seu impacto ambiental. Neste contexto serão revistos alguns aspectos básicos do metabolismo energético dos animais, em particular dos ruminantes e principais determinantes da eficiência energética e formas de expressar. Destaca-se: a incontornável ineficiência relativa dos ruminantes; que é a nível do aproveitamento digestivo dos alimentos que se observam as principais perdas energéticas; e que a intensificação da produção e recurso a alimentos concentrados permite ganhos consideráveis de eficiência. Existe potencial de ganhos na eficiência alimentar por selecção genética de animais mais eficientes. Finalmente, destaca-se a necessidade de se analisar a eficiência em termos de razão entre “inputs” e “outputs” edíveis para humanos de a poder apreciar o papel único dos ruminantes como aproveitadores de recursos (alimentares e terra) não utilizáveis para consumo Humano.

Palavras chaves: Eficiência energética; Ruminantes; Sistema de produção; Eficiência alimentar; Ingestão residual.

INTRODUÇÃO

O interesse do estudo do metabolismo e eficiência energética dos animais de produção constituiu desde o final do século XIX o cerne da ciência da nutrição animal e esteve na base no desenvolvimento dos sistemas de arraaçoamento desenvolvidos desde então. Estes sistemas, a par com a selecção genética, desempenharam um papel central na intensificação dos modernos sistemas de produção animal. Como os custos com alimentação dos animais constituem, por regra, a maior fatia dos custos de produção (cerca de 50% na produção de leite e 70% na produção de carne bovina) e a procura da maior eficiência energética traduz-se directamente em optimização económica. Mais recentemente, a tomada de consciência global da necessidade de minimizar o impacto ambiental das actividades humanas, conduziu inevitavelmente a uma pressão sobre o sector da produção animal. Um grupo de trabalho reunido pela FAO fez um levantamento do impacto ambiental da produção animal, e as conclusões foram preocupantes (Steinfeld *et al.*, 2006). Directa ou indirectamente, a produção animal ocupa 70% da superfície agrícola e contribui com 18% da emissão de gases com efeito de estufa (em equivalentes de CO₂) dos quais se destaca a 37% das emissões antropogénicas de metano (CH₄). A análise da eficiência do sistema de produção e seu impacto ambiental é bem mais complexa do que a análise da eficiência da componente animal, já que, além de incluir esta última, terá de considerar os factores económicos e análises do ciclo de vida dos “input” e “outputs”. Em todo caso realça-se que a

eficiência energética dos animais é um dos pilares determinantes da eficiência global dos sistemas de produção.

Importa assim, identificar os principais factores que condicionam a eficiência energética dos animais. Dentro de cada espécie animal podemos distinguir condicionantes centrados no animal ou no alimento. Os condicionantes animais incluem a espécie, a idade, o estado fisiológico e o nível e tipo de produção. Observa-se ainda variações individuais entre animais tradicionalmente descuradas pelos nutricionistas mas recentemente enfatizadas pelos geneticistas. As condicionantes ligadas ao alimento, incluem a composição em nutrientes e em factores anti-nutritivos, assim como organização dos componentes químicos, granulometria, processamento, etc. Diversas classificações de alimentos existem, mas para o presente trabalho, basta distinguir dois extremos: a) alimentos de elevada densidade em energia metabolizável (concentrados), ricos em amidos, açúcares ou gordura; b) alimentos de reduzida densidade em EM, (grosseiros) ricos em fibra (celulose e hemicelulose) como as pastagens, forragens e palhas. As considerações que se seguem incidem em particular nos ruminantes, uma vez que estes podem ser explorados tanto em sistemas em que a alimentação se limita a forragens e pastagens ou é constituída predominantemente por alimentos concentrados.

Eficiência de extracção da energia dos alimentos no tubo digestivo

Apenas parte da energia bruta (de combustão) contida nos alimentos é absorvida, sendo uma percentagem, muito variável, perdida no tubo digestivo e eliminada sob a forma de fezes, gases de fermentação e calor. O esquema clássico de partição da energia nos animais, considera a energia digestiva (ED), energia metabolizável (EM), energia limpa (EL) e energia retida (ER), que são obtidas descontado da energia bruta dos alimentos, respectivamente, a energia das fezes, dos gases de fermentação e urina, e o incremento calórico (Figura 1). A consolidação deste esquema de partição energética deve-se mais à história do seu desenvolvimento metodológico do que à sua coerência conceptual. Assim se compreende que as perdas de energia dos alimentos no tubo digestivo estejam reflectidas parcialmente na ED (perdas fecais), EM (gases combustíveis de fermentação) e EL (calor de fermentação). As perdas energéticas digestivas são muito variáveis com a espécie animal e com o tipo de alimentos, mas constituem, por norma, a maior fracção das perdas energéticas totais constituindo entre 2 a 40% nos suínos e aves e 10 a 70% nos herbívoros (Reid *et al.*, 1980). A maior amplitude desta fracção nos herbívoros do que nos suínos e aves deve-se ao facto do tipo de alimentos utilizados pelos primeiros ser muito mais variável do que nos segundos. Assim, apesar de não se excluir variações entre indivíduos, compreende-se que a este nível o tipo de alimento seja o principal condicionante da eficiência digestiva. Além do mais, a utilização digestiva da fibra implica necessariamente fermentação microbiana originando perdas de calor de fermentação e de metano. Nos ruminantes, onde os alimentos são extensamente fermentados antes da hidrólise ácida gástrica e digestão entérica, os alimentos ricos em fibra originam maior produção de metano do que os alimentos ricos em amido ou açúcares. No ecossistema microbiano ruminal, a metanogénese evoluiu par a par com a capacidade de digestão anaeróbia da fibra e conseqüente formação de acetato e butirato. Assim, os principais factores que reduzem as perdas de metano (i.e. aumento do nível de ingestão e da incorporação de concentrados na dieta) conduzem a uma redução da extensão da digestão da fibra. Devido ao elevado conteúdo calórico (55.5 kJ/kg) do metano, as perdas energéticas sob a forma de metano afectam de forma relevante a eficiência energética dos ruminantes, atingindo máximos de 12% e mínimos de 2% da energia

bruta ingerida (Johnson e Johnson, 1995). A relevância da produção de metano no tubo digestivo é também ambiental, sendo um três principais gases que contribuem para o efeito de estufa, possuindo um efeito 23 vezes superior ao do CO₂ (Steinfeld *et al.*, 2006). Assim o desenvolvimento de estratégias para mitigar a produção de metano nos ruminantes é uma das prioridades actuais de investigação (Martín *et al.*, 2010).

Em suma, considerando apenas a eficiência digestiva, os ruminantes são necessariamente menos eficientes do que os animais que não dependem de fermentação pré-entérica, uma vez que o extenso processo fermentativo implica perdas de energia sob a forma de calor resultante do metabolismo microbiano e perdas de metano. Além do mais, a utilização de alimentos fibrosos é necessariamente menos eficiente energeticamente do que os alimentos concentrados, resultando em maior produção de metano e maior emissão de fezes. Contudo, a amplitude de digestibilidade das forragens é muito grande pelo que melhorias na qualidade das forragens permitirão ganhos de eficiência digestiva marcantes.

Eficiência metabólica

A energia química dos nutrientes absorvidos será extraída durante a sua oxidação, conservada transitoriamente em nucleótidos fosforilados (ATP) e utilizada nos processos metabólicos que suportam a vida. Os compostos azotados não são totalmente oxidáveis e são eliminados na urina, maioritariamente sob a forma de ureia. No esquema de partição de energia no animal (Fig. 1), a energia perdida na urina é contabilizada quando se determina a EM a partir da energia digestível (ED). Em termos práticos, a EM é a energia disponível para realizar trabalho metabólico no animal e será parcialmente retida (Energia Retida) nos produtos ou perdida sob a forma de calor (Incremento calórico). O incremento calórico inclui as perdas energéticas associadas ao trabalho de digestão (mastigação, peristaltismo, renovação epitelial, etc..) e metabolização dos nutrientes, mas é apenas uma fracção da produção total de calor dos animais. O calor produzido em resultado das actividades metabólicas necessárias para manter o organismo, mesmo na ausência de produção é contabilizado como sendo energia limpa de manutenção (Elm).

A eficiência de utilização da energia metabolizável (EM) varia com a função a que se destina (manutenção, crescimento, leite, etc), aumentando com a qualidade do alimento (concentração em EM) e diminuindo com o aumento da ingestão de EM. As razões para a menor eficiência de utilização da EM fornecida por alimentos grosseiros, i.e. de baixa densidade em EM, reside quer no maior trabalho de digestão necessário, quer no perfil de nutrientes absorvidos, predominantemente produtos finais da fermentação (i.e. ácidos gordos voláteis), que se traduzem num maior consumo de energia dos órgãos viscerais drenados pela veia porta (Reynolds *et al.*, 1991). Nos ruminantes, a eficiência de utilização de EM para crescimento é mais baixa e mais variável (0.32 a 0.55) do que a eficiência de utilização de EM para produção de leite (0.56 a 0.66). Contudo, em ruminantes alimentados *ad libitum*, a eficiência de utilização da EM permanece notavelmente constante (próximo de 0.60) uma vez os ganhos de eficiência obtidos pela utilização de alimentos de elevada densidade em EM são neutralizados pelo o aumento do nível de ingestão que este alimentos permitem (Tolkamp, 2010). Assim, em termos práticos, poucas diferenças na eficiência de utilização da EM atribuíveis ao tipo de alimentação são espectáveis em ruminantes. Será ao nível do aproveitamento digestivo dos alimentos que se poderão esperar maiores progressos na eficiência energética dos animais, já que 86% da variação no teor de

energia limpa para lactação (NEL) dos alimentos é explicada por diferenças no seu teor em energia digestível (Moe *et al.*, 1972).

O peso das necessidades de manutenção na eficiência biológica dos animais é determinante na eficiência biológica dos animais. As necessidades de manutenção são em grande parte determinadas pela massa corporal, em particular a massa proteica corporal (Webster, 198 mas também pelas condições ambientais já que a actividade muscular voluntária e os gastos com termoregulação estão incluídos no conceitos de necessidades de manutenção. Assim, os animais explorados em regime mais extensivo, sujeitos a oscilação térmicas mais elevadas e necessitando de efectuar deslocações para se alimentarem, possuem gastos energéticos de manutenção bem mais elevados do que os animais estabulados e mantidos em ambiente controlado. Por outro lado, a produção de leite e ovos é mais eficiente energeticamente do que o ganho de peso vivo, porque uma vez exportada a energia retida não induz aumentos dos gastos com manutenção do animal. Já a retenção de energia na forma de ganho de peso corporal implica aumento de massa corporal e assim aumento da despesas com manutenção.

Efeito do nível produtivo na eficiência do animal

A eficiência energética global do animal e do sistema de produção aumenta de forma marcante com o aumento do nível de produção e intensificação. À escala do animal, o aumento do nível produtivo e consequente diluição das necessidades de manutenção, compensa largamente quaisquer efeitos negativos na digestibilidade e eficiência de utilização da EM. Estendendo este ganho de produtividade a todo o sistema produtivo, verificam-se acréscimos dramáticos na eficiência energética do sistema de produção com melhorias da eficiência reprodutiva e estado sanitário que se reflectem directamente em menores taxas de refugo e manutenção de efectivos de reposição. Com menos animais, e menos alimentos obtém-se a mesma produção. Este é um argumento de peso a favor da sustentabilidade energética e ambiental dos sistemas de produção altamente intensificados. Este efeito foi claramente demonstrado na comparação da eficiência energética e impacto ambiental do sector da produção de leite no Estados Unidos em 1944 e em 2007 efectuada por Capper et al (2009). Para produzir 1 bilião de kg de leite a moderna produção de leite necessita apenas 21% dos animais, 23% da quantidade de alimentos, 35% da água, e 10% de utilização da terra do produzindo apenas 24% do chorume e 43% do metano do que em 1944 (Tabela 1). Este aumento de eficiência deve-se não só ao aumento de produção por animal (i.e. diluição dos custo de manutenção), mas também à redução de número de animais necessários, introdução de metodologia reprodutivas como inseminação artificial, aumentos de produtividade e qualidade dos alimentos. A menor redução de relativa na produção de metano deve-se não ao aumento da emissões a partir da armazenagem dos chorumes nos sistemas mordernos.

Os ganhos de eficiência com o aumento de nível produção seguem também a lei dos acréscimo decrescentes à medida que o aumento do nível de ingestão aumentar, e consequente amplificação das quebras na digestibilidade e eficiência metabólica tende a anular os ganhos obtidos por diluição dos custo de manutenção. Não existindo avanços revolucionários na eficiência digestiva, Vandehaar (1998) estimou que, em vacas leiteiras, a eficiência biológica aumentaria até uma produção de 15000 kg de leite por vaca/ano e que a partir deste ponto os ganhos de produtividade com o aumento de produção se aproximaria de zero. A longevidade produtiva influencia a eficiência biológica quando medida ao longo da vida. Um componente importante da eficiência da vaca leiteira quando medida ao longo de todo o ciclo de vida é a longevidade produtiva. O aumento do número de lactações efectuadas

irá diluir o investimento inicial com a fase não produtiva (cerca de 24 meses). Para uma vaca produzindo 9000 kg de leite por ano, ao fim da primeira lactação 17% da EB ingerida será retida em produtos (leite, massa corporal e conceitos), aumentado para 20,5 % no final da terceira lactação e 21,4% no final da 5ª lactação (Vandehaar, 1998). Este autor estimou que o máximo de retenção de EB ao longo da vida seria cerca de 25% e ocorreria em animais produzindo 21000 kg de leite por ano ao fim da 3ª lactação.

Tabela 1 Comparação dos recursos necessários, desperdícios produzidos e impacto ambiental para produzir 1 billião de kg de leite nos Estados Unidos da América em 1944 e 2007 (Capper *et al.*, 2009).

	1944	2007
Produção de leite	53.1	84,2
Recursos e desperdícios por bilião kg leite		
Animais		
Vacas lactantes (x 10 ³)	414,8	93,6
Vacas secas (x 10 ³)	67,4	15,2
Novilhas (x 10 ³)	429,2	90,3
Machos maduros (x 10 ³)	19,29	1,31
Machos imaturos (x 10 ³)	17,17	1,08
Total (x 10 ³)	948	202
Recursos alimentares		
Necessidades energéticas manutenção (MJ x 10 ⁹)	16,66	3,87
Necessidades proteicas manutenção (kg x 10 ⁶)	165,4	48,4
Alimentos (kg x 10 ⁹)	8,29	1,88
Terra (ha x 10 ³)	1 705	162
Água	10,76	3,79
Desperdícios		
Excreção de N (kg x 10 ⁶)	17,47	7,91
Excreção de P (kg x 10 ⁶)	11,21	3,31
Chorumes (kg x 10 ⁹)	7,86	1,91
Emissões de gases		
Metano (kg 10 ⁶)	61.8	26.8
Óxido nítrico (kg 10 ³)	412	230
“Carbon footprint” (kg CO ₂ x 10 ⁹)	3,66	1,35

Eficiência alimentar e ingestão residual.

A nível da produção a expressão da eficiência do conversão dos alimentos em produtos animais é geralmente avaliada não em termos energéticos, mas em termos de consumo de alimentos por unidade de produto. A perda em precisão é compensada com a facilidade de avaliação. A utilização de índices de conversão (quantidade alimento / unidade de produto) é talvez a mais utilizada em animais monogástricos. Recentemente a utilização de índices de eficiência alimentar (“feed efficiency”) definida como kg de leite produzido por kg de matéria seca (MS) ingerida, tem vindo a ser proposto como medida de monitorização da produção em vacarias de leite (Casper, 2008). A eficiência alimentar média de explorações leiteiras nos EUA situa-se em 1,51 kg de leite por kg MS de alimento, mas uma grande amplitude de valores é observada (0,86 a 2,30). Parte desta grande variação na eficiência detectada deve-se à imprecisão desta medida e em grande parte a diferenças na digestibilidade da dieta e em particular das forragens. A ocorrência de acidose também está associada com quebra na eficiência alimentar, quer por quebras na digestão da fibra quer por aumento do incremento calórico. A monito-

rização da eficiência alimentar a nível da exploração é assim uma ferramenta importante para melhorar o manejo alimentar. Descendo à escala do animal, a avaliação da eficiência alimentar, permite detectar existência em animais mantidos em condições semelhantes de diferenças individuais. Animais com maior eficiência alimentar produzem o mesmo mas com menor ingestão de MS, ou produzem mais para o mesmo nível de ingestão de MS. A avaliação da eficiência alimentar ao nível individual é expressa como ingestão residual (residual feed intake- RFI). A RFI em animais em crescimento, é definida como o desvio em relação à ingestão esperável depois de ajustada ao peso metabólico e ganho de peso (Koch *et al.*, 1963). Torna-se assim uma medida independente do nível produtivo e utilizável em índices de selecção. As variações individuais em termos de eficiência energética tem sido grandemente subvalorizadas pelos nutricionistas, que durante décadas se debateram com imprecisão dos modelos para estimar de ingestão voluntária dos animais, sem contudo aprofundarem o estudo da variação individual na explicação dos desvios apontados pelos modelos. De facto, nos animais em crescimento o peso metabólico e o ganho médio diário só explicam geralmente 60% da ingestão observada. A ingestão residual (RSI) possui hereditabilidade moderada (0.28 a 0.58) e uma considerável variabilidade genética tem sido demonstrada entre populações o que permite que o desenvolvimento de estratégias de selecção para animais mais eficientes (Moore *et al.*, 2009). Estima-se que a selecção para uma maior eficiência alimentar permitirá, mantendo a mesma produtividade, reduzir 9 a 10% os custos energéticos de manutenção da fase mãe, 10 a 12% de alimento ingerido, 25 a 30% o metano produzido e 15 a 20% de produção de chorumes (Moore *et al.*, 2009). As bases fisiológicas da eficiência alimentar tem vindo a ser estudadas durante a última década. Herd e Arthur (2009) analisaram as contribuições dos mecanismos biológicos para a variação no RFI concluindo que 37% era devido a diferenças no metabolismo proteico e resposta ao stress; 10% a diferenças na actividade muscular voluntária; 10% a diferenças na digestibilidade; 9% a diferenças no incremento calórico; 5% a diferenças na composição corporal; 2 % a alteração no comportamento alimentar.

Tabela 2 Comparação da eficiência energética de sistemas de produção nos Estados Unidos da América e na Coreia do Sul (CAST, 1999 citado por Gill *et al.*, 2010).

	EUA		Coreia do Sul	
	Eficiência total ¹	Eficiência em edíveis para humanos ²	Eficiência total ¹	Eficiência em edíveis para humanos ²
Leite	0,25	1,07	0,26	3,74
Carne bovino	0,07	0,65	0,06	3,34
Carne de suíno	0,21	0,31	0,20	0,35
Carne de aves	0,19	0,28	0,21	0,30

¹ eficiência total calculada como output em energia edível para humanos por total input de energia

² eficiência em edíveis para humanos calculada como output em energia edível para humanos por input de energia edível para humanos.

CONCLUSÕES

Se nos limitarmos a analisar a eficiência de retenção de energia do alimentos nos produtos animais é incontornável que os ruminantes são necessariamente menos eficientes do que os monogástricos e que a utilização de alimentos grosseiros é menos eficiente do que a utilização de alimentos

concentrados. Além do mais, os ganhos de eficiência associados ao aumento do nível de produção implicam uma utilização mais intensiva de alimentos concentrados. Numa visão integrada de aproveitamento dos recursos é importante considerar que a maioria dos alimentos fornecidos a suínos e aves é edível para humanos enquanto que a maioria da dieta dos ruminantes não é aproveitável pelos humanos. Os ruminantes são capazes de aproveitar, com eficiência moderada, estes recursos alimentares (pastagens, forragens e subprodutos fibrosos) e transformá-los em produtos edível para humanos. Assim, se calcular a eficiência animal considerando apenas os “input” e “outputs” edíveis para humanos observa-se que os ruminantes suplantam largamente os suínos e aves (Tabela 2). As diferenças entre os sistemas praticados nos EUA e na Coreia do Sul resulta de maior incorporação de sub-produtos na Coreia por oposição à maior incorporação de cereais nos EUA. Apresentar a eficiência biológica da produção de alimentos de origem animal considerando os “input” potencialmente edíveis por humanos permite apreciar de forma mais correcta o papel dos ruminantes e permite comparar sistema de produção e alimentação de forma mais sustentável.

BIBLIOGRAFIA

- CAPPER, J. L.; CADY, R. A.; BAUMAN, D.E. 2009. The environmental impact of dairy production: 1944 compared with 2007. *Journal of Animal Science*, **87(6)**, 2160-2167.
- CASPER, D.P. 2008. Factors affecting feed efficiency of dairy cows. Tri-State Dairy Nutrition Conference. Pp. 133-144.
- GILL, M.; SMITH, P.; WILKINSON, J.M. 2010. Mitigating climate change: the role of domestic livestock. *Animal*, **4(3)**, 323-333.
- HERD, R.M.; ARTHUR, P.F. 2009. Physiological basis for residual feed intake. *Journal of Animal Science*, **87(14)**, E64-E71.
- JOHNSON, K. A.; JOHNSON, D. E. 1995. Methane emission from cattle. *Journal of Animal Science*, **73(8)**, 2483-2492.
- KOCH, R.M.; SWIGER, L.A.; CHAMBERS, D.; GREGORY, K.E. 1963. Efficiency of feed use in beef cattle. *Journal of Animal Science*, **22(2)**, 486-494.
- MARTIN, C.; MORGAVI, D.P.; DOREAU, M. 2010. Methane mitigation in ruminants: from microbe to the farm scale. *Animal*, **4(3)**, 351-365.
- MOE, P.W.; FLATT, W.P.; TYRRELL, H.F. 1972. Net energy value of feeds for lactation. *Journal of Dairy Science*, **55(7)**, 945-957.
- MOORE, S.S.; MUJIBI, F.D.; SHERMAN, E.L. 2009. Molecular basis for residual feed intake in beef cattle. *Journal of Animal Science*, **87(14)**, E41-E47.
- REID, J.T.; WHITE, O.D.; ANRIQUE, R.; FORTIN, A. 1980. Nutritional energetic of livestock: some present boundaries of knowledge and future research needs. *Journal of Animal Science*, **51(6)**, 1393-1415.
- REYNOLDS, C.K., TYRELL, H.J.; REYNOLDS, P.J. 1991. Effects of diet forage-to-concentrate ratio and intake on energy metabolism in growing beef heifers: Whole body energy and nitrogen balance and visceral heat production. *Journal of Nutrition*, **121(7)**, 994-1003.
- STEINFELD, H.; GERBER, P.; WASSENAR, T.; CASTEL, V.; ROSALES, M.; HAAN, C. 2006. Livestock's long shadow – environmental issues and options. FAO, Rome.

TOLKAMP, B.J. 2010. Efficiency of energy utilization and voluntary feed intake in ruminants. *Animal*, in press.

VANDEHAAR, M.J. 1998. Efficiency of nutrient use and relationship to profitability in dairy farms. *Journal of Dairy Science*, **81(1)**, 272-282.

WEBSTER, A.J.F. 1985. Differences in the energetic efficiency of animal growth. *Journal of Animal Science*, **61(suppl.2)**, 90-103.

ENERGETIC EFFICIENCY ON ANIMAL PRODUCTION

SUMMARY

The study of energetic efficiency of farm animals have been determinant to the development of feeding systems and thus to the intensification of production systems. Recently, with increasing awareness of environmental impact of animal production systems, the need for study animal and production system energetic efficiency gained a new importance. Increasing energetic efficiency will contribute to mitigate environmental impact of animal production. Some basic concepts of animal energy metabolism were briefly reviewed as well as the main determinants of energetic efficiency and ways to express it. It is point out: the relative energetic inefficiency of ruminants; that the major losses of energy are due to the digestion of feeds; and that intensification and increased production levels results in major improvements in efficiency. Significant individual variability for feed efficiency is observed and there is potential for selecting more efficient animals. Finally, there a need to express energetic efficiency using Human edible inputs and outputs in order to fully appreciate the unique role of ruminants in using resources (feeds and land) not utilizable for fed Humans.

Keywords

Energy efficiency; Ruminants; Production system; Feed efficiency; Residual feed intake

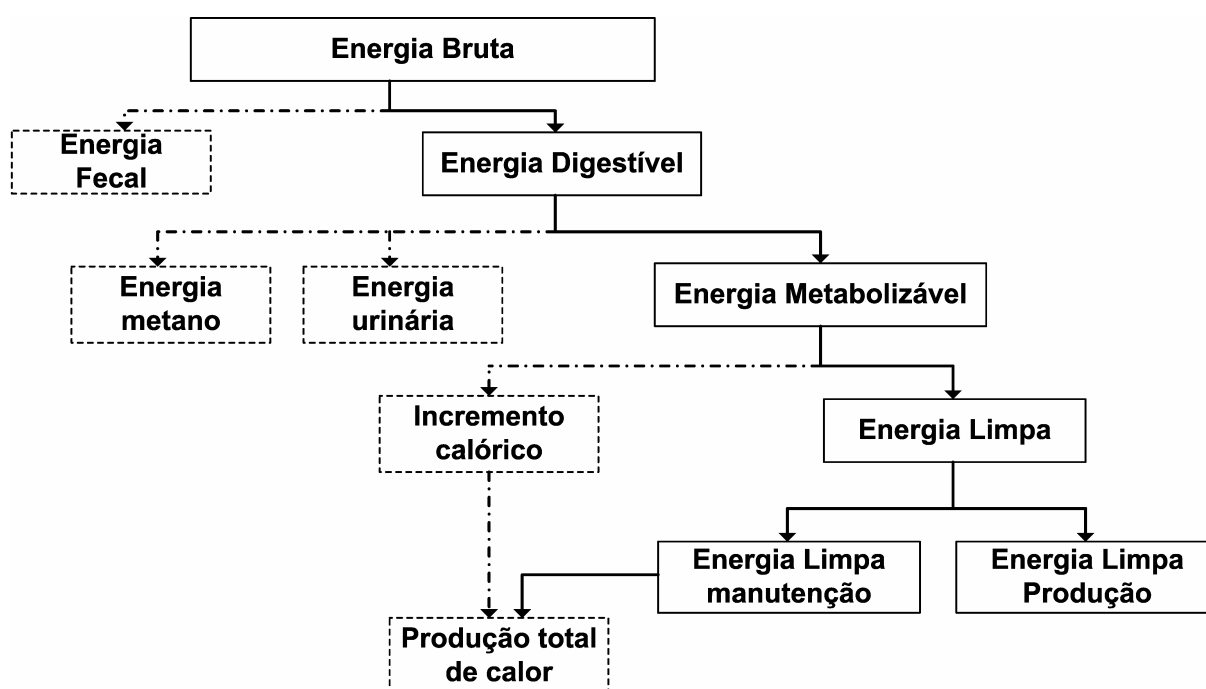


Figura 1 – Partição da energia dos alimentos no animal (linhas a cheio energia útil e linhas a tracejado energia não utilizável – perdas)

EFECTOS DEL MODELO DE TRANSITO SOBRE LAS ESTIMAS DE DEGRADABILIDAD RUMINAL *IN SITU* DE FORRAJES VERDES Y SECOS

J. GONZÁLEZ CANO¹, X. PEPA¹, J. M. ARROYO MARTÍNEZ¹, J. GUEVARA GONZÁLEZ¹, M. R. ALVIR MORENCOS¹, M. AYED² Y A. HEDI²

¹Dpto. de Producción Animal. E.T.S.I. Agrónomos. Univ. Politécnica. 28040 Madrid (España). ²Ecole Supérieure d'Agriculture. 7030 Mateur (Túnez).

RESUMEN

Utilizando tres corderos fistulizados en rumen y duodeno alimentados con una ración forrajera a un nivel del 80 % del consumo voluntario se ha determinado la degradación de 11 forrajes, estimándose la degradabilidad efectiva (DE) de su MS utilizando bien la tasa de salida (k_p) de partículas del rumen o bien esta tasa junto con la de conminución y mezcla (k_c) de estas, determinadas sobre cuatro forrajes marcados con Yb o Eu en dos estudios sucesivos. El valor de k_p fue similar entre forrajes, apreciándose en cambio un mayor valor de k_c para un heno de alfalfa (representativo de las leguminosas) frente a tres gramíneas. Considerar k_c produjo aumentos consistentes de la DE de la MS, reduciéndose principalmente esta diferencia (del 15,5 % al 6,20 %) con el aumento de k_c y de la tasa de degradación. Así, el efecto de considerar k_c es menor al aumentar la calidad del forraje y en las leguminosas que en las gramíneas. La DE de la MS así obtenida puede predecirse con precisión a partir de los constituyentes fibrosos del forraje.

Palabras clave: rumen, degradación, tasas de conminución y tránsito de partículas, ovinos.

INTRODUCCIÓN

Una correcta valoración de alimentos para rumiantes exige conocer el uso de ciertas fracciones en los distintos tramos del aparato digestivo y, más especialmente en el rumen, al condicionar la fermentación en éste tanto el sitio de digestión como la digestibilidad en el intestino (González *et al.*, 1999). Los métodos *in situ* resultan muy adaptables a este fin; sin embargo, una de sus limitaciones habituales es no considerar los procesos de retención de las partículas en el rumen. Así, en el cálculo de la degradabilidad efectiva (DE) solo se considera normalmente la tasa de tránsito de partículas del rumen (k_p) y no la tasa de conminución y mezcla de estas (k_c), pese a que este proceso retrasa su salida del rumen. En este trabajo se estudian las posibles diferencias en el tránsito de partículas en el rumen y los efectos de considerar k_c en adición a k_p en las estimas de DE de la MS de distintos tipos de forrajes. La predicción de este valor (establecido considerando conjuntamente k_c y k_p) a partir de la composición química de los forrajes ha sido también investigada.

MATERIAL Y METODOS

Se han estudiado un total de 11 forrajes: avena verde a tres estados de madurez (fin de encañado, grano lechoso y grano pastoso, respectivamente), bersín verde (floración), triticale verde (grano lechoso), dos henos de avena (inicio de espigado y grano pastoso), heno de ray-grass inglés (floración) y dos henos de alfalfa correspondientes al 2º y 6º corte. Todos los henos se secaron al sol sobre el suelo. Las muestras verdes se secaron en estufa durante 48 h a 64 °C. Todas las muestras se caracterizaron para MO, PB (AOAC, 2000), FND (sin usar sulfito sódico), FAD (secuencial) y LAD (Robertson y

Van Soest, 1981), así como para la proporción de N insoluble en soluciones de fibra neutro (NDIN) y ácido (ADIN) detergente.

Los estudios de degradación-tránsito se realizaron sobre tres corderos fistulizados en rumen y duodeno, alimentados con una dieta compuesta por henos de alfalfa (55%), ray-grass (35%) y avena (10%), suministrados picados (10-12 cm) a un nivel del 80% de su ingestión voluntaria (determinada previamente), equivalente a 60g MS/kg P^{0,75}.

La dinámica de partículas en el rumen se estudió sobre los tres forrajes de la dieta y la paja de trigo, marcados con iterbio (Yb) o europio (Eu), realizándose dos determinaciones en días diferentes; la primera incluía heno de alfalfa (Yb) y paja (Eu) y la segunda los henos de avena (Yb) y ray-grass (Eu). El marcaje se realizó por la técnica de inmersión descrita por González *et al.* (1998) a dosis de 10 mg /g. Los forrajes picados y marcados se suministraron a los animales como dosis simple (50 g) en los comederos 15 minutos antes de la primera comida de la mañana, obteniéndose un total de 22 muestras de digesta duodenal hasta 120 h post-dosis. Estas muestras se desecaron y molieron a través de una criba de 1-mm de forma previa a su análisis por espectrofotometría de absorción atómica. La evolución en el tiempo de la concentración de marcador se ajustó al modelo de Dhanoa *et al.* (1985) para establecer las tasas k_c y k_p .

La degradación ruminal se estudió en cada forraje en 2 incubaciones, a tiempos de 3, 6, 12, 24, 48, 72 y 120 h, utilizando muestras de 3 g (molidas a 2 mm), contenidas en bolsas de nylon (dimensiones internas: 7 cm x 11 cm; 46 µm de poro). Las bolsas, tras extraerse del rumen, fueron someramente lavadas con agua corriente y almacenadas a -20° C. Tras su descongelación, se lavaron en una mini-lavadora de turbina (3 x 5 min.). Este proceso de lavado también se utilizó sobre cuatro bolsas no incubadas de cada forraje para establecer el valor a 0 h. La evolución de la desaparición aparente de la MS se ajustó en cada animal a un modelo exponencial simple (Ørskov y McDonald, 1979). Los valores de DE se determinaron por integración matemática en base a considerar, bien k_p ($DE_p = a + b(k_d/(k_d + k_p))$), bien simultáneamente k_c y k_p ($DE_{c,p} = a + b(k_d/(k_d + k_p)) \cdot (1 + (k_p/(k_d + k_c)))$).

Se aplicaron análisis de varianza considerando los corderos como bloques para estudiar la variación de las tasas k_c y k_p , así como el efecto de considerar k_c sobre las estimas de DE. En el primer caso las diferencias entre forrajes se establecieron mediante contrastes ortogonales. Así mismo, se establecieron los coeficientes de correlación entre los parámetros de composición química o entre estos y los parámetros de degradación, prediciéndose la $DE_{c,p}$ a partir de la composición química mediante regresión múltiple.

RESULTADOS Y DISCUSION

La composición de los forrajes analizados (Tabla 1) fue concordante con la variación existente entre estados de madurez. Así, se evidenció un aumento del contenido en MO con el grado de desarrollo de la pared celular, dadas sus correlaciones con FND ($r = 0,775$; $P < 0,01$) y PB ($r = -0,698$; $P < 0,05$), consecuencia de una menor proporción de contenidos celulares y de la disminución de minerales con el avance de la madurez. Así mismo, la correlación estrecha entre PB y FND ($r = -0,978$; $P < 0,001$) concuerda no solo con la variación del estado de madurez sino también con la debida a la especie o el corte. Las proporciones de NDIN y ADIN fueron variables y elevadas en muchos forrajes, la última se correlacionó estrechamente con los contenidos en FAD y LAD ($r = 0,809$ y $0,802$, respectivamente; $P < 0,01$).

Los resultados de tránsito (Tabla 2) concuerdan con la indicación de Ellis *et al.* (1979) indicando que la tasa k_p representa la evacuación de partículas finas acumuladas en el retículo, que por esta causa debe presentar valores similares en los distintos forrajes, mientras que k_c refleja el proceso de acondicionamiento (reducción de tamaño y aumento de densidad) de estas partículas y su transporte hasta el retículo, cuyo valor depende de las características de cada forraje. El mayor valor de k_c en el heno de alfalfa frente a las gramíneas concuerda con Rubio *et al.* (2001) quienes muestran en raciones con distintas proporciones de henos de veza y avena un mayor valor de k_c para el primero y valores similares de k_p en ambos.

Tabla 1. Composición química de los forrajes testados.

	MS	MO	PB	FND	FAD	LAD	NDIN ¹	ADIN
	%						% de la MS	
	%						% del N total	
Bersín verde	26,3	89,3	16,5	53,5	39,3	12,1	33,7	16,7
Triticale verde	23,3	90,7	10,2	67,0	36,0	4,18	46,2	5,25
Avena verde 1*	15,2	88,6	11,3	62,6	35,3	5,25	37,9	11,7
Avena verde 2	23,3	90,2	9,40	67,8	36,8	5,43	31,1	6,57
Avena verde 3	43,6	88,5	7,82	66,2	40,9	5,70	26,3	8,80
Heno avena	85,9	92,5	8,59	70,4	39,8	6,88	37,3	13,4
Paja de trigo	87,6	92,2	2,94	78,9	50,6	11,6	28,7	22,8
Heno de alfalfa 1	89,9	87,4	19,7	47,2	30,8	8,79	27,3	9,95
Heno de ray-grass	91,4	89,9	7,27	64,1	33,2	3,77	33,1	7,83
Heno de avena	89,3	90,2	14,6	55,9	32,8	5,52	19,9	5,96
Heno de alfalfa 2	88,5	87,8	25,9	36,7	22,6	6,24	23,0	3,19

¹NDIN y ADIN: N insoluble en soluciones neutro y ácido detergente, respectivamente.

Las tendencias observadas para k_p en los contrastes 1 y 2 son atribuibles a diferencias entre los dos tránsitos. Así, un análisis de varianza, sin considerar los alimentos, muestra valores superiores para el primero (4,46 vs. 4,04 %/h; ESM = 0,13; $P = 0,015$). El tránsito de partículas es dependiente de múltiples factores de forma que siempre pueden existir variaciones entre días. En consecuencia, se aplicó el valor medio de k_p a todos los forrajes testados *in situ* para la determinación de la DE, mientras que como valor de k_c se utilizó el obtenido para el heno de alfalfa en las muestras de leguminosas y la media de los restantes para las distintas gramíneas testadas.

Tabla 2. Diferencias entre alimentos para las tasas fraccionales de salida (k_p) y conminución y mezcla (k_c) en el rumen de las partículas.

Item	Alimentos						Contrastes ²		
	HA1 ¹	HAv	HRG	PT	ESM	P	1	2	3
k_p	4,50	3,93	4,16	4,41	0,138	0,091	0,079	0,084	0,242
k_c	25,3	18,7	18,3	17,7	1,27	0,023	0,003	0,678	0,739

HA1: heno alfalfa (2º corte); HAv: heno avena (inicio espigado); HRG: heno ray-grass; PT: paja de trigo.

² 1: heno alfalfa vs. gramíneas; 2: paja trigo vs. henos gramíneas; 3: heno avena vs. heno ray-grass.

Algunos parámetros de las cinéticas de degradación (Tabla 3) mostraron correlaciones con parámetros químicos. Así, la fracción de MS soluble (a) aumentó con la calidad del forraje, con las ma-

yores correlaciones con FND y PB ($r = -0,748$ y $0,740$, respectivamente; $P < 0,01$). La tasa de degradación (k_d) aumentó igualmente con esta calidad, como muestra su estrecha correlación con PB y FND ($r = 0,960$ y $-0,952$, respectivamente; $P < 0,001$); así pues, los mayores valores correspondieron a las leguminosas. En la misma línea, se observó una tendencia ($r = 0,544$; $P = 0,084$) entre la fracción indegradable (i) y la LAD. Rodríguez y González (2006) muestran que una parte considerable de esta fracción corresponde en los forrajes a la biomasa seca de los microorganismos adherentes contaminantes, variando esta proporción con su contenido en fibra (especialmente en celulosa), grado de lignificación, ... Este hecho puede alterar la correlación de este valor con la calidad del forraje.

Tabla 3. Cinéticas de degradación de la materia seca y efecto del modelo de tránsito sobre la degradabilidad efectiva de los diferentes forrajes.

	Parámetros de degradación				Degradabilidad (%) usando:			
	a^1 (%)	b (%)	i (%)	k_d (%/h)	k_p^2	k_c, k_p	ESM	P
Bersín verde	26,1	37,3	36,6	6,20	48,2	51,1	0,044	<0,001
Triticale verde	21,8	57,3	21,0	4,25	50,2	55,6	0,060	<0,001
Avena verde 1	28,2	54,6	17,2	4,81	57,2	62,5	0,098	<0,001
Avena verde 2	19,6	51,0	29,3	4,02	44,4	49,1	0,121	0,001
Avena verde 3	24,2	42,1	33,7	3,22	42,3	45,9	0,107	0,002
H. de avena 2	18,8	48,1	33,1	4,10	41,9	46,3	0,039	<0,001
Paja de trigo	7,63	62,7	29,6	2,76	32,3	37,3	0,116	0,001
H. de alfalfa 1	24,8	44,1	31,1	9,05	54,5	58,2	0,007	<0,001
H. ray-grass	17,2	58,0	24,8	4,34	46,4	51,9	0,145	0,001
H. de avena 1	26,6	40,1	33,3	5,64	49,4	53,5	0,056	<0,001
H. de alfalfa 2	28,2	48,5	23,4	9,32	61,4	65,5	0,027	<0,001

¹ a, b y i : fracciones soluble, potencialmente degradable e indegradable, respectivamente. k_d : tasa de degradación. ² k_c y k_p : tasas de conminución y tránsito de las partículas en el rumen, respectivamente.

El considerar k_c en adición a k_p se asoció con un incremento consistente de la DE de la MS en todos los forrajes (Tabla 3). El proceso de acondicionamiento de las partículas implica un retraso en su posible salida del rumen, el cual representa, además, un porcentaje considerable de su tiempo total de permanencia en el rumen-retículo (15% en el heno de alfalfa y 18,6% como media de las gramíneas). El incremento de DE fue menor en las leguminosas (entre 6,20 y 6,77 %) que en las gramíneas y alcanzó su máximo valor en la paja de trigo (15,5 %). A partir de las expresiones para estos cálculos, se aprecia que el menor incremento en las leguminosas se deriva de su mayor valor del denominador del cociente $k_p/(k_d+k_c)$ al ser superiores los valores de ambas tasas. Este hecho tiende a recortar las diferencias que podrían deducirse de considerar las menores tasas de degradación de las gramíneas utilizando el modelo de tránsito más simple. González *et al.* (en prensa) muestran este mismo hecho entre henos de veza y de avena.

El valor de DE se correlacionó positivamente con los valores de a y k_d , siendo los coeficientes superiores cuando solo se consideró k_p tanto para a ($r = 0.843$; $P = 0.001$ vs. $r = 0.801$; $P = 0.003$) como para k_d ($r = 0.787$; $P = 0.004$ vs. $r = 0.744$; $P = 0.009$). Lógicamente, la diferencia de k_c entre gramíneas y leguminosas introduce una variabilidad adicional frente al uso único de k_p , con un valor común para ambos tipos de especies. Por el contrario, se observó únicamente una correlación negativa

entre la fracción *i* y el valor de DE estimado usando ambas tasas ($r = -0.562$; $P = 0.072$). Pese a las diferencias mencionadas, ambas estimas de DE estuvieron estrechamente correlacionadas ($r = 0,995$; $P < 0,001$). Considerando k_c y k_p , la correlación máxima de la DE de la MS fue con la FAD ($r = -0,890$; $P < 0,001$), pero también se apreciaron correlaciones con FND y PB ($r = -0,788$ y $0,781$, respectivamente; $P < 0,01$), así como con ADIN ($r = -0,644$; $P < 0,05$). Este valor puede predecirse con aceptable precisión a partir del contenido y composición de la fibra de los forrajes (Tabla 4).

Tabla 4. Predicción de la degradabilidad de materia seca (DEMS) a partir de la composición química de los forrajes (n=11).

	R ²	P
1 DEMS ¹ = 89,3 - 1,02 FAD ¹	0,793	< 0,001
2 DEMS ¹ = 83,8 - 1,08 FAD ¹ + 0,25 NDIN ²	0,844	< 0,001
3 DEMS ¹ = 88,6 - 1,35 FAD ¹ + 0,28 NDIN ² + 0,39 ADIN ²	0,871	0,002
4 DEMS ¹ = 86,1 - 0,64 FND ¹ - 0,96 LAD ¹ + 0,39 NDIN ²	0,882	0,001

¹ % sobre MS

² % sobre N total

En tres henos (los que componían la ración) se evaluó la digestibilidad in vivo a este mismo nivel de ingestión (datos no publicados), representando las estimas de DE obtenidas utilizando k_c y k_p de media el 94 % de estos valores (97,2; 90,7 y 94,0 %, para los henos de alfalfa, ray-grass y avena, respectivamente) y solo 86,3 % utilizando solamente k_p (91,0; 81,1 y 86,8 %, respectivamente). Los primeros valores resultan mucho más ajustados que los segundos a las posibilidades de digestión intestinal del flujo post-ruminal de un forraje, constituido básicamente por material fibroso con una digestibilidad post-ruminal limitada necesariamente.

CONCLUSIONES

No considerar k_c implica subestimar de forma importante el tiempo de permanencia en el rumen de las partículas de los forrajes y, por consiguiente, subestimar también las estimas de degradabilidad, aumentando este error al disminuir la calidad del forraje. En consecuencia, los valores de degradabilidad obtenidos con el uso de k_c permiten una mayor concordancia de los valores de DE con los valores de digestibilidad in vivo.

AGRADECIMIENTOS

Trabajo financiado por la AECID. Proyecto nº A/7872/07 y la CICYT. Proyecto nº AGL 2006-08300.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- AOAC, 2000. *Official methods of analysis*, 17th edition. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC.
- DHANOA, M. S.; SIDONS, R. C.; FRANCE, J.; GALE, L., 1985. A multicompartamental model to describe marker excretion patterns in ruminant faeces. *Brit. J. Nutr.* **53(3)**, 663-671.
- ELLIS, W. ; WYLIE, M. J. ; MATIS, J. H., 1979. *Quantitating ruminal turnover*. Federation Proceedings. 38,2702-2706.
- GONZÁLEZ, J.; RODRÍGUEZ, C. A.; ANDRÉS, S. G.; ALVIR, M. R., 1998. Rumen degradability and microbial contamination of fish meal and meat meal measured by the *in situ* technique. *Anim. Feed Sci. Technol.* **73(1-2)**, 71-84.

GONZÁLEZ, J.; SÁNCHEZ, L.; ALVIR, M. R., 1999. Estimation of intestinal digestibility of under-graded sunflower meal protein from nylon bag measurements. A mathematical model. *Reprod. Nutr. Dev.* **39(5-6)**, 607-616.

GONZÁLEZ, J.; RUBIO, J.; ARROYO, J. M., en prensa. Efectos de la relación veza: avena sobre la utilización ruminal de estos henos en ovinos. Comunicación a este mismo congreso.

ØRSKOV, E. R.; MCDONALD, I., 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from adjusted rates of passage. *J. Agric. Sci.* **92(2)**, 499-503.

ROBERTSON, J. B.; VAN SOEST, P.J., 1981. The detergent system of analysis and its application to human foods. In: James W.P.T. Theander O. (Eds), *The Analysis of Dietary Fibre in Food*. Marcel Dekker, New York, N.Y., U.S.A. pp. 123-158.

RODRÍGUEZ, C. A.; GONZÁLEZ, J., 2006. In situ study of the relevance of bacterial adherence to feed particles on the contamination and accuracy of rumen degradability estimates of feeds of vegetable origin. Composition of bacteria harvested from the liquid and solid fractions of the rumen of sheep as influenced by intake level. *Br. J. Nutr.* **96(2)**, 316-325.

RUBIO, J.; GONZÁLEZ, J.; ALVIR, M.R. RODRÍGUEZ, C., 2001. Efecto de la relación gramíneas-leguminosas sobre el tránsito digestivo del heno de veza-avena en ovino. ITEA Vol. Extra 22. Tomo I, 343-345.

EFFECTS OF THE TRANSIT MODEL ON IN SITU RUMEN DEGRADABILITY ESTIMATES OF GREEN AND DRY FORAGES

SUMMARY

The degradation and effective degradability (ED) of DM of 11 forages was estimated using three rumen and duodenum fistulated wethers fed a forage ration at 80% of the voluntary intake. The ED was determined using either the rate (k_p) of outflow of particles from the rumen or this rate together with that of their comminution and mixing (k_c), determined on four forages marked with Yb or Eu in two successive studies. The k_p value was similar among forages. On the contrary, lucerne hay (representative of legumes) showed a higher k_c than the mean of three grasses. To consider k_c led to consistent increases in ED of DM; this difference is reduced (from 15.5% to 6.20%) mainly with the increase of both k_c and the degradation rate. Thus, the effect to consider k_c is lower with the increase of the forage quality and in legumes than in grasses. The ED of DM obtained using both passage rates can be predicted with precision from the fibrous constituents of the forages.

Keywords: rumen, degradation, particle comminution and outflow rates, sheep.

EFECTOS DE LA RELACIÓN VEZA: AVENA SOBRE LA UTILIZACIÓN RUMINAL DE ESTOS HENOS EN OVINOS

J. GONZÁLEZ CANO, J. RUBIO ARGÜELLO Y J. M. ARROYO MARTÍNEZ

Dpto. de Producción Animal. E.T.S.I. Agrónomos. Univ. Politécnica. 28040 Madrid (España).

RESUMEN

Utilizando un diseño en cuadrado latino, cuatro corderos fistulizados en rumen y duodeno y cuatro raciones con diferentes proporciones de henos de veza y avena (95:5, 65:35, 35:65 y 5:95) se determinaron los efectos de este ratio sobre los parámetros ruminales (pH, amoníaco y ácidos grasos volátiles) y la degradabilidad efectiva (DE) de la MS de ambos henos, estimada utilizando bien la tasa de salida del rumen de partículas (k_p) o bien esta tasa junto con la de conminución y mezcla (k_c) de estas. Al aumentar la proporción de avena aumentó linealmente ($P<0,05$) la proporción de ácido propiónico y se redujeron linealmente las relaciones acético/ propiónico y (acético + butírico)/ propiónico ($P<0,05$) y la concentración de amoníaco ($P<0,001$). El heno de avena presentó una mayor proporción de MS soluble (38,2 vs. 42,0 %; $P<0,001$) y una menor tasa de degradación que el heno de veza (11,8 vs. 4,93 %/h; $P<0,001$). Considerando solo k_p , la DE de la MS fue superior en el heno de veza (68,6 vs. 63,8 %; $P<0,001$), sin embargo, al considerar adicionalmente k_c ambos valores se igualan (73,3 vs. 72,8 %), al ser muy superior el valor de k_c en el heno de veza.

Palabras clave: rumen, degradación, relación gramíneas: leguminosas, parámetros fermentativos.

INTRODUCCIÓN

Los henos de veza-cereal (comúnmente avena) son una producción tradicional de los secanos castellanos, jugando un papel importante en la alimentación estacional de los rebaños, en especial de ovinos. La proporción de veza en el heno tiene un papel importante sobre su valor nutritivo, pero también sobre el rendimiento del cultivo; así, según las conclusiones obtenidas por Caballero y García (1996) sobre una colección amplia de henos, un aumento de la veza se asocia con un aumento de la ingestión de PB y en menor medida de MO digestible, pero reduce el rendimiento del cultivo.

Las estimas *in situ* de degradabilidad normalmente utilizadas en los forrajes solo consideran la tasa de tránsito (o salida) de partículas del rumen (k_p) y no la tasa de conminución y mezcla de estas (k_c), existiendo importantes diferencias para esta última tasa entre ambas especies (Rubio et al., 2001) que podrían condicionar su valoración comparativa y, por tanto, las indicaciones de cultivo y uso de estos henos mixtos. En este trabajo se han estudiado los efectos de la variación del ratio veza: avena en dietas forrajeras sobre la degradación ruminal de la MS de henos de ambas especies, así como sobre los parámetros que caracterizan la fermentación en el rumen.

MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se realizó con un diseño en cuadrado latino, utilizando 4 corderos fistulizados en rumen y duodeno y 4 dietas mezcla de heno de veza (*Vicia sativa*; inicio de legumbres) y heno de avena (*Avena sativa*; floración) en relaciones 95:5, 65:35, 35:65 y 5:95. Los henos se picaron a 10-12 cm, suministrándose las dietas a 42,5 g MS/kg $P^{0,75}$ en 6 comidas/ día, cada 4 h. La composición química de ambos henos se expone en la Tabla 1. En cada periodo experimental, y tras una adaptación a la dieta de 8 días, se determinó sucesivamente el tránsito de partículas (resultados expuestos por Rubio et al., 2001), la degrada-

ción ruminal de la MS de ambos henos y los parámetros de la fermentación ruminal (pH, amoníaco y ácidos grasos volátiles (AGV)).

Tabla 1. Composición química (% sobre MS) de los henos de veza y de avena.

	MO	PB	FND	FAD	LAD
H. de veza	87,8	17,3	37,3	27,1	5,09
H. de avena	84,9	7,77	50,5	28,6	2,25

MO: Materia orgánica; PB: Proteína bruta; FND: Fibra neutro detergente; FAD: Fibra ácido detergente; LAD: Lignina ácido detergente.

El tránsito de partículas se realizó mediante la técnica de dosis simple y simultánea de ambos henos marcados con tierras raras (resultados expuestos por Rubio *et al.*, 2001).

La degradación ruminal de ambos henos se estudió conjuntamente en 2 incubaciones, a tiempos de 3, 6, 12, 24, 48, 72 y 96 h, utilizando muestras de 3 g (molidas a través de una criba de 2 mm), contenidas en bolsas de nylon (dimensiones internas: 7 cm x 11 cm; 46 µm de poro). Las bolsas, tras extraerse del rumen, fueron someramente lavadas con agua corriente y almacenadas a -20° C. Tras su descongelación, se lavaron en una mini-lavadora de turbina (3 x 5 min.). Este proceso de lavado también se utilizó sobre cuatro bolsas no incubadas de cada forraje para establecer el valor a 0 h. Finalmente, las bolsas se desecaron a 80 °C durante 48 h. La evolución de la desaparición aparente de la MS se ajustó en cada animal a un modelo exponencial simple (Ørskov y McDonald, 1979). Los valores de DE se determinaron considerando, bien k_p ($DE_p = a + b (k_d/(k_d + k_p))$), bien simultáneamente k_c y k_p ($DE_{c,p} = a + b(k_d/(k_d + k_p)) \cdot (1 + (k_p/(k_d + k_c)))$).

La fermentación ruminal se caracterizó a tiempos de 0, 1, 2 y 3 h del segundo periodo entre comidas del día (13:00 a 17:00 h), extrayéndose un total de 20 ml de líquido ruminal en cada muestreo. La extracción se realizó por aspiración con una jeringa a través de un pequeño tubo -provisto en su extremo de un filtro de tejido de nylon de 46 µm de poro- instalado al inicio de la mañana en la cánula ruminal.

Los efectos de la relación veza: avena se estudiaron mediante análisis de varianza según un diseño en cuadrado latino, estableciéndose la existencia de efectos lineales y cuadráticos mediante polinomios ortogonales. Los valores relativos a la degradación de ambos henos a través de las dietas se compararon utilizando un test *t* de muestras pareadas.

RESULTADOS Y DISCUSION

No se apreciaron diferencias asociadas a la dieta en el fraccionamiento de la MS en función de la utilización ruminal en ninguno de los henos (Tabla 2). Este hecho concuerda con la observación de Rodríguez y González (2006) de que este fraccionamiento es una característica de cada alimento determinada por su composición y estructura. En cambio, se observó una reducción lineal ($P < 0,05$) de la tasa de degradación del heno de veza (36,6 %, entre valores medios extremos) al disminuir su proporción en la dieta. Una reducción numérica se apreció también para el heno de avena (30,0 %, entre valores medios extremos). Esta menor intensidad degradativa puede ser resultado de una menor actividad y/o densidad microbiana. La primera opción tiene más probabilidad de ser cierta, ya que, al disminuir la proporción de veza en la dieta, aumentó de forma lineal (más del 40% entre dietas extremas) el tiempo medio de permanencia de la fase sólida en el rumen-retículo (Rubio *et al.*, 2001). La disminución, por esta causa, de la presión selectiva puede permitir el desarrollo de poblaciones microbianas con mayor tiempo de multiplicación y menos eficaces. En este mismo sentido, González *et al.* (1987)

observaron en raciones mixtas una evolución paralela de las tasas de degradación y de evacuación del rumen como respuesta a variaciones del nivel de ingestión y de la relación forraje: concentrado. Por otra parte, una menor densidad microbiana quizás podría asociarse con una menor proporción de microorganismos fibrolíticos (colonizadores primarios de las micro-colonias), lo que estaría conforme con el aumento de la proporción de ácido propiónico en la fermentación ruminal.

Tabla 2. Efecto de los porcentajes de henos de veza y avena en la ración sobre los parámetros de las cinéticas de degradación de la materia seca de ambos henos.

Alimento	Parámetro	Porcentajes de veza y avena en la ración					Efectos (<i>P</i>)	
		95:5	65:35	35:65	5:95	ESM	lineal	cuadrático
H. veza	<i>a</i> (%)	39,2	38,5	37,5	37,7	0,88	0,222	0,623
	<i>b</i> (%)	40,7	42,2	42,8	42,6	0,93	0,180	0,376
	<i>i</i> (%)	20,2	19,3	19,7	19,7	0,24	0,421	0,120
	<i>k_d</i> (% h ⁻¹)	14,83	12,55	9,40	10,31	1,53	0,0498	0,338
	DE _p	70,0	69,9	66,5	68,0	1,30	0,146	0,569
	DE _{c,p}	74,5	73,9	71,7	73,3	0,66	0,101	0,125
H. avena	<i>a</i> (%)	41,9	42,0	42,9	41,4	0,85	0,878	0,379
	<i>b</i> (%)	43,7	42,8	41,4	43,6	1,20	0,761	0,260
	<i>i</i> (%)	14,5	15,1	15,7	15,0	0,75	0,510	0,398
	<i>k_d</i> (% h ⁻¹)	6,03	4,76	4,22	4,70	0,66	0,177	0,233
	DE _p	65,4	63,2	61,7	65,0	1,44	0,682	0,112
	DE _{c,p}	75,1	72,7	71,4	72,2	0,88	0,044	0,118

¹*a*, *b* y *i*: fracciones soluble, potencialmente degradable e indegradable, respectivamente. *k_d*: tasa de degradación.

²ESM: error standard de la media.

Los valores de DE_{c,p} fueron superiores a los de DE_p en función del factor de mayoración $bk_p/(k_d + k_c)$ (ver ecuaciones de cálculo). Este incremento resultó muy superior en el heno de avena que en el de veza como consecuencia básicamente de las marcadamente menores tasas de degradación y de conminución del heno de avena (Rubio et al., 2001). Estas observaciones concuerdan con las indicadas de forma general para gramíneas y leguminosas por González *et al.* (en prensa). Al tener en consideración un tiempo de permanencia de las partículas en el rumen más real, estas estimas permiten apreciar mejor las diferencias debidas a la dieta. Así, mientras que con los valores DE_p no se apreciaron efectos, con los valores DE_{c,p} se observó una reducción lineal al aumentar la proporción de avena en la dieta para este heno ($P < 0,05$) y, rozando la tendencia, para el de veza; esta reducción refleja la variación registrada a nivel de *k_d*.

La comparación entre ambos henos (Tabla 3) muestra una mayor fracción soluble en el heno de avena (38,2 vs 42,0%; $P < 0,001$), junto a una menor proporción de componentes indegradables (19,7 vs 15,1%; $P < 0,001$) y una tasa de degradación más baja (11,8 vs 4,93%/h; $P < 0,001$). Estas diferencias concuerdan con las existentes a nivel de la composición química, así la primera se asociaría con el mayor contenido en azúcares solubles de las gramíneas frente a las leguminosas, mientras que la segunda estaría en relación con el mayor contenido en lignina de estas últimas, que es muy evidente en estas muestras. La contaminación con microorganismos adherentes representa, además, una parte considerable de esta última fracción: 6,42 vs 9,45% para los henos de veza y avena, respectivamente, según la predicción de Rodríguez y González (2006). Las paredes celulares de las gramíneas

muestran, por otra parte, una mayor resistencia frente a la degradación ruminal (Grenet y Demarquilly, 1987), lo que justifica su menor tasa de degradación.

Tabla 3. Comparación de los parámetros de las cinéticas de degradación de la materia seca de los henos de veza y avena.

Parámetro	Heno veza	Heno avena	ESD ¹	<i>P</i>
<i>a</i> (%)	38,2	42,0	0,46	<0,001
<i>b</i> (%)	42,1	42,9	0,58	0,183
<i>i</i> (%)	19,7	15,1	0,32	<0,001
<i>k_d</i> (% h ⁻¹)	11,8	4,93	0,78	<0,001
DE _p	68,6	63,8	0,75	<0,001
DE _{c,p}	73,3	72,8	0,44	0,258

¹ESD: error standard de la diferencia. Otras abreviaturas como en Tabla 2.

Las diferencias de DE entre ambos henos son dependientes del modelo de tránsito en el rumen-retículo utilizado. Así, al considerar únicamente *k_p*, el heno de veza presenta un mayor valor ($P < 0,001$), debido fundamentalmente a su más rápida degradación. Sin embargo, al considerar adicionalmente *k_c*, los valores de ambos henos se igualan al permitir la más adecuada consideración del tiempo de permanencia de las partículas compensar la más lenta degradación del heno de avena con una mayor permanencia en el rumen-retículo.

Al aumentar la proporción de avena en la dieta se apreció una tendencia a una reducción lineal del pH, que puede atribuirse al menor efecto alcanizante resultante de la reducción lineal ($P < 0,001$) de la concentración de amoniaco, ya que la concentración de ácidos grasos volátiles totales fue similar entre dietas (Tabla 4), lo que a su vez es concordante con los valores equivalentes de DE_{c,p} de la MS de ambos henos. La reducción de amoniaco es atribuible a los menores aportes de PB (de 16,8 a 8,25 % sobre MS) y en menor medida a una DE de la PB algo menor en el heno de avena (datos no publicados).

El menor aporte de PB de la dieta, y por ende en aminoácidos ramificados, permite justificar la reducción lineal observada en los AGV ramificados (Tabla 4), al ser estos sus productos de fermentación. El aumento lineal de la proporción de ácido propiónico con el aumento de la proporción de avena en la dieta se acompañó con reducciones numéricas de los ácidos acético y butírico, lo que es indicativo de un cierto cambio en el tipo de fermentación. Dado el muy superior contenido en fibra del heno de avena y su mayor tiempo de residencia en el rumen, ya comentado, estas variaciones solo se han podido asociar con la pequeña reducción del pH, lo que no parece suficiente para su justificación.

Las variaciones en el tipo de fermentación se asociaron con una reducción lineal de las relaciones acético: propiónico ($P = 0,019$) y (acético + butírico): propiónico ($P = 0,011$) al aumentar la proporción de avena en la dieta (Tabla 4). Estas reducciones (17,6 y 18,4 %, respectivamente, entre dietas extremas) conllevan una mejora de la eficacia energética a nivel metabólico, claramente favorable en animales en lactación o en gestación con alta prolificidad.

Tabla 4. Efecto de las proporciones de veza y avena sobre diferentes parámetros ruminales.

Parámetro	Porcentajes de veza y avena en la ración					Efectos (P)	
	95:5	65:35	35:65	5:95	E.S.	lineal	cuadrático
pH	6,70	6,70	6,60	6,57	0,052	0,092	0,824
N-NH ₃ (mg N/100 ml)	16,83	13,79	10,63	7,01	0,877	<0,001	0,754
AGVtotales (mM/l)	70,93	70,01	74,68	70,32	2,843	0,832	0,567
% molar:							
Á. acético (C ₂)	69,22	69,33	68,68	67,80	0,814	0,227	0,567
Á. propiónico (C ₃)	16,16	16,83	17,93	19,52	0,713	0,013	0,547
Á. butírico (C ₄)	10,73	10,16	10,15	9,79	0,398	0,162	0,796
Á. isobutírico	1,03	1,00	0,84	0,77	0,046	0,004	0,677
Á. valérico	1,60	1,42	1,44	1,25	0,071	0,018	0,959
Á. isovalérico	1,27	1,27	0,96	0,87	0,091	0,010	0,610
C ₂ /C ₃	4,29	4,12	3,85	3,53	0,179	0,019	0,676
(C ₂ + C ₄)/C ₃	4,97	4,76	4,43	4,05	0,191	0,011	0,684

CONCLUSIONES

El aumento del porcentaje de avena en los henos de veza-avena se asocia con un incremento de la fermentación propiónica y una reducción de la relación acético: propiónico. Además, puede permitir una utilización más racional de la PB, al evitar concentraciones excedentarias de amoníaco en el rumen. No considerar la tasa de conminución de partículas en este compartimento implica subestimar de forma importante las estimas de degradabilidad, especialmente en el heno de avena. Sobre la base de considerar esta tasa, los henos de ambas especies tienen un aprovechamiento ruminal similar.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

CABALLERO, R.; GARCÍA, C., 1996. *Cultivo y utilización de la asociación veza-cereal en Castilla-La Mancha*. Edita CSIC-Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha, 56 pp.

GONZALEZ, J.; MICHALET-DOREAU, B.; PONCET, C., 1987. Effects du niveau d'ingestion et du pourcentage de concentré dans la ration sur la dégradabilité de l'azote in sacco chez le mouton. *Reprod. Nutr. Dev.*, **27(1B)**, 255-256.

GONZÁLEZ, J.; PEPA, X.; ARROYO, J. M.; GUEVARA, J.; ALVIR, M. R.; AYED, M.; HEDI, A., en prensa. Efectos del modelo de tránsito sobre las estimas in situ de degradabilidad ruminal de forrajes verdes y secos. Comunicación a este mismo congreso.

GRENET, E. ; DEMARQUILLY, C., 1987. *Rappels sur la digestion des fourrages dans le rumen (parois) et ses conséquences*. En : Les fourrages secs : récolte, traitement, utilisation. Ed. C. Demarquilly. Ediciones INRA, Paris.

RODRÍGUEZ, C. A.; GONZÁLEZ, J., 2006. In situ study of the relevance of bacterial adherence to feed particles on the contamination and accuracy of rumen degradability estimates of feeds of vegetable origin. Composition of bacteria harvested from the liquid and solid fractions of the rumen of sheep as influenced by intake level. *Br. J. Nutr.* **96(2)**, 316-325.

RUBIO, J.; GONZÁLEZ, J.; ALVIR, M.R. RODRÍGUEZ, C., 2001. Efecto de la relación gramíneas-leguminosas sobre el tránsito digestivo del heno de veza-avena en ovino. ITEA Vol. Extra 22. Tomo I, 343-345.

EFFECTS OF THE VETCH: OAT RATIO ON THE RUMINAL USE OF THESE HAYS IN SHEEP

SUMMARY

The effects of the diet's vetch: oat ratio on the ruminal parameters (pH, ammonia and volatile fatty acids) as well as on the effective degradability (ED) of DM of these hays were determined, using a Latin square design, in four rumen and duodenum cannulated lambs fed with four diets with different proportions of vetch and oat hays (95:5, 65:35, 35:65 and 5:95). The ED was determined using either the rate of outflow of particles from the rumen (k_p) or this rate together with that of their comminution and mixing (k_c). The increase of oat proportion in the diet was associated with a linear decrease ($P < 0.001$) of the ammonia concentration and a linear increase ($P < 0.05$) of the propionic acid proportion. The proportion of soluble DM was higher on average in the oat hay (38.2 vs. 42.0%, $P < 0.001$), but its degradation rate was lower than that of vetch hay (11.8 vs. 4.93%/ h, $P < 0.001$). The ED of DM was higher in the vetch hay (68.6 vs. 63.8%, $P < 0.001$) when only k_p was considered. On the contrary, when k_c was also considered both values were similar (73.3 vs. 72.8%), as a consequence of the higher value of k_c in the vetch hay.

Keywords: rumen, degradation, diet's grasses: legumes ratio, fermentation pattern.

COMPORTAMIENTO ANIMAL DE VACAS HOLSTEIN-FRIESIAN EN DOS SISTEMAS: PASTOREO Y ESTABULACIÓN

A. I. ROCA FERNÁNDEZ^{1*}, C. P. FERRIS^{2*}, E. R. VANCE² Y A. GONZÁLEZ RODRÍGUEZ¹

¹Dpto. de Producción Animal. Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo (CIAM).

INGACAL. Xunta de Galicia. Apdo. 10 - 15080, A Coruña (España) *anairf@ciam.es

²Dairy Unit. Agri-Food and Biosciences Institute (AFBI). Hillsborough, Co. Down BT26 6DR (United Kingdom) *Conrad.Ferris@afbini.gov.uk

RESUMEN

En marzo se distribuyeron al azar cuarenta vacas Holstein-Friesian de partos de primavera en dos sistemas de producción de leche: en pastoreo con bajos insumos y en estabulación con altos insumos. En tres períodos durante seis semanas, los dos rebaños fueron observados a intervalos de veinte minutos, entre las 16.00-22.00 h y 7.00-14.00 h. El objetivo de este estudio fue observar el “comportamiento” de los animales, registrando las siguientes actividades: tumbado, de pie, esperando para entrar al comedero (solo en el rebaño estabulado), comiendo/pastoreando o bebiendo. También se registró la actividad de rumia. Se observaron diferencias significativas entre los tres períodos estudiados en el tiempo que las vacas pasaron tumbadas ($P<0,001$), de pie ($P<0,001$) y comiendo/pastoreando ($P<0,001$), mientras que el tiempo que estuvieron esperando para comer, bebiendo o rumiando no se vio afectado por el período. Las vacas en pastoreo dedicaron significativamente ($P<0,001$) más tiempo a pastar, que las del establo a comer. Las vacas estabuladas pasaron significativamente más tiempo tumbadas ($P<0,001$), de pie ($P<0,05$) y rumiando ($P<0,001$) que las de pastoreo. No hubo diferencias debidas al sistema en el tiempo que dedicaron a beber los dos rebaños. Se observó mayor sincronía de comportamientos dentro del grupo en pastoreo que en establo.

Palabras clave: vacuno leche, comportamiento pastoreo, observación visual, establo

INTRODUCCIÓN

Los cambios en los patrones de comportamiento animal del ganado vacuno de leche son ampliamente utilizados como una medida de bienestar animal. La duración y frecuencia con la que determinadas actividades de comportamiento (estar tumbado, de pie, comiendo/pastoreando y rumiando) tienen lugar al mismo tiempo dentro del rebaño, tanto en pastoreo como en establo, nos da una idea del grado de sincronía de comportamientos y del estado de bienestar del rebaño lechero (Miller y Wood-Gush, 1991).

Es importante que en los sistemas de manejo no se dificulte o impida el que los animales tengan un descanso adecuado (Drissler *et al.*, 2005). Overton *et al.* (2002) señalaron además que la mayor parte del tiempo que una vaca no está comiendo debe pasarlo tumbada.

La actividad de pastar cuando no se limita el tiempo de pastoreo, se encuentra muy influenciada por el número de horas de luz (Linnane *et al.*, 2001). O’Connell *et al.* (1989) señalaron incluso que el regreso del ordeño estimula el deseo de comer por parte del animal. Esto sucede también en las vacas estabuladas, en las cuales la actividad de comer se ve altamente potenciada por el reparto de silo fresco (DeVries *et al.*, 2005).

Diferentes autores (Fisher *et al.*, 2003; Drissler *et al.*, 2005) evaluaron el confort de diferentes

sistemas de producción en función del número de horas diarias que los animales permanecen tumbados y esto, a su vez, lo relacionaron con la calidad del área de reposo (Manninen *et al.*, 2002) manifestando la importancia de una cama cómoda y de dimensiones apropiadas para facilitar el descanso en vacas estabuladas. Un alto número de cabezas por establo, con insuficiente número de comederos, junto con la falta de espacio en los cubículos son factores condicionantes de estrés. Sugita *et al.* (1999) demostraron que bajo condiciones de hacinamiento las vacas sufren una reducción en la duración de los tiempos de reposo y un aumento de los comportamientos antagónicos.

Las condiciones ambientales también afectan a la actividad de reposo, en sustrato fangoso las vacas se tumban menos que cuando la superficie es seca (Fisher *et al.*, 2003). Tucker *et al.* (2007) observaron que las vacas expuestas a condiciones extremas de lluvia y viento pasan menos de 4 h al día tumbadas, frente a las 10-14 h en condiciones normales. Las altas temperaturas provocan un descenso en los tiempos de reposo (Overton *et al.*, 2003).

El objetivo de este estudio fue observar los patrones de comportamiento animal y la sincronía de actividades entre vacas Holstein-Friesian en dos sistemas de producción: pastoreo con bajos insumos y estabulación con altos insumos.

MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en AFBI Hillsborough, Co. Down, North Ireland, durante 6 semanas, del 27 Julio al 4 Septiembre de 2009, divididas en tres períodos (de 1 a 3) de dos semanas cada uno. Cuarenta vacas Holstein-Friesian de partos de primavera, 20% primíparas y 80% multíparas, fueron asignadas al azar en marzo a dos sistemas de producción de leche: (a) pastoreo, con bajos insumos para maximizar el uso de la hierba y (b) en establo, con altos insumos usando alrededor de 10 kg de MS de forraje de una mezcla de ensilados (70% hierba y 30% maíz) y unos 8 kg de MS de concentrado.

Pastoreo con bajos insumos: Un rebaño de vacas (n=20) de 560 kg de peso vivo y condición corporal 2,4 pasta 24 h en praderas de raigrás inglés, con rotaciones medias de 21 días, recibiendo 1 kg/vaca de concentrado. La producción media de leche en el período estudiado fue de 14,3 kg/vaca con un contenido en grasa bruta de 46 y de proteína bruta (PB) de 38 g/kg. Se estimó una ingestión diaria aproximada de 15 kg/vaca de MS del pasto.

Estabulación con altos insumos: El otro grupo de vacas (n=20) de 630 kg de peso vivo y condición corporal 2,7 fue alimentado en establo 24 h con una única ración mezcla repartida a las 10.00 h. La producción media de leche fue de 21,5 kg/vaca con un contenido en grasa de 48 g/kg y de PB de 38 g/kg. Se midió la ingestión individual diaria de MS con las puertas Callan obteniendo un total de 17,4 kg/vaca, de los cuales 7,2 y 2,0 kg/vaca fueron de silo de hierba y de maíz, respectivamente a los que se añadieron 8,2 kg/vaca de concentrado.

Observación visual de los rebaños: En cada período de dos semanas y durante dos días consecutivos se observaron visualmente los dos rebaños de vacas, a intervalos de 20 minutos, comprendidos entre las 16.00-22.00 h (18 observaciones) y 7.00-14.00 h (21 observaciones). Se determinó el tiempo medio que cada miembro de los dos grupos dedicó a realizar una determinada actividad y, se calculó para cada período de observación el número total de animales que se encontraban realizando la misma actividad para así poder evaluar el grado de sincronía de comportamientos entre los miembros del mismo grupo.

Registro de actividades: Se registraron de forma individual las actividades que cada miembro del rebaño estaba realizando durante los intervalos de observación, distinguiéndose entre: tumbado, de pie, comiendo/pastoreando, bebiendo o rumiando. El rebaño en establo solo disponía de seis comederos habilitados para el reparto de la ración, por lo que se registraron además los tiempos de espera para comer y se distinguió entre el tiempo de espera de pie en el pasillo o bien, la mera permanencia de pie en el cubículo (con 2 ó 4 patas en su interior). Conviene tener presente, para facilitar la interpretación de los resultados, que varias de estas actividades pueden ser realizadas de forma simultánea por cada animal de forma que una vaca que está tumbada puede encontrarse a la vez rumiando y una vaca que está de pie puede también estar comiendo/pastando o bebiendo o rumiando.

Análisis estadístico. Se examinó el efecto del período (1, 2 y 3), el sistema (pastoreo y estabulación) y su interacción usando análisis REML con el programa estadístico Genstat.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Registro de actividades. Las vacas en pastoreo estuvieron una media de 8 h pastando, 3 h tumbadas, 2 h de pie y bebiendo, y 2 h rumiando, mientras que en establo pasaron 3 h comiendo, 6 h tumbadas, 2 h de pie y bebiendo, y 4 h rumiando (tabla 1). Estos resultados, referidos tan solo a un tiempo de observación de 13 h/día, están en línea con lo descrito por O'Driscoll *et al.* (2009) que compara estos comportamientos en un período de observación mayor (24 h), donde en pastoreo observa que las vacas permanecen una media de 9 h pastando, 9 h tumbadas y 5 h rumiando mientras que en establo dedican 8 h a comer, 11 h a estar tumbadas y 10 h a rumiar. Ambos estudios reflejan que las vacas en establo dedican menos tiempo a comer (por la facilidad que tienen de acceso a la comida) que en pastoreo a pastar y que en establo las vacas dedican el doble de tiempo a rumiar que en pastoreo.

Comparando la distribución del tiempo dedicado a realizar las diferentes actividades de comportamiento en los dos rebaños, se nota un descenso significativo del tiempo empleado en comer y un aumento del tiempo dedicado a estar tumbadas y de rumia en el rebaño en establo. En pastoreo dedicaron una media de 5 h más de tiempo a pastar, que las estabuladas necesitaron para comer. Por ello, el grupo estabulado estuvo una media de 3 h/día más tumbadas y 2 h/día más rumiando que las vacas en pastoreo. El mayor tiempo que los animales en pastoreo dedicaron a alimentarse hace que pasen menos horas tumbadas durante las horas de luz diurna. Se debe además tener en cuenta que las vacas en pastoreo pasan de media más tiempo tumbadas durante la noche que durante el día (Hassoun, 2002).

El aumento significativo del tiempo que los animales dedicaron a estar tumbados y en reposo dentro del grupo estabulado podría responder a otros factores, tales como: la necesidad de emplear menos tiempo para cubrir todos sus requerimientos nutricionales debido a la facilidad que tienen de adquisición del alimento (Hughes y Duncan, 1989), la calidad del material del área de descanso puesto que se trata de una superficie acolchada y con serrín (Manninen *et al.*, 2002) y además según estudios realizados por diversos autores (Potte y Broom, 1987) las vacas más débiles suelen utilizar los cubículos como un refugio para evitar agresiones y enfrentamientos con las vacas más fuertes.

Hubo diferencias significativas ($P < 0,001$) entre los tres períodos en estudio en que los animales se encontrasen tumbados, de pie o comiendo/pastoreando, mientras que el período no afectó al tiempo que las vacas pasaron bebiendo o rumiando. A medida que avanzaba la estación de pastoreo, con un descenso paulatino en el número de horas de luz disponibles, se vio que el rebaño en pastoreo disminuyó el tiempo dedicado a pastar y aumentó el de descanso y/o rumia. Sin embargo, en el grupo

estabulado no se registraron estas variaciones de comportamiento tan grandes entre períodos, por un ciclo circadiano menos marcado.

Tabla 1. Actividades de comportamiento de vacas Holstein-Friesian (n=40) en un sistema en pastoreo con bajos insumos y en estabulación con altos insumos.

	Período	Sistema producción leche		Período		Sistema		PeríodoxSistema	
		Pastoreo (min.)	Estabulación (min.)	ESD ¹	Sig. ²	ESD	Sig.	ESD	Sig.
Comiendo/Pastoreando	1	557	166						
	2	516	209						
	3	446	169						
	1-3	506	181	18,5	***	16,1	***	17,6	***
Bebiendo	1	16	23						
	2	10	15						
	3	22	15						
	1-3	16	18	5,1	NS	5,3	NS	5,2	NS
Tumbadas	1	144	367						
	2	206	399						
	3	307	394						
	1-3	219	387	26,5	***	21,7	***	24,6	***
De pie	1	106	149						
	2	88	77						
	3	46	105						
	1-3	80	110	19,1	***	15,9	*	17,8	**
Rumiando	1	75	264						
	2	99	252						
	3	162	225						
	1-3	112	247	17,1	NS	16,0	***	16,6	***

¹ESD= Error estándar de la diferencia. ²NS= No existen diferencias significativas; ***, P<0,001; **, P<0,01; *, P<0,05.

El grupo en establo paso significativamente (P<0,05) más tiempo de pie (1,8 h) que el de pastoreo (1,3 h). Las posiciones más comunes adoptadas para estar de pie en el establo fueron las de estar en el pasillo (46,9 min.) o en el cubículo con los 2 pies en su interior (48,2 min.). En el período 1, las vacas permanecieron más tiempo con los 2 pies dentro del cubículo (67 min.) que en los siguientes períodos 2 y 3. Estas vacas además estuvieron de media en los tres períodos 15 minutos con los 4 pies dentro del cubículo. El tiempo medio que estuvieron a la cola esperando para comer fue de 49 minutos, sin diferencias significativas entre períodos.

Los dos grupos dedicaron el mismo tiempo para beber, no viéndose éste afectado por el período ni por el sistema, aunque pudo observarse una tendencia a beber más en el establo (18 min.) debido quizás a la ración suministrada, que en pastoreo (16 min.).

En la figura 1 se observa que la sincronización de comportamientos de las vacas dentro del grupo en pastoreo fue mucho mayor que dentro del establo, lo que corrobora lo dicho por O'Connell *et al.* (1989). Las vacas en pastoreo pastaron más al salir a las parcelas después de los dos ordeños (7.00 h y 16.00 h) mientras que en el establo comieron de forma continuada durante todo el día y el único momento en el que se observó una cierta sincronía de comportamientos entre los miembros del grupo

coincidió con el reparto de la ración (11.00 h), momento en el cual el estímulo de la comida provocó el deseo de alimentarse.

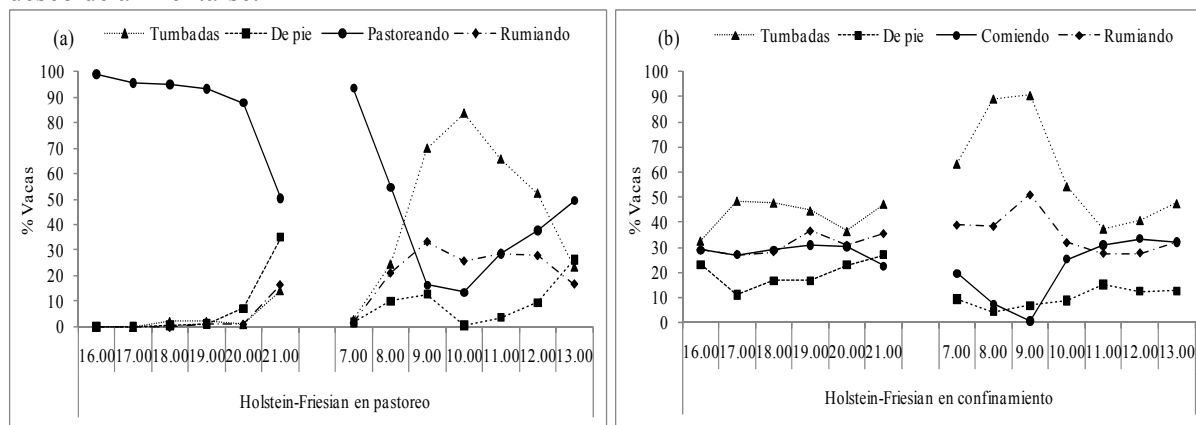


Figura 1. Distribución temporal del porcentaje de vacas que realizan de forma conjunta una misma actividad en dos rebaños Hosltein-Friesian: (a) pastoreo y (b) estabulación.

La competencia por el alimento dentro del establo, con tan solo seis comederos habilitados, provocó que éstos permaneciesen ocupados durante prácticamente todo el tiempo de observación a excepción de a las 9.00 h, hora en la que casi todos los animales (95%) se encontraban tumbados. El reparto de silo fresco (11.00 h) hace que los animales se pongan de pie (20%) y aumenten los enfrentamientos entre los que están esperando a la cola para comer.

Entre las 9.00-12.00 h, el 50-80% de los animales en pastoreo aparecen tumbados y un 20-30% se encuentran rumiando. En el establo, se observa un pico de rumia a las 9.00 h con un 50% de los animales implicados en él y que coincide con el momento en el que se alcanza el máximo número de vacas tumbadas. Estos resultados denotan la existencia de una fuerte relación entre las actividades de estar tumbado y la rumia en ambos rebaños de vacas.

CONCLUSIONES

Las vacas en pastoreo precisaron más tiempo para pastar que las del establo para comer. Los animales estabulados pasaron más tiempo tumbados y rumiando que los que se encontraban en pastoreo. En los dos rebaños, la actividad de rumia fue mayor cuando las vacas se encontraban tumbadas que cuando estaban de pie. Con relación al bienestar animal, las vacas pastando 24 h presentaron mayor sincronía de comportamientos mientras que las estabuladas durante todo el día no realizaron estas actividades de forma conjunta con el grupo.

AGRADECIMIENTOS

Al INIA por la financiación de la estancia de A. I. Roca en AFBI Hillsborough bajo la supervisión del Dr. C. P. Ferris y Dr. A. F. Carson y, a toda la plantilla por su colaboración.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DE VRIES, T. J.; VON KEYSERLINK, M. A. G.; BEAUCHEMIN, K. A., 2005. Frequency of feed delivery affects the behaviour of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, **88**, 3553-3562.

DRISLER, M.; GAWORSKI, M.; TUCKER, C. B.; WEARY, D. M., 2005. Freestall maintenance: effects on lying behavior of dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, **88**, 2381-2387.

FISHER, A. D.; STEWART, M.; VERKERK, G. A.; MORROW, C. J.; MATTHEWS, L. R., 2003. The effects of surface type on lying behaviour and stress responses of dairy cows during periodic

- weather-induced removal from pasture. *Animal Behaviour Science*, **81**, 1-11.
- HASSOUN, P., 2002. Cattle feeding behaviour at pasture: a methodology related to on farm measurements. *Animal Research*, **51**, 35-41.
- HUGHES, B. O.; DUNCAN, I. J. H., 1989. The notion of ethological “need”. Models of motivation and animal welfare. *Animal Behaviour*, **36**, 1696-1707.
- LINNANE, M.; BRERETON A.; GILLER, P., 2001. Seasonal changes in circadian grazing patterns of Kerry cows (*Bos taurus*) in semi-feral conditions in Killarney National Park, Co. Kerry, Ireland. *Animal Behaviour Science*, **71**, 277-292.
- MANNINEN, E.; DE PASSILLE, A. M.; RUSHEN, J.; NORRING, M.; SALONIEMI, H., 2002. Preferences of dairy cows kept in unheated buildings for different kind of cubicle flooring. *Animal Behaviour Science*, **75**, 281-292.
- MILLER, K.; WOOD-GUSH, D. G. M., 1991. Some effects of housing on the social behaviour of dairy cows. *Animal Production*, **53**, 271-278.
- O’CONNELL, J.; GILLER, P. S.; MEANEY, W., 1989. A comparison of dairy cattle behavioural patterns at pasture and during confinement. *Irish Journal of Agricultural Research*, **28**, 65-72.
- O’DRISCOLL, K.; BOYLE, L.; HANLON, A., 2009. The effect of breed and housing system on dairy cow feeding and lying behavior. *Applied Animal Behaviour Science*, **116**, 156-162.
- OVERTON, M.W.; SISCHO, W. M.; TEMPLE, G. D.; MOORE, D. A., 2002. Using time-lapse video photography to assess dairy cattle lying behaviour in a free-stall barn. *Journal of Dairy Science*, **85**, 2407-2413.
- OVERTON, M. W.; MOORE, D. A.; SISCHO, W. M., 2003. Comparison of commonly used indices to evaluate dairy cattle lying behaviour. *Proceedings of the Fifth International Dairy Housing Conference*, Texas (USA).
- POTTER, M. J.; BROOM, D. M., 1987. The behavior and welfare of cows in relation to cubicle house design. En: *Cattle Housing Systems, Lameness and Behaviour*, H. K. WIERENGA, D. J. PETERSE (Ed.). Martinus Nijhoff Publishers. Dordrecht (The Netherlands), 129-147.
- SUGITA, S.; MORITA, S.; KOBARI, T.; HOSHIBA, S., 1999. The effects of the density of cows in free-stall housing on duration of the lying periods. *Journal of Rakuno Gakuen University, Natural Science*. **24**, 39-43.
- TUCKER, C.; ROGERS, A. R.; VERKERK, G. A.; KENDALL, P. A.; WEBSTER, J. R.; MATTHEWS, L. R., 2007. Effects of shelter and body condition on the behaviour and physiology of dairy cattle in winter. *Animal Behaviour Science*, **105**, 1-13.

SUMMARY

BEHAVIOUR OF HOLSTEIN-FRIESIAN DAIRY COWS IN TWO SYSTEMS: GRAZING AND IN STABLE

Forty spring calving Holstein-Friesian dairy cows were randomly allocated to one of two milk production systems in March: a low input grazing system and a high input housing system. On three occasions during a six week period, both groups were scanned at 20-min intervals between 16.00-22.00 h and 7.00-14.00 h. The aim of this study was to compare the ‘behavior’ of each animal, recording the following activities: lying, standing, queuing to feed (indoor group only), feeding/grazing or drinking. Ruminating and non-ruminating cows were also recorded. There were significant differences between the three observation periods for time spent lying ($P<0.001$), standing ($P<0.001$) and feeding/grazing ($P<0.001$), while time spent queuing to feed, drinking and ruminating were not affected by period. Cows on the grazing system spent significantly ($P<0.001$) more time grazing, than those on the confinement system spent eating. Cows on the confinement system spent significantly more time lying ($P<0.001$), standing ($P<0.05$) and ruminating ($P<0.001$) than those on the grazing system. Time spent drinking was not affected by system ($P>0.05$). Greater synchrony of dairy cows behavior was observed at pasture than in the confinement system.

Key words: dairy cattle, grazing behavior, group scanning, housing system

INFLUENCIA DE LOS EQUIPOS DE APLICACIÓN SOBRE EL VALOR FERTILIZANTE DEL PURÍN DE VACUNO DE LECHE EN CULTIVOS FORRAJEROS MONOFITOS EN AMBIENTE ATLANTICO

J.M. MANGADO, I. ITURRIAGA, J. GUEMBE

ITG Ganadero. Avda. Serapio Huici, 22 Edif. Peritos. 31610 Villava (Navarra).

jmangado@itgganadero.com

RESUMEN

La utilización como fertilizante de los residuos orgánicos generados por la actividad ganadera constituye una oportunidad para transitar hacia la sostenibilidad ambiental y económica de las explotaciones. En esta comunicación se presentan los resultados obtenidos en la comparación de la eficiencia fertilizante del nitrógeno total contenido en el purín generado en explotaciones de vacuno de leche aportado precozmente sobre cultivos forrajeros monofitos en ambiente atlántico utilizando dos equipos de aplicación, el tradicional en abanico y localizado mediante tubos colgantes. Se concluye que, en las condiciones de ensayo, esta eficiencia es similar a la del nitrógeno mineral y que la aportación del purín mediante tubos colgantes mejora la eficacia fertilizante del nitrógeno que contiene respecto al aportado en “abanico” entre un 50 y un 100 % si se calcula por producción obtenida y entre un 30 y un 50 % si se calcula por extracciones de nitrógeno de la producción vegetal.

Palabras clave: purín, eficiencia fertilizante, distribución, abanico, tubos colgantes.

INTRODUCCIÓN

El purín generado en las explotaciones de vacuno de leche es un recurso con una concentración de nutrientes aceptable que generalmente se recicla sobre la propia base territorial disminuyendo la entrada de fertilizantes externos en las explotaciones. Las condiciones edafoclimáticas en el momento de la aplicación del purín inciden sobre la eficiencia en la retención del nitrógeno en el suelo y su uso como fuente de nutrición vegetal. Cifrándonos a las pérdidas de N-NH₄ por volatilización, la temperatura del aire y del suelo y la velocidad del viento las favorecen, mientras que la precipitación en el entorno de la aplicación, la textura arcillosa y el pH ligeramente ácido de los suelos y su cubierta vegetal la disminuye (Morvan *et al.*, 2004). Mangado *et al.* (2009) encontraron que la eficiencia fertilizante del nitrógeno total contenido en el purín de vacuno de leche aportado sobre prados en ambiente atlántico es mayor en aportaciones hechas a finales de invierno que en fechas posteriores. Tradicionalmente la aplicación del purín se ha hecho por aspersión en abanico, recorriendo el purín un trayecto en contacto con el aire hasta depositarse sobre el suelo. Iguácel y Yagüe (2007) señalan como inconvenientes de este método de reparto su heterogeneidad, sensibilidad al viento y riesgo importante de pérdidas de N-NH₄ por volatilización. Las alternativas existentes para la minimización de este riesgo por inyección del purín en el suelo no pueden utilizarse en los casos de cultivos permanentes de cobertura total (prados y pastizales). Abaigar *et al.* (2005) proponen como alternativa la utilización de equipos de tubos colgantes para los que citan reducciones de emisiones de amoníaco del 54-80 % respecto al método tradicional. En base a lo anterior se plantea una experiencia con el objetivo de conocer la mejora en la eficiencia fertilizante del nitrógeno total contenido en el purín de vacuno de leche que se puede conseguir utilizando un equipo de tubos colgantes para su aportación sobre cultivos forrajeros monofitos en ambiente atlántico.

MATERIAL Y METODOS

El trabajo de campo se llevó a cabo en la primavera de 2009 sobre una parcela de 0,7 ha situada en el área atlántica de Navarra. Los suelos son coluviales, profundos, de textura franco arcillosa, neutros, 5,7 % de materia orgánica oxidable y altos contenidos en P y K (180 ppm P₂O₅ y 425 ppm K₂O). Tras el cultivo de maíz forrajero la parcela se sembró en otoño de 2008 con raigrás italiano no alternativo (*Lolium multiflorum* Lam. cv “Caballo”). Las aportaciones de fertilizantes se recogen en la tabla 1.

Tabla 1. Variantes de ensayo

Purín de vacuno de leche	Nitrógeno mineral
P0 testigo, sin aplicación de purín	N0 testigo
Pa aportación en abanico, 76,6 m ³ /ha	N1 120 kg/ha
Ptc aportación con tubos colgantes, 60,3 m ³ /ha	N2 240 kg/ha

aportación N mineral en forma de nitrato amónico-cálcico (NAC) 33,5 %

La fecha de aportación (27/02/09) se eligió intentando compatibilizar una integral térmica desde 1 de Enero próxima a los 200 °C (190,2 °C) con un estado de humedad en los suelos que permitiera el tránsito de equipos pesados sin excesivas afecciones (el conjunto de tractor, cisterna y carga supera las 34 t de peso). El equipo utilizado para la aportación de purín fué una cisterna ETXE HOLZ de doble eje y 16 m³ de capacidad a la que se implementa, bien con sistema de abanico (Pa) regulado a 7,5 m de anchura de trabajo, bien con sistema de tubos colgantes (Ptc) formado por dos cuerpos de 20 tubos colgantes cada uno, con triturador-distribuidor previo y una anchura de trabajo de 9 m. La velocidad de trabajo fue de 2,1 km/h, se pesó el equipo antes y después de cada aportación y se midió la longitud y anchura en cada caso para conocer las dosis aportadas. Estas fueron de 60,3 m³/ha en Ptc y 76,6 m³/ha en Pa. El purín y los equipos proceden de una explotación de vacuno de leche de 480 vacas en ordeño robotizado situada en las proximidades. Sus características se recogen en la tabla 2.

Tabla 2.- Composición del purín de vacuno de leche

	kg/m ³ de materia fresca	% sobre materia seca
% de materia seca	4,27	
pH	7,7	
conductividad e.. (dS/cm)	2,13	
cenizas	13,3	31,2
materia orgánica	29,4	68,8
N total	0,84	1,97
N amoniacal	0,03	0,07
P	0,2	0,46
K	0,98	2,3

El purín se encontraba muy diluido debido a aportaciones accidentales de agua a la fosa, por ello su composición se sitúa en la parte baja de la horquilla de composición de purines de vacuno de leche en Navarra (Mangado *et al.*, 2006). El diseño de la experiencia es de bandas principales para la aportación de purín (Pa, P0, Ptc) de 10 m de anchura y, transversalmente, las aportaciones de nitrógeno

mineral (N0, N1, N2) en pasillos de 4 m cada una, con tres repeticiones. Las aportaciones totales de nitrógeno en cada variante se presentan en la tabla 3.

Tabla 3.- Aportaciones totales de nitrógeno

N total del purín (kg/ha)			N mineral (kg/ha)		
P0	Pa	Ptc	N0	N1	N2
0	64,3	50,6	0	40	80

El control de producción se hizo el día siete de Mayo de 2009, estando el material vegetal en final de la fase de encañado, sin aparición de espigas. Se cortó con motosegadora (1,4 m de ancho de corte) la parte central del tratamiento P0 y a ambos lados del eje de los tratamientos Pa y Ptc para evitar las huellas de los equipos de aportación y, en el caso de Pa, para corregir la posible heterogeneidad en la distribución transversal. En cada variante de ensayo se pesó la biomasa cortada en verde y se midió la superficie de corte. Se tomó una submuestra y se envió a laboratorio para la determinación de materia seca, cenizas, proteína bruta, fibra bruta y fibra ácido detergente. El valor nutritivo del material vegetal se estimó, en función de la fenología del cultivo y de los datos de calidad, utilizando la herramienta Prév Alim de INRA (2000). La eficiencia del N aplicado (kg MS/kg N aportado) se calcula como el cociente de la diferencia de producción de cada variante con respecto al testigo (P0N0) entre el N total aportado en cada caso. La extracción de N de las producciones vegetales obtenidas se calcula por su contenido en proteína bruta reducido al contenido en nitrógeno (kg MS*PB/100*6,25) (Mangado *et al.*, 2009). La analítica de suelos, purín y forrajes se llevó a cabo en el Laboratorio Agrario de Navarra NASERSA. Para el tratamiento de datos se utilizó el paquete estadístico SPSS 8.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 4 se presentan los resultados globales obtenidos bajo los dos criterios de evaluación utilizados (producción y extracciones de nitrógeno por unidad de superficie).

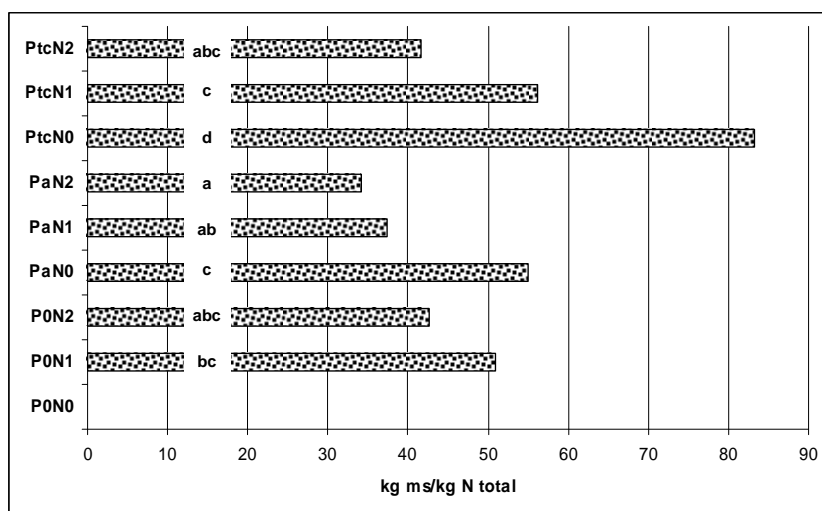
Tabla 4. Resultados globales

Producción (kg ms/ha)		N extraído (kg N /ha)	
P0N0	1853 a	P0N0	20,9 a
P0N1	3891 b	P0N1	40,3 ab
P0N2	5262 c	P0N2	51,8 bc
PaN0	5386 c	PaN0	59,8 bcd
PaN1	5753 cd	PtcN0	61,7 bcde
PtcN0	6070 cde	PaN1	71,9 cdef
PaN2	6784 def	PtcN1	79,3 def
PtcN1	6949 ef	PaN2	86,1 ef
PtcN2	7285 f	PtcN2	89,9 f

En la misma columna valores seguidos por distinta letra difieren significativamente (p<0,05) Duncan

Encontramos que si no hay aportaciones de purín (P0), para cualquier aportación de N mineral, las producciones y extracciones de N son significativamente inferiores a los casos de aportaciones de purín “Ptc” acompañadas de aportaciones de N mineral y con aportación de purín “Pa” acompañada

por la aportación máxima de N mineral. En P0 encontramos respuestas estadísticamente significativas a las aportaciones crecientes de N mineral, sin embargo no las encontramos entre las tres variantes de ensayo que alcanzan las máximas producciones y extracciones.



En las figuras 1 y 2 se presentan los resultados de la eficiencia del N aportado, tanto orgánico como mineral, según los dos criterios de evaluación y habiendo descontado el efecto del testigo (P0N0).

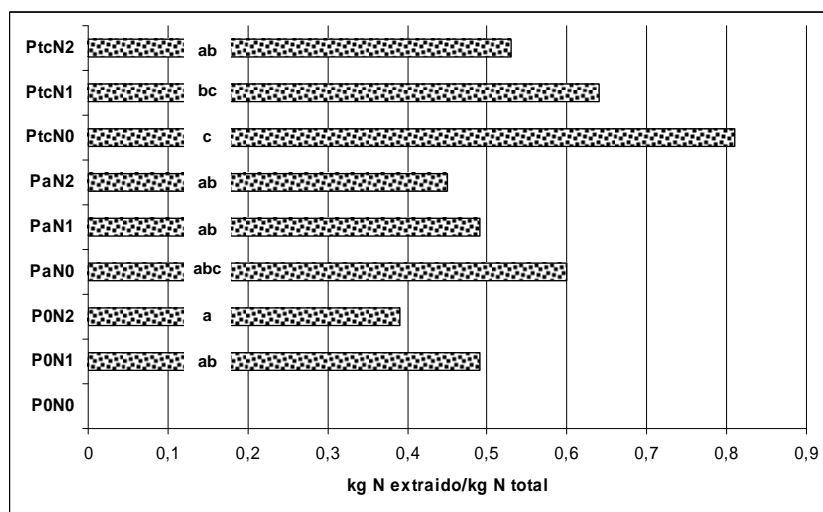


Figura 2.- N extraído por kg de N aportado

El patrón que siguen los resultados es similar para ambos criterios de evaluación. Para cada tipo de aportación de purín (Pi) las respuestas unitarias son decrecientes conforme se incrementa la aportación de N mineral. Las mejores respuestas se consiguen cuando las aportaciones de purín no van acompañadas por aportaciones de N mineral. La tendencia encontrada es que las aportaciones de purín en forma Ptc logran mejores respuestas productivas y de extracción de N que las logradas por aportaciones Pa para cada uno de los acompañamientos de nitrógeno mineral, no obstante sólomente se encuentran diferencias estadísticamente significativas entre las producciones obtenidas por ambos sistemas de aplicación de purín si no se acompañan de aportación de N mineral (N0) o si esta aportación es en la dosis baja (N1). Se constata, así mismo, que en aportaciones precoces de purín de vacuno de leche sobre cultivos de raigrás italiano en ambiente atlántico la eficacia productiva del N orgánico

total contenido en el purín, medida como producción o como extracciones de N por kg de nitrógeno aportado, es similar a la del N mineral aportado en las mismas condiciones y en cantidades similares.

En la tabla 5 se comparan los resultados de producción y de extracción de nitrógeno, tanto por ha como por kg de N orgánico aportado por el purín, conseguidos con cada uno de los dos sistemas de aportación.

Tabla 5. Producciones y extracciones

variante	Producción (kg materia seca)		Extracción (kg de nitrógeno)	
	/ ha	/ kg N orgánico aportado	/ ha	/ kg N orgánico aportado
Ptc	4217	83,3	40,8	0,81
N0 Pa	3533	54,9	38,9	0,61
p-valor	0.162	0,012	0,702	0,065
Ptc	3058	60,4	39,0	0,77
N1 Pa	1862	29,0	31,6	0,49
p-valor	0.103	0,045	0,275	0,047
Ptc	2023	40,0	38,1	0,75
N2 Pa	1522	23,7	34,3	0,53
p-valor	0.413	0,138	0,863	0,577

t – Student

Se analiza de forma independiente para cada una de las aportaciones de N mineral (N0, N1, N2) sustrayendo de cada resultado obtenido el correspondiente a la misma aportación de N mineral sin acompañamiento de aportación de purín (P0). Actuando de esta forma se pretende eliminar el efecto del N mineral aportado, de forma que los resultados obtenidos se puedan imputar, en exclusiva, al nitrógeno orgánico aportado. En todos los casos encontramos que las respuestas a las aportaciones de purín en “Pa” son inferiores a las obtenidas con aportaciones de purín en “Ptc”, aunque solamente en los casos de producción por kg de N orgánico aportado en las variantes N0 y N1 de nitrógeno mineral y en la de extracción por kg de N orgánico aportado en la variante N1 de nitrógeno mineral las diferencias encontradas fueron estadísticamente significativas. Observando los resultados obtenidos en producción, tanto por ha como por kg de N orgánico aportado, encontramos que son descendentes conforme se incrementa el N mineral aportado, aunque estos descensos son más moderados en Ptc (48 % en N2 vs N0, 72 % en N1 vs N0) que en Pa (43 % en N2 vs N0, 53 % en N1 vs N0). La diferencia más importante en la eficiencia productiva del N orgánico aportado por ambos métodos de aplicación se encuentra en la comparativa entre N1 y N0 en la que la aportación Ptc resulta 19 puntos porcentuales más eficiente que la aportación Pa. Esta diferencia se diluye en buena parte con la aportación N2 ya que la eficiencia productiva de N2 vs N1 alcanza un 82 % en la aportación Pa, frente a 66 % en aportación Ptc, lo que hace que las diferencias en eficiencia productiva entre ambos métodos de aplicación disminuyan hasta 5 puntos porcentuales favorables a Ptc en la comparación N2 vs N0.

Analizando los resultados obtenidos en extracciones de nitrógeno por kg de N orgánico aportado encontramos el mismo sesgo descendente de Pa respecto a Ptc pero con superiores valores porcentuales respecto al testigo (93 % en N2 vs N0 y 96 % en N1 vs N0 en Ptc y 87 % en N2 vs N0 y 80 % en N1 vs N0 en Pa) que en el caso anterior.

En la tabla 6 se presenta la eficacia relativa del método de aplicación de purín Pa respecto a Ptc midiendo la eficiencia del N orgánico aportado bajo los dos criterios de evaluación utilizados y en las tres situaciones de acompañamiento con aportaciones de N mineral.

Tabla 6. Eficacia según el método de aplicación

		N0	N1	N2
/Ptc	Producción (kg ms)	66	48	59
(x 100)	Extracción (kg N)	75	64	71

Encontramos que el método de aportación Pa es siempre menos eficaz que el método Ptc. La eficacia medida como “extracciones de nitrógeno” es siempre superior a la medida como “producción”. Bajo los dos criterios de evaluación obtenemos que la mayor eficacia relativa se obtiene en el caso de que la aportación de purín no vaya acompañada de aportación de nitrógeno mineral y la menor eficacia se obtiene en el caso de acompañamiento de aportaciones pequeñas de N mineral (N1).

Trabajando en las mismas condiciones de medio Mangado *et al.* (2009) encontraron unas respuestas productivas a las aportaciones precoces de N mineral y del purín (este en Pa) notablemente inferiores a las obtenidas en este trabajo. Esto se explica ya que en esa experiencia se trabajó sobre prado y en la actual sobre un cultivo de raigrás italiano no alternativo, resultando este más eficiente en la absorción del nitrógeno aportado y su transformación en biomasa (de tres a cinco veces superior en producción y de 2.5 a 3 veces superior en extracción de N).

CONCLUSIONES

En las condiciones en las que se ha llevado a cabo la experiencia:

- la eficiencia fertilizante del nitrógeno total contenido en el purín de vacuno de leche aportado precozmente sobre cultivos de raigrás italiano en ambiente atlántico es similar a la del N mineral aportado en las mismas condiciones y en dosis parecidas.
- la eficacia del equipo de abanico para la aportación de purín, midiendo la producción por kg de N orgánico aportado, oscila entre $\frac{1}{2}$ y $\frac{2}{3}$ de la del equipo de tubos colgantes, variando en función del acompañamiento de aportaciones de N mineral. Esta eficacia oscila entre $\frac{2}{3}$ y $\frac{3}{4}$ si la estimación se hace por la extracción de nitrógeno por kg de N orgánico aportado.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ABAIGAR, A.; IRAÑETA, I.; PEREZ, B., 2005. Reducir las emisiones de amoníaco y olores en el reparto de purines. *Navarra agraria* **151**, 5-11. Pamplona (España)
- IGUÁCEL, F.; YAGÜE, M.R., 2007. Evaluación de costes de sistemas y equipos de aplicación de purín. *Informaciones técnicas* **178**, 16 pp. Departamento de Agricultura y Alimentación. Gobierno de Aragón. Zaragoza (España).
- INRA., 2000. *PrévAlim. Módulo de previsión del valor de los alimentos*. Paquete informático versión 2.70. Distribuido por Pascual de Aranda. Burgos (España)

MANGADO, J.M.; SANZ, A.; SORET, B., 2006. Producción de purines en vacuno de leche. I Caracterización. *Navarra agraria* **157**, 41-48. Pamplona (España)

MANGADO, J.M.; OIARBIDE, J.; BARBERÍA, A.; GRANADA, A., 2009. Eficiencia y efecto residual del nitrógeno contenido en el purín de vacuno de leche aportado sobre prados en ambiente atlántico. *Actas de la XLVIII Reunión Científica de la SEEP*, 205-212. Ed. R. Reiné, O. Barrante. Huesca (España).

MORVAN, T.; GENERMONT, S.; THIRION, F., 2004. Volatilisation ammoniacale au champ. Comprendre pour maîtriser. *Perspectives agricoles* **302**, 16-20. Ed. LEPAF. Paris (Francia).

**INFLUENCE OF APPLICATION SYSTEMS ON FERTILISING VALUE OF DAIRY
SLURRY IN ATLANTIC SINGLE SPECIES FORAGE CROPS**

SUMMARY

The use of organic waste from livestock breeding as fertiliser represents a opportunity towards the environmental and economic sustainability of dairy farms. Results obtained from the comparison of fertilising efficiency of total nitrogen contained in dairy slurry are presented. Slurry was early applied (end winter) on a Atlantic single species forage crop, by using two application systems: traditional (splash plate) and localised, by “hanging pipes”. We conclude that, in the test conditions, the efficiency was similar to that of mineral nitrogen and that slurry application through hanging pipes improves the fertilising efficiency of nitrogen compared to application by splash plate between 50-100% and 30-50% calculated for production obtained and nitrogen extractions by vegetal production, respectively.

Key words: slurry, fertilising efficiency, application systems, splash plate, hanging pipes

INFLUENCIA DEL ARBOLADO Y MATORRAL EN EL CONTENIDO DE NITRÓGENO DEL PASTO HERBÁCEO EN LA DEHESA

M.L. LÓPEZ DÍAZ, G. MORENO MARCOS Y V. ROLO ROMERO

I.T. Forestal, Centro Universitario de Plasencia, C.P. 10600, Plasencia (Cáceres)

e-mail: lurdesld@unex.es

RESUMEN

El objetivo de este ensayo es analizar cómo influye la presencia del arbolado y matorral en la calidad nutritiva de distintas especies herbáceas, en concreto en el contenido de nitrógeno, independientemente de las variaciones que éstos producen en su estado fenológico. El estudio se ha enfocado en los dos tipos de matorral presentes mayoritariamente en las dehesas extremeñas: jaral (*Cistus ladanifer* L.) y retamal (*Retama sphaerocarpa* (L.) Boiss.). Para ello, se tomaron muestras en la primavera del 2009 de varias especies pertenecientes a diferentes familias como son gramíneas (*Avena sativa* L.), leguminosas (*Ornithopus compressus* L.) y otras familias (*Senecio vulgaris* L. y *Taraxacum officinale* (Lam.) Schrank), todas ellas en el estado fenológico de floración y en distintas posiciones respecto al arbolado y matorral. La presencia de arbolado y retama incrementó el contenido de nitrógeno en el pasto. En cambio, la jara redujo la calidad del forraje. De entre las especies estudiadas, se observó una mayor respuesta de *Ornithopus compressus* L. a las distintas situaciones ensayadas.

Palabras clave: Calidad del pasto, *Cistus ladanifer*, *Retama sphaerocarpa*, *Ornithopus compressus*

INTRODUCCIÓN

La dehesa es un sistema agroforestal muy diverso en el que, además de pastos naturales existe la siembra periódica de cultivos y la matorralización, deseada o no, de manera más o menos periódica. Cada vez existen más evidencias técnicas y científicas del papel positivo que puede jugar el matorral (sometido a una gestión controlada y ordenada) en el funcionamiento de muchos sistemas silvopastorales, entre ellos la dehesa (Pulido y Díaz, 2005). Sin embargo, la matorralización de la dehesa puede tener consecuencias en el funcionamiento y productividad de la dehesa. Diversos estudios han señalado los efectos beneficiosos que provoca el arbolado en la calidad del pasto que crece bajo su copa, lo que en muchos casos relacionan con su influencia en el estado fenológico de las plantas y en las modificaciones que causan en la composición específica del pasto. Sin embargo, apenas existen estudios sobre el efecto del matorral sobre el pasto. En este ensayo se pretende analizar qué implicaciones tiene la presencia del arbolado y la matorralización de la dehesa en la calidad nutritiva del pasto, en concreto en la concentración de nitrógeno. El nitrógeno es un elemento esencial y primario para las plantas y los animales y es indicativa de la calidad del forraje (Whitehead, 1995). Se han seleccionado diversas especies herbáceas obviando su estado fenológico.

MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en seis dehesas del norte de Cáceres. Todas ellas presentaron una densidad normal de arbolado maduro (*Quercus ilex*: 15-35 árboles ha⁻¹; > 30cm de diámetro de tronco). El clima de la zona es típicamente mediterráneo en todos los casos, con una precipitación media anual comprendida entre 450 y 650 mm (concentrada en el periodo octubre-mayo) y una temperatura media anual comprendida entre 15 y 17 °C.

De las seis dehesas estudiadas, tres de ellas presentaban jara (*Cistus ladanifer* L.) como matorral acompañante al arbolado y las otras tres retama (*Retama sphaerocarpa* L.). Las fincas que presentaban jara poseían parcelas adyacentes similares en orografía, suelo y arbolado, unas con matorral (denominadas Matorral) y otras sin matorral (Control). En las tres fincas con jara se seleccionaron 12 árboles por finca (seis en control y seis en matorral). En cada árbol se tomaron muestras de distintas especies del pasto herbáceo presentes debajo de la copa del arbolado y entre los árboles (10 m aproximadamente fuera de la copa del árbol) en cada una de esas situaciones (matorral y control).

En el caso de las fincas con presencia de retama, el diseño del ensayo fue distinto, debido a que en ningún caso se observó retama justo debajo del arbolado. En este caso se seleccionaron ocho árboles por finca. En cada uno de los árboles se tomaron muestras de pasto en tres posiciones: debajo del arbolado, fuera del arbolado en zonas sin presencia de matorral y fuera del arbolado con presencia de retama.

Para la recogida de pasto, se intentaron seleccionar tres especies pertenecientes a diferentes familias (leguminosas, gramíneas y compuestas) que pudieran estar presentes tanto en las fincas con presencia de jara como con presencia de retama. Ante la imposibilidad de recolección de una especie de la familia de las compuestas en ambas situaciones, se optó por recolectar dos especies diferentes. Las especies seleccionadas fueron: *Ornithopus compressus* L., perteneciente a la familia de las leguminosas, *Avena sativa* L. como representante de la familia de las gramíneas. En cuanto a las compuestas, *Senecio vulgaris* L. fue la especie escogida en las dehesas con presencia de jara, mientras que en las parcelas con retama se analizó *Taraxacum officinale* Weber et Wiggers. La recolección de cada una de las especies se realizó en el momento en que cada una se encontraba en el estado fenológico de floración, para poder eliminar las posibles modificaciones que causaría el encontrarse en un estado fenológico diferente. Tras la recolección, todas las muestras se secaron a temperatura ambiente hasta alcanzar un peso fijo. El contenido de nitrógeno de las muestras de pasto se determinó mediante el método Kjeldahl.

Todos los datos se analizaron estadísticamente mediante ANOVAs, empleando el paquete estadístico Statistica 6.0. Cuando el resultado era significativo ($p < 0,05$) se realizó la comparación posterior de medias mediante el test LSD.

RESULTADOS

Si consideramos las especies recolectadas en su conjunto, el efecto del arbolado influyó significativamente en el contenido de nitrógeno (Tabla 1). Se observó una mayor riqueza de nitrógeno ($F_{1,252}=4,6786$; $p=0,031$) bajo la copa del árbol frente a la zona alejada del mismo. Al analizar cada especie, se comprobó que no existían diferencias significativas en el contenido de nitrógeno atribuibles a la posición respecto al árbol. Sin embargo, *A. sativa*, *S. vulgaris* y *O. compressus*, presentaron una tendencia a aumentar la concentración de este nutriente en presencia de arbolado (10,41 g N/kg, 22 g N/kg y 25,74 g N/kg, respectivamente) frente a las zonas exteriores libres de arbolado (9,80 g N/kg, 20,18 g N/kg y 24,88 g N/kg, respectivamente).

Tabla 1. Efecto del arbolado en la concentración de Nitrógeno (g N/Kg; + IC₉₅ %) en el las diferentes especies estudiadas

	Bajo árbol	Fuera árbol
Media	18,17	17,48
<i>Avena sativa</i>	10,41	9,80
<i>Ornithopus compressus</i>	25,74	24,88
<i>Taraxacum officinale</i>	19,60	19,23
<i>Senecio vulgaris</i>	22,00	20,18

En las fincas de retama (Tabla 2), se obtuvieron variaciones significativas en el contenido de nitrógeno ($F_{1-130}=5,1129$; $p=0,02$) según la presencia o no de retama. Este nutriente presentaba valores medios más altos en el pasto que crecía junto a la retama (18,55 g N/kg) que en las zonas sin matorral (17,61 g N/kg). De entre las tres especies analizadas, sólo la especie *O. compressus* presentó modificaciones significativas en su contenido en dicho nutriente ($F_{1-40}=4,45$; $p=0,04$), con una mayor calidad forrajera en el pasto recogido junto a la retama (25,91 g N/kg) que en puntos libres de este matorral (24,26 g N/kg). Aunque las demás especies no presentaran contrastes relevantes, podemos mencionar que en *A. sativa* se detectó una tendencia a mejorar su concentración de nitrógeno en presencia de retama (10,89 g N/kg) respecto a los valores detectados en zonas sin matorral (9,84 g N/kg).

Tabla 2. Contenido de nitrógeno (g N/kg) en las diferencias especies estudiadas en zonas con presencia de retama

	Retama	Control
Media	18,56	17,61
<i>Avena sativa</i>	10,89	9,84
<i>Ornithopus compressus</i>	25,91	24,27
<i>Taraxacum officinale</i>	19,46	19,23

En las fincas con jara, para el conjunto de las especies seleccionadas, la concentración de nitrógeno (Tabla 3) presentaba variaciones significativas ($F_{1-221}=5,18$; $p=0,02$) respecto a la presencia de jara. Se observaron mayores concentraciones en el tratamiento control (17,53 g N/kg) que en las parcelas con presencia de matorral (15,84 g N/kg). Si consideramos cada una de las especies por separado, tan solo *O. compressus* modificó su calidad significativamente ($F_{1-70}=13,023$; $p<0,001$). Esta especie presentaba valores más altos en las zonas sin matorral (25,69 g N/kg) que en las zonas con jara (22,48 g N/kg).

Tabla 3. Contenido de nitrógeno (g N/kg) en las diferencias especies estudiadas en zonas con presencia de jara

	Jara	Control
Media	15,84	17,53
<i>Avena sativa</i>	9,70	9,92
<i>Ornithopus compressus</i>	22,48	25,69
<i>Senecio vulgaris</i>	21,35	21,10

DISCUSIÓN

Los rangos de contenido en nitrógeno obtenidos en este ensayo (17,48 – 18,16 g N/kg MS) se encuentran dentro de los rangos descritos en la bibliografía en estudios realizados en dehesa (12,4 – 33,44 g N/kg) (García Ciudad *et al.*, 1997; Gea-Izquierdo, 2008). Si comparamos cada una de las especies, resulta interesante destacar que *O. compressus* presentaba los valores máximos de N, debido a

que pertenece a la familia de las leguminosas y a las relaciones simbióticas con bacterias del género *Rhizobium* que forma esta familia y que le permite fijar el N atmosférico (Campillo *et al.*, 2003). También las especies *S. vulgaris* y *T. officinale* presentaban valores elevados de N. Kirten *et al.* (2001) destacaron el interés de introducir especies del género *Senecio* en pastos, debido a su riqueza en nutrientes, así como a su rusticidad. Según Oosterveld (1982), las especies del género *Taraxacum* se caracterizan por ser indicadoras ambientales para la gestión de pastos. Otros autores también destacan que, en la dehesa, el contenido de nutrientes de las especies pertenecientes a las familias clasificadas como “otras” (en nuestro caso compuestas) es mayor que el presente en las gramíneas (Vázquez de Aldana *et al.*, 1996).

Anteriores trabajos ponen de manifiesto que la influencia del árbol en el contenido de N de los tejidos vegetales varía con el desarrollo fenológico de la planta (Gea-Izquierdo, 2008), ya que el árbol alarga el ciclo fenológico de las plantas que crecen bajo la copa (Montoya, 1982). En nuestro estudio, este efecto se ha obviado al recoger todas las muestras en el momento de la floración y, sin embargo, se observa una mejora en la calidad del pasto relacionada con la proximidad al arbolado. El efecto de la retama es similar al que provoca el arbolado, resultados que coinciden con lo obtenido por Moro *et al.* (1997), lo que podría ser atribuible a las mejoras producidas en las condiciones físico-químicas del suelo por este matorral (Pugnaire *et al.* 1996), especialmente por el bombeo de cationes de capas profundas del suelo debido a la gran profundidad de su sistema radicular, así como a su capacidad fijadora de N₂ atmosférico (Campillo *et al.*, 2003). *O. compressus* fue la especie que más se benefició en su contenido de nutrientes por la presencia de la retama. En cambio, el porcentaje de leguminosas que crecen bajo la retama es muy inferior al de gramíneas y otras, al igual que se observaba respecto al arbolado (López Díaz *et al.*, 2009). Esto puede deberse a que las gramíneas se ven favorecidas por el incremento de N que causa la retama en el suelo (Campillo *et al.*, 2003), lo que permite que desplacen a otras especies. En el caso de las leguminosas, se trata de especies anuales (Olea y Viguera, 1998), con lo que su potencial competitivo es menor al llegar a un medio en el que ya están perfectamente instaladas las gramíneas, que en su mayoría son perennes. Además, la competencia que ejercen las gramíneas provoca un desplazamiento de las raíces del resto de las especies hacia estratos inferiores de suelo, donde las condiciones edáficas son peores.

En cuanto a la jara, se observó una reducción en la concentración de N en presencia de este matorral, principalmente en el caso de *O. compressus*. Diversos autores han mostrado el efecto alelopático que ejercen la jara sobre la vegetación circundante (Chaves-Lobón *et al.*, 2002), y que podría afectar al estado nutritivo de las especies herbáceas que crecen bajo este matorral. Además, el sistema radicular tan somero que presentan los pastos naturales de la dehesa (Moreno *et al.*, 2005) provoca un fuerte solapamiento en los primeros centímetros del suelo con el sistema radicular de la jara (Silva *et al.*, 2002), lo que implica una elevada competencia por los recursos edáficos (nutrientes y agua), traduciéndose en una disminución de la calidad del pasto respecto al control.

En general, los resultados obtenidos con este método de muestreo reflejan con una mayor precisión las posibles relaciones de competencia que existen entre los distintos estratos de vegetación (árbol, arbusto, herbáceas), ya que se han eliminado las variables composición específica del pasto y el estado fenológico, al tomar todas las muestras en el momento de mayores requerimientos nutritivos, lo cual ocurre en el momento de la floración. Entre las especies estudiadas, podemos considerar a *O.*

compressus L. como la más sensible a los cambios de estado de los pastos de dehesa y , por tanto, a las prácticas de gestión en los mismos.

CONCLUSIONES

La presencia de arbolado incrementó la calidad del pasto bajo su copa. En cuanto al matorral, el efecto positivo de la retama es mayor que su potencial competidor respecto a los pastos, al contrario de lo que ocurre con la jara. En concreto, la presencia de retama incrementó el contenido de nitrógeno en el pasto. En cambio, la jara produjo una reducción en el contenido de este nutriente en el pasto. La respuesta a la presencia del arbolado y matorral dependió de la especie herbácea considerada. De entre las especies estudiadas, se observó una mayor respuesta de *Ornithopus compressus* L. a las distintas situaciones ensayadas

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por el Plan Nacional de Investigación del Ministerio de Educación y Ciencia (Proyecto AGL2006-09435) y por el Plan Regional de Investigación de Extremadura (III PRI+D+I) (Proyecto PRI07C044).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CAMPILLO, R.; URQUIAJA, S.; PINO, I.; MONTENEGRO, A., 2003. Estimación de la fijación biológica de nitrógeno en leguminosas forrajera mediante la metodología del N¹⁵. *Agricultura técnica*, **63**, 169-179.
- CHAVES LOBÓN, N., ALIAS GALLEGO, J.C.; SOSA DÍAZ., T.; ESCUDERO GARCÍA, J.C., 2002. Allelopathic potential of *Cistus ladanifer* chemicals in response to variations of light and temperature. *Chemoecology*, **12**, 139-145.
- GARCÍA-BARRIOS, L.; ONG, C.K., 2004. Ecological interactions in simultaneous agroforestry systems in the tropics: management lessons, design tools and research needs. *Agroforestry Systems*, **61**, 221-236.
- GARCIA-CIUDAD, A.; RUANO-RAMOS, A.; VAZQUEZ DE ALDANA, B.R.; GARCIA-CRIADO, B., 1997. Interannual variations of nutrient concentrations in botanical fractions from extensively managed grasslands. *Animal Feed Science and Technology*, **66**, 257-269.
- GEA-IZQUIERDO, G., 2008. *Modelos silvopascícolas en sistenas adehesados del Oeste de la Península Ibérica*. Tesis Doctoral. Univ. Politécnica de Madrid.
- LEISS, K.A.; MÜLLER-SCHÄRER H., 2001. Performance of reciprocally sown populations of *Senecio vulgaris* from ruderal and agricultural habitats. *Oecologia*, **128**, 210-216.
- LÓPEZ DÍAZ, M.L.; ROLO ROMERO, V.; MORENO MARCOS, G., 2009. Variación espacial del pasto herbáceo en la dehesa: interrelación árbol-pasto-matorral. *V Congreso forestal español*. Ávila, septiembre 2009.
- MONTOYA, J.M., 1982. Efectos del arbolado de las dehesas sobre los factores ecológicos que actúan al nivel del sotobosque. *Anales INIA/Serie Forestal*, **5**, 31-41
- MORENO, G.; OBRADOR, J.J.; CUBERA, E.; DUPRAZ, C., 2005. Fine Root distribution in dehesas of Central-Western Spain. *Plant Soil*, **277**, 153-162.
- MORO, M. J.; PUGNAIRE, F.I.; HAASE, P.; PUIGDEFÁBREGAS, J., 1997. Effect of the canopy of *Retama sphaerocarpa* on its understorey in a semiarid environment. *Functional Ecology*, **11**, 425-431.

- OLEA, L.; VIGUERA, F. J., 1998. Pastizales y cultivos. En: *La dehesa: Aprovechamiento sostenible de los recursos naturales*. C. HERNÁNDEZ (Ed.). Agrícola Española S.A., Madrid (España), 95-114.
- OOSTERVELD, P., 1982. *Taraxacum* species as environmental indicators for grassland management. *Environmental Monitoring and Assessment*, **3**, 381-389.
- PUGNAIRE, F.I.; HAASE, P.; PUIGDEFÁBREGAS, J.; 1996. Facilitation between higher plant species in a semiarid environment. *Ecology*, **77**, 1420-1426.
- PULIDO, F.J.; DÍAZ, M., 2005. Recruitment of a Mediterranean oak: a whole-cycle approach. *Ecoscience*, **12**, 99-112.
- SILVA, S.S.; REGO, F.C.; MARTINS-LOUÇAO, M.A., 2002. Belowground traits of mediterranean woody plants in a portuguese shrubland. *Ecologia mediterranea*, **28**, 5-13.
- VÁZQUEZ DE ALDANA, B.R.; PÉREZ CORONA, M.E.; GARCÍA CIUDAD, A.; GARCÍA CRIADO, B., 1996. Mineral content in semiarid grassland systems as affected by community structure and soil chacaracteristics. *Acta Oecologia*, **17(3)**, 245-259.
- WHITEHEAD, D.C., 1995. *Grassland Nitrogen*. CAB International. 397 pp. Wallingford (UK).

**INFLUENCE OF THE BOTANIC COMPOSITION IN THE NITROGEN CONTENT
IN THE DEHESA**

SUMMARY

The objective of this assay is to analyse the influence of tree and shrub presence on nitrogen concentration in different herbaceous species. Two shrub species are studied: *Cistus ladanifer* L. *Retama sphaerocarpa* (L.) Boiss. In Spring 2009, different species of grass (*Avena sativa* L.), legumes (*Ornithopus compressus* L.) and Asteraceae (*Senecio vulgaris* L. and *Taraxacum officinale* (Lam.) Schrank), during flowering state. They were sampled in different positions respect to tree and shrub. Tree and *R. sphaerocarpa* presence improved pasture quality. *C. ladanifer* shrub reduced the pasture nitrogen content. *Ornithopus compressus* L. was the most affected specie to the different treatments.

Key words: Pasture quality, *Cistus ladanifer*, *Retama sphaerocarpa*, *Ornithopus compressus*

EFECTO DEL DESCANSO TEMPORAL DEL PASTOREO EN LA RECUPERACIÓN DE VARIABLES FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL SUELO EN LA DEHESA

F.A. MORENO ELCURE¹ Y M. P. FERNÁNDEZ REBOLLO²

1.- Doctorado de Agroecología ISEC – UCO. Lab. Agroecología LASAS UNET Táchira – Venezuela fmoreno@unet.edu.ve , 2.- Dpto. Ing. Forestal, ETSIAM - UCO irferep@uco.es

RESUMEN

Los estudios del comportamiento del suelo en pastoreo son escasos y más reducidos en sistemas agrosilvopastorales como la dehesa, donde la homogeneidad vegetal y edáfica es escasa. En este trabajo se analiza el efecto que el descanso del pastoreo tiene en las variables densidad aparente (DA), índice de cono (IC) y porcentajes de Carbono y Nitrógeno (%C, %N), en los suelos de una dehesa bajo 4 condiciones de pastoreo-descanso. Los resultados apuntan que periodos cortos de descanso al pastoreo reducen la resistencia a la penetración del suelo (IC) en relación al pastoreo continuo, lo que sugiere una recuperación de su estructura. Tras periodos cortos de pastoreo después del descanso, los valores de resistencia a la penetración vuelven a ser de la misma magnitud que los que muestran las zonas que no han sido sometida a descanso. El %C y %N disminuye cuando se excluye el pastoreo durante periodos prolongados, pero periodos de descanso de corta duración no tienen un efecto significativo en el contenido de estos nutrientes.

Palabras clave: Pastoreo, compactación, densidad aparente, carbono, nitrógeno.

INTRODUCCIÓN

La compactación del suelo ha sido estudiada profundamente en condiciones de laboreo, pero son escasos los estudios que evalúan la compactación producida por el pastoreo, así como otras modificaciones que induce en las propiedades físicas y químicas de los suelos. En los sistemas de pastoreo, estas modificaciones son cíclicas en cierta manera, ya que con el descanso del mismo se produce una recuperación natural, sin embargo, pocos estudios han integrado estos aspectos en el análisis de los sistemas de pastoreo (Drewry *et al.*, 2006) ni en los efectos sobre el crecimiento de pastos y su composición (Greenwood y McKenzie, 2001; Drewry, 2006). En este trabajo, se pretende evaluar el comportamiento de variables físicas (densidad aparente y resistencia a la penetración) y químicas (contenido de carbono y nitrógeno) del suelo de dehesa, cuando se produce un descanso del pastoreo en otoño, en primavera o todo el año, frente a sistemas de pastoreo continuo.

MATERIALES Y MÉTODOS:

Área de estudio

El estudio se realizó en una finca de dehesa situada en el Valle de los Pedroches, en el municipio Villanueva de Córdoba. La finca posee un clima mediterráneo, con precipitación media anual de 634,7 mm y temperatura media de 15,5°C (27,4°C julio y 6,1°C enero). Los suelos son franco arenosos (Cambisol eútrico), pH ácido y MO alta (>2%) (Fernández y Carbonero, 2008).

Manejo del Rebaño en pastoreo

El rebaño esta constituido por bovinos Limousin y cerdo Ibérico en montanera. Durante el ensayo se mantiene en la parcela del estudio, el manejo de los animales bajo el criterio del propietario: pastoreo continuo del ganado bovino (≈ 1 UGM/ha), con un descanso al inicio del invierno 2009 de un

mes y medio de duración aproximadamente, para permitir el pastoreo exclusivo del ganado porcino durante este periodo (1,5 cerdos/ha \approx 0,45 UGM).

Diseño experimental

Se realizaron exclusas al pastoreo bajo un diseño de bloques al azar por la incidencia del tráfico del ganado y la presión del pastoreo (p/p) sobre el suelo. Los bloques se establecieron en: bloque 1, **camino** ó alta p/p, por estar en la inmediación de uno de ellos en la finca; bloque 2, **loma** ó media p/p con relieve ondulado y bloque 3, **arbolado** ó baja p/p zona retirada del camino. La ubicación de las exclusas fue en áreas despejadas de la influencia de árboles (*Quercus* spp) y con cobertura de pastos herbáceos. Se establecieron cuatro tratamientos, con cuatro repeticiones: T1, pastoreo continuo; T2, sin pastoreo (222 días de descanso); T3, sin pastoreo en otoño (151 días de descanso–71 día de pastoreo); T4, sin pastoreo en primavera (96 días de descanso).

Variables estudiadas y toma de muestra

Se realizó un muestreo al final del ensayo en el verano 2009 (16-18 julio). Se estudio la densidad aparente (DA) con cilindros de volumen conocido de 0-4cm y 0-8cm de profundidad. Se evaluó la resistencia a la penetración (MPa) mediante el índice de cono (IC) con penetrómetro estandarizado bajo la norma de ASABE 313.2 de punta fina, recomendada para suelos con alta impedancia mecánica (ASABE, 2006). En cada replica se registraron por lo menos 20 medidas de IC a intervalos de 0,5 cm de profundidad. Se tomaron muestras de suelo de cada replica y se secaron a temperatura ambiente, pasándolas por un tamiz de 2mm. Una fracción fue triturada en molino de ágata hasta homogenizar (aprox. 15min). Esa fracción después es introducida en el analizador elemental EUROVECTOR EA-3010, donde se cuantifico el porcentaje de carbono (%C) y el porcentaje de nitrógeno (%N).

Tratamiento de los datos y Análisis Estadísticos

Los IC, se promediaron considerando dos rangos de profundidades: 0-4cm y 0-8cm. Se realizó análisis de correlación entre las variables y análisis de la varianza para bloque (aleatorio) y tratamiento y sus interrelaciones. En caso de diferencia, se ha utilizado el test Tukey de recorrido interno al 95%.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las variables IC, DA presentan baja correlación ($r \leq 0,200$). Las variables químicas %N y %C tienen una alta correlación entre ellas ($r = 0,902$; $p = 0,0000$), y presentan valores medios de correlación con DA 0-4cm ($r = -0,639$ y $-0,661$; $p = 0,000$) y DA 0-8cm ($r = -0,528$ y $-0,589$; $p = 0,000$), así como para IC 0-4cm ($r = 0,454$, $p = 0,001$ con %N y $r = 0,381$, $p = 0,008$ con %C) y para IC 0-8cm ($r = 0,445$, $p = 0,002$ con %N y $r = 0,322$, $p = 0,025$ con %C). La correlación entre %N - %C y la DA se comportan en forma inversa, como lo describe Angers (citado por Greenwood y McKenzie, 2001), mientras que IC es proporcional, lo que indica que cuando mayor es la resistencia a la penetración mayor es el contenido de estos elementos, correspondiendo los mayores valores de IC y C-N a las zonas en pastoreo al momento del muestreo. En este sentido, Leal (2009), al estudiar el IC en distintas dehesas y variables como N orgánico y materia orgánica oxidable, encuentra una correlación similar a la nuestra, lo que sugiere que formas de manejo distintas pueden estar influenciando el comportamiento de la variable física IC y su relación con variables químicas.

La relación C:N se mantiene cercana al promedio general (11:1), alcanzándose la menor en el Bloque Camino (10,1:1) y la superior en el Bloque Arbolado (11,7:1), aunque sin diferencias estadísticas entre bloques, ni tratamientos. Los valores encontrados para el ratio C:N se consideran adecuados

y no limitan la actividad biológica del suelo. El contenido de carbono y de nitrógeno en suelo ha variado con el tratamiento de pastoreo y entre bloques, sin resultar significativa la interacción. Destacan los menores valores para %C y %N en la zona sin pastoreo y los mayores para los tratamiento de pastoreo continuo y sin pastoreo en otoño (Tabla 1), es decir, se obtienen mayores valores en los tratamientos pastoreados en el momento del muestreo (pastoreo continuo > sin pastoreo en otoño) y los menores en los tratamientos sin ganado (sin pastoreo en primavera > sin pastoreo).

La exclusión, como herramienta de control del pastoreo, influye en las entradas y salidas de los nutrientes ya que, como describe Sear (citado por Greenwood y McKezei, 2001), son tres las acciones del pastoreo que afectan de forma directa al suelo: la defoliación de las plantas, el pisoteo y la remoción y translocación de nutrientes. Además, de cara a interpretar su efecto sobre el contenido y balance de nutrientes, resulta necesario considerar de forma combinada la actividad biológica en los procesos de transformación de los compuestos orgánicos. Si bien la exclusión modifica la vía de entrada de nutrientes (aumento de la reincorporación del material vegetal muerto y reducción de los excrementos) y reduce la translocación, también puede inducir su gasto. En este sentido, ensayos con mayor duración podrían orientar sobre el comportamiento del C-N en tratamientos excluidos al pastoreo, tanto en tiempos reducidos como prolongados.

Tabla 1. Valores de Nitrógeno y Carbono (%) en suelo bajo cuatro manejos del pastoreo en una dehesa de la provincia de Córdoba

Presión pastoreo/pisoteo	Tratamientos				
	Pastoreo Continuo	Sin Pastoreo en Otoño	Sin Pastoreo en Primavera	Sin Pastoreo	Promedio
Relación C:N					
Alta (camino)	10,11	10,26	10,35	9,82	10,14
Media (loma)	11,64	11,59	9,98	10,78	11,00
Baja (arbolado)	11,71	10,50	13,52	11,13	11,71
Promedio	11,16	10,78	11,29	10,58	10,95
%C					
Alta (camino)	2,23	2,72	2,22	1,92	2,27 A
Media (loma)	3,54	3,09	2,64	2,23	2,88 B
Baja (arbolado)	2,02	1,78	1,66	1,36	1,7 C
Promedio	2,60 a	2,53 a	2,17 ab	1,84 b	2,28
% N					
Alta (camino)	0,22	0,27	0,21	0,20	0,22 A
Media (loma)	0,30	0,27	0,27	0,21	0,26 A
Baja (arbolado)	0,17	0,17	0,12	0,12	0,15B
Promedio	0,23 a	0,23a	0,20ab	0,18 b	0,21

Letras distintas indican diferencias significativas (p<0,05)

Existen diferencias para DA entre los bloques, siendo el bloque loma el que presenta los menores valores en ambas profundidades (Tabla 2). No obstante, no se observaron diferencias entre los tratamientos en DA 0-4cm, mientras que 0-8 cm, a pesar de tener un comportamiento similar, las interacciones si presentan diferencias (p=0,003). Se observa que en los bloques con alta (camino) y me-

dia (loma) presión de pastoreo, las densidades presentan diferencias (tabla 2), mostrando las zonas pastoreadas en el momento del muestreo menores valores de densidad aparente.

Para el IC en los rangos de 0-4 cm y 0-8 cm, no existen diferencias entre los tratamientos, ni entre los bloques, pero si la interacción de los factores ($p=0,000$). A pesar de ellos, los bloques y tratamientos presentan un comportamiento similar, cuando mayor es la intensidad del pastoreo, mayor es el IC.

Tabla 2. Densidad aparente (g/cm^3) a dos profundidades de suelo bajo cuatro manejos del pastoreo en una dehesa de la provincia de Córdoba

Presión pastoreo/pisoteo	Tratamientos				Promedio
	Pastoreo Continuo	Sin Pastoreo en Otoño	Sin Pastoreo en Primavera	Sin Pastoreo	
Densidad de 0 a 4 cm					
Alta (camino)	1,34	1,14	1,27	1,27	1,26 A
Media (loma)	1,00	1,12	1,07	1,14	1,08 B
Baja (arbolado)	1,24	1,38	1,35	1,26	1,31 A
Promedio	1,20	1,21	1,23	1,23	1,22
Densidad de 0 a 8 cm					
Alta (camino)	1,48 ab	1,36 b	1,51 a	1,52 a	1,47 A
Media (loma)	1,30 a	1,35 ab	1,49 b	1,45 ab	1,40 B
Baja (arbolado)	1,56	1,54	1,46	1,50	1,52 A
Promedio	1,45	1,42	1,49	1,49	1,46

Letras distintas indican diferencias significativas ($p<0,05$)

Tabla 3. Índice de Cono (MPa) en los rangos de suelo 0-4 cm y 0-8 cm de profundidad bajo cuatro manejos del pastoreo en una dehesa de la provincia de Córdoba

Presión pastoreo/pisoteo	Tratamientos				Promedio
	Pastoreo Continuo	Sin Pastoreo en Otoño	Sin Pastoreo en Primavera	Sin Pastoreo	
IC de 0 a 4 cm (MPa)					
Alta (camino)	2,64 a	2,28 a	2,44 a	1,64 b	2,25
Media (loma)	2,31	2,23	2,03	1,79	2,09
Baja (arbolado)	2,10 a	2,12 a	1,15 b	1,45 b	1,71
Promedio	2,35	2,21	1,88	1,63	2,02
IC de 0 a 8 cm (MPa)					
Alta (camino)	3,42 a	3,12 ab	3,07 ab	2,72 b	3,09
Media (loma)	2,97	3,12	2,96	2,86	2,98
Baja (arbolado)	3,04 a	3,03 ab	2,09 b	2,60 b	2,69
Promedio	3,15	3,09	2,71	2,75	2,92

Letras distintas indican diferencias significativas ($p<0,05$)

El bloque 2 Loma, con media intensidad de pastoreo, no presenta diferencias en el IC (tabla 3), pudiendo deberse a que en las inmediaciones de esa zona se instalaron, años atrás, comederos portátiles donde se les suministraba paja y heno a los animales. Esto explicaría también los mayores valores en el contenido de C y N. Cuando la intensidad de pastoreo es alta o baja, descansos prolongados

conducen a una menor resistencia a la penetración en las dos profundidades analizadas. Sin embargo, descansos cortos (sin pastoreo en primavera) solo parece tener un efecto en la resistencia a la penetración en las zonas con menor intensidad de pastoreo. Por otro lado, los valores de resistencia a la penetración vuelven a ser de la misma magnitud que los que muestran las zonas pastoreadas de forma continua tras un periodo corto de pastoreo después del descanso. Es decir, parece que la resistencia a la penetración alcanza su valor máximo tras un periodo corto de pastoreo.

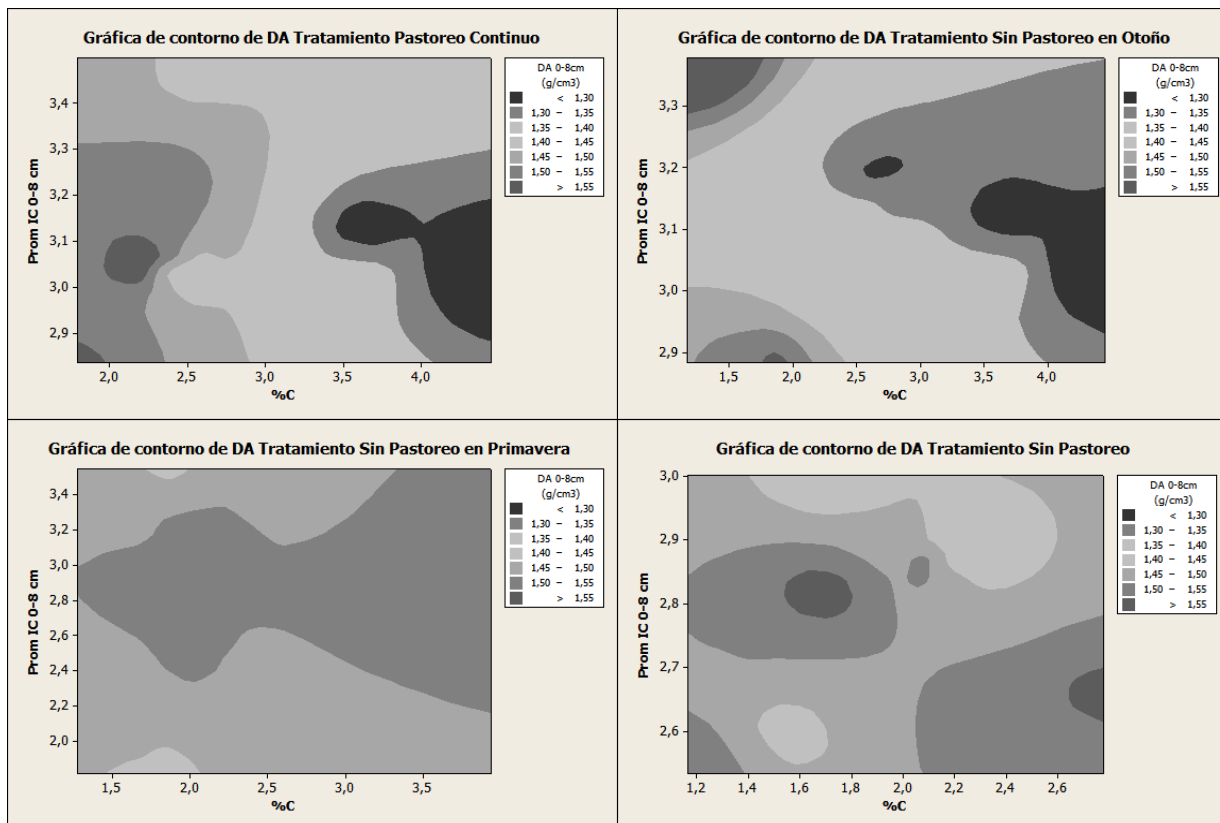


Figura 1. Comportamiento de la Densidad Aparente del suelo (DA) en el intervalo de 0 a 8 cm de profundidad bajo cuatro condiciones de manejo del pastoreo contrastada con la resistencia a la penetración (IC en MPa) y el % C en una dehesa de la provincia de Córdoba

La figura 1 muestra un diagrama de contornos de la variable DA (0-8 cm), contrapuesta con las variables porcentaje de carbono y resistencia a la penetración para el mismo rango de profundidad. En los tratamientos con pastoreo reciente (pastoreo continuo y sin pastoreo en otoño), la menor DA se encuentra en zonas donde los contenidos de carbono son mayores y ésta incrementa su valor con el descenso del %C y con el aumento de IC. En los tratamientos acotados al pastoreo en el momento del muestreo (sin pastoreo y sin pastoreo en primavera), encontramos una franja en la que la DA se mantiene en valores similares y el IC fluctúa entre 2,6 y 3 Mpa, mientras que el contenido de carbono experimenta una gran variabilidad. En este sentido, Martínez *et al.* (2008) reporta los efectos de la materia orgánica en la formación de agregados, que pueden aumentar la resistencia a la penetración. La DA, como medida de la compactación del suelo en condiciones de campo, es una variable que, analizada de forma aislada, no permite una interpretación clara del efecto del pastoreo. En este sentido, cabe destacar que en diferentes trabajos que revisan el efecto del pastoreo en las propiedades del suelo y en la producción de los pastos (Greewood y McKenzie, 2001; Drewry, 2006; Bilotta *et al.* 2007;

Drewry *et al.* 2008), el estudio de la DA siempre está acompañado de otras variables como son la porosidad, la permeabilidad al aire, la tasa de infiltración o la conductividad hidráulica.

CONCLUSIONES

Periodos cortos de descanso al pastoreo reducen la resistencia a la penetración del suelo en relación al pastoreo continuo, lo que sugiere una recuperación de su estructura. Sin embargo, la resistencia a la penetración llega a ser menor con periodos prolongados de descanso. Tras periodos cortos de pastoreo después del descanso, los valores de resistencia a la penetración vuelven a ser de la misma magnitud que los que muestran las zonas que no han sido sometida a descanso.

El contenido del suelo en carbono y nitrógeno disminuye cuando se excluye el pastoreo por periodos prolongados, pero periodos de descanso de corta duración no tienen un efecto significativo en el contenido de estos nutrientes.

La resistencia a la penetración medida a través del índice de cono es más sensible que la densidad aparente del suelo a los ciclos de compactación-descompactación producidos por las secuencias de pastoreo-descanso.

AGRADECIMIENTOS

A la familia Fernández Ranchal propietario de la Finca. Al proyecto “Métodos culturales y biológicos para el control de *Phytophthora cinnamomi* en dehesas afectadas por la seca de los *Quercus*”, (AGL2009-12243-CO2-01) Ministerio de Ciencias e Innovación. Con apoyo del Programa *AlBan* de Becas de Alto Nivel UE para América Latina, beca E06D101747VE y del Servicio Central de Apoyo a la Investigación SCAI - UCO.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASABE, 2006. Soil cone penetrometer. ASAE S313.3 FEB04. Procedures for Using and Reporting Data Obtained with the Soil Cone Penetrometer *ASAE EP542* FEB99. (En) ASABE STANDAR. pp 903-904 y 1053-1055.
- BILOTTA, G.S.; BRAZIER, R.E.; HAYGARTH, P.M., 2007. The impacts of grazing animals on the quality of soils, vegetation, and surface waters in intensively managed grasslands. *Advances in Agronomy*, 94: 237-280.
- DREWRY, J.J., 2006. Natural recovery of soil physical properties from treading damage of pastoral soils in New Zealand and Australia: A review. *Agriculture Ecosystems & Environment* 114: 159-169.
- DREWRY, J.J.; CAMERON, K.C.; BUCHAN, G.D., 2008. Pasture yield and soil physical property responses to soil compaction from treading and grazing – a review. *Australian Journal of Soil Research*, 46: 237-256.
- DREWRY, J.J.; PATON R.J., 2000. Effects of cattle treading and natural amelioration on soil physical properties and pasture under dairy farming in Southland, New Zealand. *NZ. J. Agric. Res.* 43, 377-386.
- FERNÁNDEZ, A.; CARBONERO M.D., 2008. Explotación agroganadera Finca El Moralejo. Cuaderno de campo, XLVII Reunión SEEP. pp 19-24.
- GREENWOOD, K.L.; MACLEOD, D.A.; SCOTT, J.M.; HUTCHINSON, K.J., 1998. Changes to soil physical properties after grazing exclusion. *Soil Use and Management* 14: 19-24.
- GREENWOOD, K.L.; MCKENZIE, B.M., 2001. Grazing effects on soil physical properties and the consequences for pastures: a review. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 41: 1231-1250.

LEAL MURILLO, J.R., 2009. Estudio nutritivo de la encina en la dehesa y su relación con parámetros edáficos, fisiológicos y productivos. Trabajo para optar al grado de Ing. de Montes. Esc. Téc. Sup. Ingenieros Agrónomos y de Montes. U. de Córdoba. 115 p.

MARTINEZ, E.; FUENTES, J.P.; ACEVEDO, H., 2008. Carbono orgánico y propiedades del suelo. *Rev. Cs del suelo y nutrición vegetal* 8(1): 68.96.

EFFECT OF REST TIME OF GRAZING IN THE RECOVERY OF PHYSICAL AND CHEMICAL VARIABLES IN SOIL DEHESA

SUMMARY

Researches about grazing effects on soil properties are scarce, especially in agroforestry systems due to the heterogeneity of soils and plants distributions patterns. This work analyzes the effect of 4 grazing-rest treatments on bulk density (DA), soil resistance to penetration (IC) and percentages of carbon and nitrogen (%C, %N) in dehesa's soils. Results show that short rest period reduces soil resistance to penetration (IC) compared to continuous grazing, suggesting a recovery of soil structure. With short grazing period after the rest, IC reaches the same level that continuous grazing area. %C and %N decreases when grazing is excluded for long periods, but short rest periods have no significant effect on the content of these nutrients.

Key words: grazing, compaction, bulk density, carbon, nitrogen.

VALORACIÓN NUTRITIVA DE DISTINTOS CULTIVOS FORRAJEROS MEDITERRANEOS DE INVIERNO

I.A. ZNAÏDI¹, M.R. ALVIR², A. AÏSSA¹, M. HADJ AYED¹ Y K.KRAIEM¹.

¹ISA-Chott Mariem. Institution de Recherche et d'Enseignement Superieur Agricole (IRESA) (Túnez). ²Dpto de Producción Animal. E.T.S I.A. Universidad Politécnica de Madrid.

28040 Madrid (España)

RESUMEN

En este trabajo se ha estudiado la composición química, ingestión y digestibilidad *in vivo* de siete cultivos forrajeros de invierno en verde y en diferentes estados de corte: trébol de Alejandría en el estado de floración, raygras italiano principio de encañado y principio de espigado, cebada y avena en principio de encañado y en la zanahoria forrajera, la planta entera y la hierba. La implantación de los cultivos fue en pequeñas parcelas de 1000m² en la finca experimental del Instituto Superior Agronómico (ISA) en Túnez. En ningún momento se aplicó abono a los cultivos. Los contenidos en pared celular no son muy elevados oscilando del 40,8 % al 52,9% y los valores en proteína bruta aceptables (media 13,2%) siendo la zanahoria (planta entera y parte aérea) la que presentó los contenidos más bajos (5,9% y 10,1% respectivamente) y el raygras en principio de espigado (9,66%). Las cantidades ingeridas expresadas en g de MS/kg P^{0,75} fueron relativamente elevadas oscilando del 63,2 para la planta entera de la zanahoria al 96,8 para el trébol de Alejandría. La cebada resultó ser el forraje con los valores más elevados para la mayoría de los coeficientes de digestibilidad y por otro lado el trébol de Alejandría (floración) el menos digestible. El NDIN fue el parámetro químico que presentó una correlación negativa muy estrecha con la digestibilidad de la FND y FAD ($r = -0,956^{***}$ y $r = -0,964^{***}$, respectivamente).

Palabras clave: forrajes en verde, ingestión, digestibilidad, ovino

INTRODUCCIÓN

En Túnez la falta de recursos naturales y la estacionalidad de los mismos limitan la programación de los alimentos del ganado. Así mismo, los forrajes cultivados son limitados en cantidad y calidad siendo el más utilizado la veza-avena, en forma de heno o silo. Por ello, el aprovechamiento de forrajes verdes mediante siega o pastoreo, producidos en regadío podría ser más ventajoso en las pequeñas explotaciones de ganado ovino existentes en este país. Los forrajes tienen un valor alimenticio elevado y proveen nutrientes a menor costo que los alimentos concentrados pero su valor nutritivo es muy variable ya que dependen de factores como la especie de la planta, clima, estado de madurez, diferentes estrategias de cultivo etc. El conocimiento de su valor nutritivo es indispensable ya que además de contribuir a las necesidades energéticas de los animales también proporcionan una cantidad significativa de proteína, de manera que con forrajes de buena calidad fácilmente se pueden suministrar además del 50% de energía un 60 % de las necesidades de proteína (Taminga y Chen 2000). Además la ingestión de los forrajes verdes es otro parámetro de gran interés para el cálculo de las unidades lastre (UL) en la formulación de las raciones para ovino. Dada la importancia y la variabilidad de los forrajes, así como, la laboriosidad y elevado coste de la determinación del valor nutritivo de los alimentos por los métodos *in vivo*, un método de predicción de los diferentes componentes de su valor nutritivo en base a análisis químicos más simples sería de gran interés. El objetivo de este trabajo ha

sido estudiar la composición química, ingestión y digestibilidad *in vivo* de seis cultivos forrajeros de invierno en verde y en diferentes estados de corte: trébol de Alejandría en el estado de floración, ray-grass italiano principio de encañado y principio de espigado, cebada y avena en principio de encañado y en la zanahoria forrajera, la planta entera y la parte aérea y definir si algún parámetro químico se relaciona con el valor nutritivo de los forrajes estudiados.

MATERIAL Y MÉTODOS

La implantación de los cultivos forrajeros de invierno (tabla 1) se realizó en pequeñas parcelas de 1000 m² en la finca experimental del instituto Superior Agronómico (ISA) de Chatt Mariem (Túnez). Las fechas de siembra del trébol de Alejandría, zanahoria forrajera y del ray-grass italiano principio de espigado fue el 15 de noviembre del 2007 y para la de avena, cebada y de ray-grass italiano principio de encañado entre el 14 de octubre y el 10 de noviembre del 2008. En estos últimos cultivos no se realizó ningún corte de limpieza ni de retirada de malas hierbas. En ningún momento se aplicó abono a ningún tipo de cultivo.

Los ensayos de digestibilidad se realizaron en Túnez y se utilizaron para este experimento 10 corderos de la raza autóctona Noir de Thibar con peso medio de 33,2±1,62 kg. Los animales fueron alojados en jaulas metabólicas individuales. Los forrajes en verde de un mismo cultivo fueron evaluados al mismo tiempo en 5 corderos. El período de adaptación fue de 7-10 días, seguido de un período de 7 días de control de la ingestión voluntaria y digestibilidad. Cada día se recogían muestras representativas (20%) del forraje distribuido, del rehusado y de las heces y se conservaron en un congelador (-20°C) para análisis posteriores. Al final de cada período de digestibilidad se pesaron los animales.

Tabla 1. Implantación de los cultivos forrajeros

	Fecha de siembra	Densidad de siembra	Manejo	Estado de corte y Fecha
Trébol de Alejandría 'variedad Meskaoui'	15/11/07	20 kg/ha	Corte limpieza 29/02/08	Floración (del 30/4/08 al 13/05/08))
Zanahoria forrajera	15/11/07	20 kg/ha	Retirada malas hierbas 21/02/08	Parte aérea (del 19/04/08 al 15/04/08) Planta entera (del 05/05/08 al 12/05/08)
Ray Grass italiano	15/11/07	20 kg/ha	Retirada malas hierbas 21/02/08	Principio de espigado (del 10/04/08 al 15/04/08)
	6/11/08	20kg/ha		Principio de encañado (del 13/02/09 al 27/02/09)
Avena 'variedad meliane'	14/10/08	100 kg/ha		Principio de encañado (del 17/03/09 al 31/03/09)
Cebada 'variedad swihli'	10/11/08	100 kg/ha		Principio de encañado (del 02/03/09 al 17/03/09)

Las muestras correspondientes a lo distribuido, a los rehusados y a las heces se desecaron en estufa a 55 °C durante 24 horas y se molieron a tamaño de 1 mm guardándose en botes de plástico para su posterior análisis. Las determinaciones de materia seca (MS), cenizas y fibra bruta (FB) según las

técnicas descritas por la AOAC (2000). El fraccionamiento de la pared celular se realizó de forma secuencial determinándose la fibra neutro detergente (FND) de acuerdo con Van Soest *et al.* (1991) y la fibra ácido detergente (FAD) y lignina ácido detergente (LAD) según Robertson y Van Soest (1981). Los contenidos en nitrógeno ligado a la fibra neutro detergente (NDIN) y ácido detergente (ADIN) se establecieron analizando el N de los correspondientes residuos. El contenido en proteína bruta (PB) se realizó por el método Dumas (AOAC 2000).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La composición química de los forrajes estudiados se indica en la tabla 2. Los resultados de los diferentes parámetros de composición química, en general, no discrepan de los habitualmente indicados en las tablas de composición de alimentos. Dado el carácter independiente de las muestras no se pueden establecer relaciones entre las mismas, si bien para el raygrass aunque no se corresponde el avance del estado de madurez al mismo cultivo y corte, podemos observar como el estado de encañado tiene un mayor contenido en PB (%MS) con respecto al espigado (20,2 vs 9,66, respectivamente) no existiendo variaciones en la pared celular, comportamiento bastante similar a los datos aportados por el INRA (1990, 2007).

Tabla 2. Composición química de los forrajes estudiados

		MO	FB	FND	FAD	LAD	PB	NDIN	ADIN
	% MS	%sobre MS					% sobre N total		
Trébol de Alejandría									
Floracion	20,8	89,7	21,5	51,0	27,7	6,00	14,2	54,0	12,0
Zanahoria forrajera									
Parte aérea	11,5	83,7	18,3	40,8	24,6	2,83	10,1	48,7	14,3
Planta entera	16,0	84,9	28,3	47,1	30,7	3,11	5,91	42,0	14,2
Raygrass									
Principio de encañado	13,1	86,6	22,5	51,3	27,4	12,7	20,2	32,9	4,80
Principio de espigado	20,8	88,9	26,1	52,9	26,9	11,6	9,66	39,2	2,32
Cebada									
Principio de encañado	16,8	89,4	25,3	48,8	24,5	5,48	16,4	24,6	2,18
Avena									
Principio de encañado	21,4	91,0	23,5	52,2	27,9	10,7	15,6	31,0	2,59

Los contenidos de PB de la avena obtenidos en este trabajo (15.6%) son comparables a los encontrados por Olmos *et al.*, (2005) aunque inferiores a los encontrados por Delgado et al (1984) que indican valores del 20,4 y 29,3% dependiendo de si la siembra había sido temprana o tardía. La planta entera de zanahoria fue la que presentó los menores contenidos de PB (5.91%). Hay que señalar los elevados valores de NDIN que presentan todos los forrajes analizados, destacando el trébol de Alejandría con un 54%. Datos aportados por Pepa (2009) con muestras de forrajes verdes de Túnez indican para el trébol de Alejandría, en floración, un valor ligeramente inferior (33,7 %) y para la avena final de encañado un valor de NDIN ligeramente superior (37,9%) que el encontrado en este trabajo.

Los resultados medios de ingestión voluntaria expresados en gMS/kg^{0,75} y en unidades lastre de ovino (ULO) y la digestibilidad de los diferentes forrajes estudiados se indican en la tabla 3. En

general, los valores de la ingestión son mayores que los indicados en las tablas del INRA (1987, 2007), especialmente para el trébol de Alejandría: en este trabajo se han obtenido ingestiones 96,8 gMS/kg^{0,75}, frente a 62 gMS/kg^{0,75} que aportan las tablas del INRA (1978) y los trabajos de Pepa (2009). Sin embargo, en la cebada la ingestión es más alta que los valores del INRA (1978) (66,1 vs 43 g MS/kg^{0,75}, respectivamente). Para la avena, los valores obtenidos para las ULO son idénticos a los publicados por el INRA (2007).

Tabla 3. Ingestión voluntaria (gMS/kg^{0,75}), unidades lastre del ovino (ULO) y digestibilidad (%) de la materia seca (MS), materia orgánica (MO), fibra neutro detergente (FND), fibra ácido detergente (FAD), fibra bruta (FB) y proteína bruta (PB) de los forrajes estudiados

Para cada alimento, las diferencias entre los valores de las digestibilidades de la MO, FND y FAD son mayores en éste trabajo que los valores publicados en las tablas de alimentos del INRA (2007). Así, las digestibilidades de la MO, FND y FAD del raygrass encañado fueron (83,3, 75,5 y 71,7 respectivamente) mientras que el INRA (2007) asigna un valor del 81% a los tres parámetros. Las digestibilidades de la MO y FB del trébol de Alejandría fueron ligeramente superiores (68,8% y 55,9%, respectivamente) a los valores indicados en las tablas del INRA (1978) (66% y 51%, respecti-

	Ingestión voluntaria		Digestibilidad (%)				
	gMS/kg ^{0,75}	ULO	MO	FND	FAD	FB	PB
Trébol Alejandría							
Floración	96,8	0,77	68,8	58,8	54,3	55,9	74,7
Zanahoria forrajera							
Parte aérea	70,2	1,06	69,5	62,3	57,8	57,5	74,1
Planta entera	63,2	1,19	80,0	69,2	65,3	69,2	74,8
Raygrass							
Principio encañado	82,2	0,91	83,3	75,5	71,7	73,3	84,1
Principio espigado	80,1	0,94	76,6	72,9	70,2	75,1	69,1
Cebada							
Principio encañado	66,1	1,13	84,9	80,7	76,32	75,6	83,2
Avena							
Principio encañado	81,3	0,92	80,5	71,7	70,08	68,7	81,6

vamente). Para la avena la digestibilidad de la MO es similar a la de las tablas, sin embargo la digestibilidad de las fibras obtenidas en este trabajo es ligeramente inferior a las que indican las tablas del INRA (2007) (71,7% vs 75%, respectivamente). Los coeficientes de digestibilidad de la MO, FND, FAD y PB encontrados en este trabajo para la cebada son más elevados que los indicados por Olmos *et al.*, (2005) para muestras de cebada al inicio de encañado. Referente a la digestibilidad de la PB de los forrajes estudiados resultó siempre más elevada que los valores aportados en las tablas del INRA.

Los coeficientes de correlación simple entre los distintos parámetros de composición química y coeficientes de digestibilidad evidencian que un aumento del contenido en NDIN disminuye los coeficientes de digestibilidad de la MO, FND, FAD, FB dadas las correlaciones negativas y estrechas que existen entre estos parámetros (tabla 4), especialmente con la digestibilidad de la FND ($r=-0,956$;

P=0,0008) y la FAD (-0,964 P=0,0005). La digestibilidad de la PB está correlacionada con el contenido en PB si bien esta relación ya no es tan estrecha (r= 0,802, P=0,030).

Tabla 4.- Coeficientes de correlación entre la digestibilidad (%), ingestión voluntaria (gMS/kg^{0,75}) y composición química de los forrajes estudiados

	% Digestibilidad					Ingestión
	MO	FND	FAD	FB	PB	
MS	-0,038	-0,023	0,052	-0,217	-0,217	0,094
MO	0,219	0,263	0,317	0,231	0,231	0,247
FND	0,380	0,364	0,423	0,154	0,154	0,487
FAD	0,107	-0,162	-0,115	-0,148	-0,148	0,041
FB	0,602	0,537	0,551	-0,552	-0,068	0,697
LAD	0,387	0,432	-0,115	0,524	0,239	0,485
PB	0,391	0,384	0,374	0,207	0,802*	0,207
NDIN	-0,931**	-0,956***	-0,964***	-0,850*	-0,685	0,392
ADIN	-0,649	-0,784*	-0,824*	-0,761*	-0,404	-0,107
Ingestión	-0,433	-0,439	-0,400	-0,384	-0,079	1,00

P<0,05;** P<0,01;*** P<0,001

CONCLUSIONES

Las cantidades ingeridas expresadas en g de MS/kg P^{0,75} fueron relativamente elevadas y tienden a ser valores más altos que los indicados por las tablas del INRA.

La cebada resultó ser el forraje que presentó los valores más elevados para la mayoría de los coeficientes de digestibilidad y por otro lado el trébol de Alejandria el menos digestible.

La digestibilidad de la FND y de la FAD está correlacionada de forma negativa y estrecha con el NDIN (r= -0,956; P<0,001 y r=-0,964; P<0,001), respectivamente.

AGRADECIMIENTOS

Trabajo financiado con cargo al Proyecto AECI: A/9734/07

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AOAC, (2000). *Official methods of analysis*, 17th Ed. Association of official analytical chemist. Washington (Estados Unidos).

INRA, 1978. Tableaux de la valeur nutritive des aliments. In: *Alimentation des ruminants*. Institut Nationale de la Recherche Agronomique. INRA Publications (Ed), 621 pp. Versailles (Francia).

INRA, 1987 Tables de la valeur nutritive des aliments. In: *Alimentation des bovins, ovins & caprins*. Institut Nationale de la Recherche Agronomique, INRA Publications (Ed), 432 pp. Paris (Francia).

INRA, 2007. Les tables de la valeur des aliments. In: *Alimentation des bovins, ovins & caprins. Besoins des animaux-Valeurs des aliments*. Institut Nationale de la Recherche Agronomique, Quae (Ed), 307 pp.Versailles (Francia).

OLMOS, G.; KELI, A.; DE VEGA, A.; GUADA, J.A., 2005. Empleo de la cebada verde como dieta de invierno para el ganado ovino en pastoreo. Actas de la XLV Reunión Científica de la SEEP, 237-244.

PEPA, X., 2009. *Digestión de forrajes: contrastación de métodos in situ e in vivo*. Master Internacional en Nutrición Animal. CIHEAM (Eds.), 73pp. Zaragoza (España)

ROBERTSON, J.B.; VAN SOEST, P.J., 1981. The detergent system of analysis and its application to human foods. En: *The analysis of dietary fiber in foods*, W.P.T. JAMES, O.THEANDER (Ed.) Marcel Dekker. New York (Estados Unidos), 123-158.

TAMINGA, S.; CHEN, X.B., 2000. Animal-based techniques for the estimation of protein value of forages. In: *Forage Evaluation in Ruminant Nutrition*. D.I. GIVENS *et al.* (Eds.). Publishing, Wallingford, (Reino Unido), pp. 215–231.

VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A., 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarchpolysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.*, 74, 3583-3597.

NUTRITIVE VALUE OF DIFFERENT MEDITERRANEAN WINTER FORAGES

SUMMARY

In this work, we studied the chemical composition, intake and *in vivo* digestibility of five winter forages at different vegetative stages: *Trifolium alexandrinum* at bloom stage, Italian ryegrass at late vegetative and early bloom stages, barley and oats at late vegetative stage and carrots as whole plant and the aerial part only. These forages were cultivated in small areas (1000 m²) in the experimental farm of the Institut Supérieur Agronomique in Tunisia without using fertilizers and they were fed as fresh green forages. NDF contents were not high varying between 40.8 and 52.9% and crude protein contents were acceptable (13.2% as average) with low values for carrots as whole plant or aerial part (5.9 and 10.1% respectively) and for ryegrass at early bloom stage (9.66%). Intake values expressed as g DM / kg W^{0.75} were relatively high varying from 62.2 for whole plant carrots to 96.8 for *Trifolium alexandrinum*. Barley had the highest values for digestibility of different fractions whereas *Trifolium alexandrinum* at bloom stage was the least digestible. N-NDF presented a significant negative correlation with NDF and ADF digestibility ($r = -0.956^{***}$ and $r = 0.94^{***}$ respectively).

Key words: green forages intake, digestibility, sheep

REPOSICIÓN DEL REBAÑO LECHERO: RECRÍA DE NOVILLAS EN PASTOREO

A. I. ROCA FERNÁNDEZ*, A. GONZÁLEZ RODRÍGUEZ* Y J. A. SALVATIERRA RICO

Dpto. de Producción Animal. Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo (CIAM). INGACAL.

Xunta de Galicia. Apdo. 10 - 15080, A Coruña (España)

*anairf@ciam.es, antonio.gonzalez.rodriguez@xunta.es

RESUMEN

Los sistemas de producción de leche que disponen de pasto han de plantearse hacer la recría en la explotación utilizando casi exclusivamente este recurso forrajero. El objetivo de este estudio exploratorio fue evaluar un sistema de reposición del rebaño lechero solo en pastoreo, sin concentrado. En la primavera-otoño del 2009, se realizó un seguimiento a las novillas Holstein-Friesian (n= 39), distribuidas en dos grupos según su fecha de nacimiento: (P) pequeñas y (G) grandes, en alimentación exclusiva de pastoreo rotacional en áreas independientes de praderas de raigrás inglés y trébol blanco. Se controla la altura y calidad del pasto en oferta y se cuantifica el crecimiento de las novillas para conseguir un parto previsto a los dos años. Las ganancias diarias de peso, media de los dos rebaños, fueron de 0,77 kg, algo superiores en las novillas pequeñas (0,83 kg) que en las grandes (0,72 kg). El peso medio a inseminación fue de 420 kg con una condición corporal media de 2,8 (sobre 5) y, una altura de grupa de 137 cm. El porcentaje de preñez, para partos agrupados en la primavera siguiente, fue de un 60%-63% con 27-29 meses de edad para los dos grupos.

Palabras clave: vacuno leche, agrupación de partos, pastoreo rotacional, ganancia diaria peso

INTRODUCCIÓN

La situación actual del sector lácteo pone de manifiesto la necesidad de reducir costes de producción, también en la reposición del ganado. La recría de novillas, que en los sistemas intensivos se viene haciendo en establo con ensilado y concentrado, debe pasar a ser lo más dependiente de los recursos existentes en la propia explotación y, a ser posible de las praderas en pastoreo por ser la fuente más barata para la alimentación del ganado (Roca *et al.*, 2008).

La base para el desarrollo de los sistemas de reposición en pastoreo está en el estudio de los factores que influyen en el crecimiento de las novillas bajo estas condiciones (Hodgson *et al.*, 1977; Vázquez y Saavedra, 1994). La finalidad del manejo de la recría en pastoreo está en lograr una ganancia diaria de peso vivo por animal suficiente para inseminar y parir con éxito, y al mismo tiempo conseguir una eficiente utilización del pasto disponible (Leaver, 1974a). El pastoreo rotacional permite lograr estas ganancias de peso vivo, si el pasto en oferta es de calidad, con un alto contenido en hojas y bajo en tallos y material senescente (Leaver, 1974b). La calidad de los pastos expresada en función de la digestibilidad de la hierba en oferta está muy relacionada con factores, tales como: producción de pasto, altura de la hierba, estructura y composición morfológica de la pradera, contenido y distribución de hojas/tallos y/o de hojas/material senescente (Stakelum y Dillon, 1991), teniendo presente que las novillas son animales mucho más sensibles a cambios en la digestibilidad de la hierba que las vacas (Hodgson, 1968).

Dawson y Carson (2005) recomendaron que la altura de pasto en la primavera, al inicio de la estación de pastoreo, sea de 7-8 cm para prevenir la aparición de tallos y una menor digestibilidad del pasto. Jamieson y Hodgson (1979) encontraron que bajo condiciones similares de manejo, la ingestión de MS resulta inferior en los animales que pastan en otoño que en los de primavera por la menor digestibilidad del rebrote. Las ganancias medias de peso vivo observadas en novillas en pastoreo oscilan, por lo general, entre 0,64 y 1,12 kg/día (Carson *et al.*, 2002). Las novillas pueden alcanzar su máximo potencial de crecimiento con altas ganancias diarias si se consigue maximizar la ingestión de hierba de calidad en su alimentación (Steen, 1994).

El objetivo de este trabajo fue realizar un estudio exploratorio descriptivo de los principales parámetros que influyen en un sistema de recría de novillas: peso vivo, condición corporal, altura de grupa y ganancia media de peso vivo en dos rebaños de diferente edad en pastoreo rotacional de áreas independientes.

MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el CIAM de A Coruña (43°15'N; 81°18'W) durante la primavera-otoño del 2009. El rebaño de novillas Holstein-Friesian (n=39) se dividió en dos grupos según la fecha media de nacimiento: (P) pequeñas (n=20, 28/12/2007) y (G) grandes (n=19, 17/10/2007) y fueron controladas desde el 23 de marzo hasta el 2 de diciembre, para conseguir el parto de los dos grupos en la primavera del año siguiente. La alimentación previa al comienzo del ensayo, desde los 6-8 meses de edad, y durante el mismo, fue exclusivamente de forraje, en pastoreo rotacional de praderas de raigrás inglés y trébol blanco y solamente fueron suplementadas con ensilado de hierba y/o maíz en épocas críticas, cuando la cantidad y/o la calidad del pasto en oferta no resultaron apropiadas para su crecimiento.

La ingestión de pasto fue determinada por diferencia en corte directo de cinco cuadrados de 0,33 m de lado a 4 cm del suelo, de muestras pre- y post-pastoreo. Se determinó también la materia seca (MS) por secado en estufa a 80° C durante 18 h y la calidad del pasto en oferta fue analizada por NIRS System 5000.

Los grupos no suponen dos tratamientos comparativos sino tan solo un seguimiento de las diferentes presiones de pastoreo ejercidas. El manejo en pastoreo fue similar en ambos grupos pastando áreas independientes, se trató de maximizar la ingestión de MS y conseguir buenas respuestas individuales por animal. Se determinó el peso vivo (PV), la condición corporal (CC) y la altura de grupa por animal cada mes y la ganancia media diaria de peso vivo (GDP) por rebaño en el momento de la inseminación y al final del ensayo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Producción, ingestión y calidad del pasto: La presión de pastoreo media fue similar durante el período de observación, 3,83 y 3,88 novillas/ha, para las pequeñas y las grandes, respectivamente. Se logró imponer un manejo del pasto similar en los dos grupos con una altura media de hierba de 16,1 cm pre- y 5,1 cm post-pastoreo, con una producción media de pasto en oferta de 2372 kg pre- y 995 kg MS/ha post-pastoreo. Se observó una tendencia a un mayor contenido en proteína bruta en las praderas pastadas por las novillas grandes, con algo mayor presión de pastoreo y con menores residuos de pasto, que en las pequeñas. También los porcentajes medios de utilización del pasto en oferta fueron algo diferentes, 62% y 67% para las novillas pequeñas y grandes, respectivamente. Este incremento de la

presión de pastoreo, con un aumento del porcentaje de utilización de la hierba, generó una pequeña disminución de la ingestión de pasto en el grupo de las novillas grandes.

Durante el verano principalmente los contenidos en leguminosas de las praderas en pastoreo fueron altos, alrededor del 30%, y con altas proporciones de la relación hojas/tallos y hojas/material senescente, que reflejan una buena calidad del pasto en oferta, tanto en primavera como en otoño, como resumimos en la tabla 1 a través de los parámetros químicos.

Tabla 1. Calidad del pasto en oferta para los dos rebaños en tres períodos: I-vegetativo, II-reproductivo en pasto de primavera-verano y III-en pasto de otoño (medida NIRS).

Calidad del pasto (%) ¹	MS	MO	PB	ADF	NDF	CSA	OMD	IVOMD
I-vegetativo (pasto primavera)	18,1	90,9	15,5	21,2	38,5	22,6	79,0	85,4
II-reproductivo (pasto verano)	19,5	92,4	9,8	26,6	45,4	24,4	76,8	84,8
III-vegetativo (pasto otoño)	13,6	88,6	18,3	29,4	44,9	9,7	72,6	77,8

¹MS= Materia seca; MO= Materia orgánica; PB= Proteína bruta; ADF= Fibra ácido detergente; NDF= Fibra neutro detergente; CSA= Carbohidratos solubles en agua; OMD= Digestibilidad *in vivo* de la materia orgánica; IVOMD= Digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica.

Peso vivo (PV), condición corporal (CC), altura de grupa y ganancia media diaria de peso (GDP): El peso vivo de las novillas aumentó durante el período de estudio desde 190 a 537 kg en las novillas pequeñas y de 200 a 615 kg en las grandes (figura 1a). Al tiempo de la primera cubrición (tabla 2) los pesos vivos fueron satisfactorios en ambos grupos, superiores a los establecidos por el NRC (2001), que recomienda un 55% del PV del adulto al inseminar (Frisona de 330 kg) y un 82% del PV adulto en el primer parto (Frisona de 492 kg).

Tabla 2. Peso vivo, condición corporal y altura de grupa iniciales y a cubrición de los dos rebaños de novillas en pastoreo rotacional (P, pequeñas y G, grandes).

	Pequeñas (P, n=20)		Grandes (G, n=19)	
	Inicio	Cubrición	Inicio	Cubrición
Peso vivo (kg) ¹	337 ± 37,0	399 ± 36,9	426 ± 34,4	480 ± 39,1
Condición corporal (1-5)	2,59 ± 0,147	2,74 ± 0,122	2,79 ± 0,094	2,97 ± 0,115
Altura grupa (cm)	130 ± 4,47	135 ± 3,95	137 ± 2,25	142 ± 1,64

¹Media ± Desviación típica

La ganancia media diaria de peso hasta la cubrición fue de 0,83 kg en las novillas pequeñas y de 0,72 kg en las grandes, valores dentro del rango de los definidos por Carson (2002). En estas ganancias parece influir la presión de pastoreo, como señaló Leaver (1974b) que al aumentar de 6 a 8 animales/ha se produce un descenso en la ganancia de peso de 0,16 kg/día si la novilla es pequeña y de 0,32 kg/día si la novilla es grande.

La presión media de pastoreo durante el estudio fue de 3,85 novillas/ha, fluctuando desde 5,40 al inicio de la primavera a 2,53 novillas/ha en verano-otoño. La producción de pasto disminuyó a medida que avanzaba la primavera y se alcanzaba la sequía en verano, lo cual repercutió en la ganancia media experimentada por los animales (figura 1b). A pesar de disminuir la presión, incrementando superficie de pastoreo, ésta resultó excesiva en agosto reduciéndose la ganancia media de peso en am-

bos grupos a 0,2 kg/día. La entrada en parcelas con un alto porcentaje de trébol (> 50% al comienzo del otoño) hizo que las novillas recuperarán las altas ganancias de peso a niveles de 1,2 kg/día.

Las novillas pequeñas tuvieron ganancias de peso vivo algo mayores que las grandes (0,81 kg vs 0,79 kg), con grandes variaciones durante la época de pastoreo (entre 0,32 y 1,33 kg/día, para las novillas pequeñas y entre 0,14 y 1,48 kg/día, para las grandes). Las menores ganancias individuales se obtuvieron en verano, junio y agosto, en los dos rebaños y las mayores en septiembre cuando consideramos suplementar las novillas pequeñas con 30 kg/día de silo (60% hierba y 40% maíz, con un 30% MS), mientras que desde julio las novillas grandes pastaban en las parcelas con un alto contenido en trébol y no fueron suplementadas.

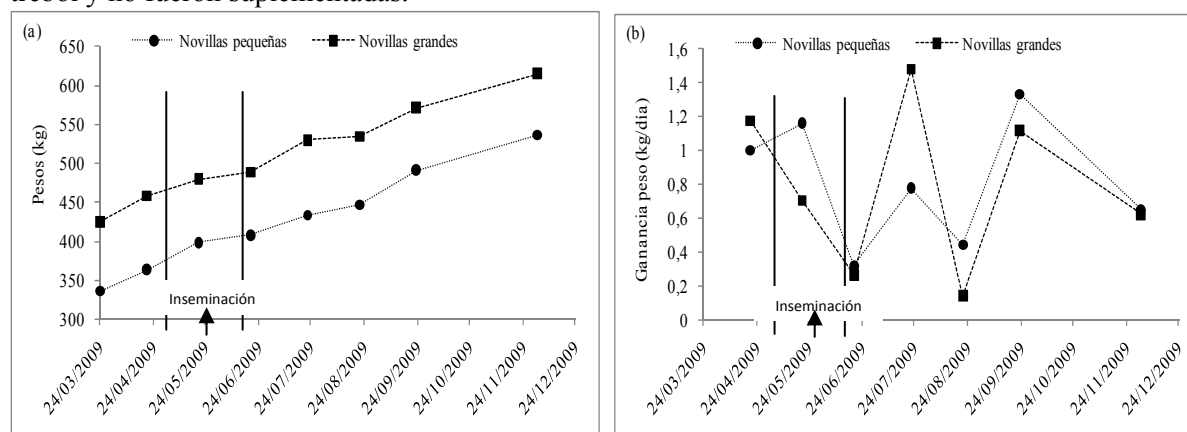


Figura 1. Evolución del peso vivo medio (a) y de la ganancia media diaria de peso (b) en los dos rebaños de novillas en pastoreo rotacional (P, pequeñas y G, grandes).

Carson *et al.* (2002) obtuvieron unas ganancias medias de 0,77 kg/día en novillas desde 17,5 meses a 23 meses, en pastoreo a una presión de 5,8 animales/ha. Leaver (1974b) observó que varios grupos de novillas a igualdad de presiones de pastoreo desde el principio al final de la estación, van disminuyendo las ganancias diarias de peso, debido a una pérdida de calidad del pasto en oferta.

En este ensayo, las novillas pequeñas presentaron una condición corporal (CC) media menor que las grandes a lo largo de todo el estudio, 2,9 vs 3,1 (figura 2a) con un incremento de la CC de 0,52 en las novillas pequeñas y de 0,63 en las grandes. La altura media de grupa (figura 2b) aumentó más en las novillas pequeñas (13 cm) que en las grandes (9 cm), con valores medios al final del período de observación de 144 cm y 146 cm, respectivamente.

Parto previsto: En los sistemas de producción de leche que pretenden lograr un aprovechamiento efectivo del forraje verde es importante la agrupación de partos. Los dos grupos ensayados, pequeñas y grandes, fueron inseminados a los 18 y 20 meses de su nacimiento con vistas a tener partos agrupados a los 27 y 29 meses, resultando un porcentaje de preñez a la primera inseminación del 60% y del 63% en las novillas pequeñas y grandes, respectivamente. Ambos grupos se planificaron para la misma época de partos en primavera, entre febrero y marzo del 2010, para hacer coincidir su pico de lactación con la curva de crecimiento de la hierba. En las novillas grandes se llegó a realizar una segunda inseminación durante este estudio con la que se alcanzó un porcentaje de preñez del 80%.

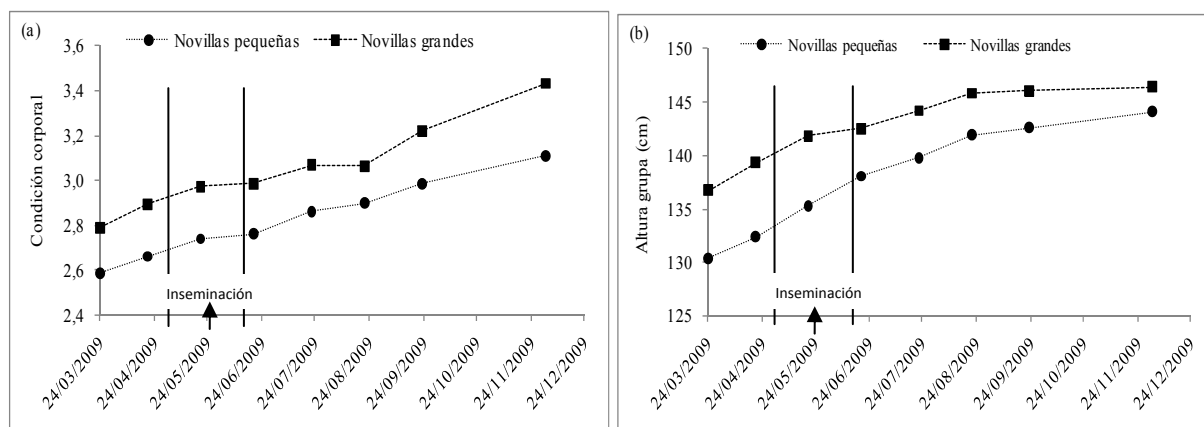


Figura 2. Evolución de la condición corporal media (a) y de la altura media de grupa (b) en los dos rebaños de novillas en pastoreo rotacional (P, pequeñas y G, grandes).

A pesar de las grandes fluctuaciones observadas en las ganancias medias de peso de las novillas (figura 1b), debidas a las variaciones en la presión de pastoreo y a las distintas ingestiones de pasto, fue posible mantener un nivel positivo de desarrollo en los dos rebaños, gracias a las compensaciones de crecimiento que los dos grupos experimentaron entre épocas y que, en definitiva, apenas se reflejaron en el crecimiento experimentado por los dos rebaños. Un sistema de recría en pastoreo puede cubrir de forma satisfactoria las necesidades de reposición del rebaño lechero, garantizando una recría dentro de la propia explotación. El principal beneficio de este sistema proviene de la gran reducción de costes que supone la utilización de los pastos y, del ensilado de forrajes en épocas críticas, sin recurrir a la compra de concentrado lo que encarece mucho los actuales sistemas de recría intensivos.

CONCLUSIONES

El sistema de recría de novillas alimentadas exclusivamente en pastoreo resulta una estrategia útil a implementar en las explotaciones que desean reducir sus costes de producción y, que pueden disponer de forrajes verdes como su principal fuente de alimentación.

Se necesita realizar una adecuada gestión de los recursos existentes en la explotación, conociendo los principales factores que controlan el crecimiento de las novillas en pastoreo y procurando un adecuado manejo del rebaño. La presión de pastoreo es un factor determinante en las ganancias de peso vivo que experimentan las novillas y se recurre a la suplementación con ensilado cuando se observa un déficit o una falta de crecimiento vegetal.

Los principales parámetros, como ganancias diarias de peso, peso vivo a cubrición, condición corporal, altura media de grupa y porcentaje de preñez estuvieron dentro de los estándares deseados con un parto previsto a los 28 meses para este sistema de recría.

AGRADECIMIENTOS

A todo el personal de campo y de laboratorio del CIAM por su colaboración y puesta en marcha de este estudio de recría de novillas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CARSON, A. F.; DAWSON, L. E. R.; McCOY, M. A.; KILPATRICK, D. J.; GORDON, F. J., 2002. Effects of rearing regime on body size, reproductive performance and milk production during the first lactation in high genetic merit dairy herd replacements. *Animal Science*, **74**, 553-565.

- DAWSON, L. E. R.; CARSON, A. F., 2005. Grazing systems for dairy herd replacements. En: *Calf and heifers rearing*, P. C. GARNSWORTHY (Ed.). Nottingham University Press. Nottingham (United Kingdom), 253-276.
- HODGSON, J., 1968. The relationship between the digestibility of a sward and the herbage consumption of grazing calves. *Journal of Agricultural Science*, **70**, 47-51.
- HODGSON, J.; RODRÍGUEZ CAPRILES, J. M.; FENLON, J. S., 1977. The influence of sward characteristics on the herbage intake of grazing calves. *Journal of Agricultural Science*, **89**, 743-750.
- JAMIESON, W. S.; HODGSON, J., 1979. The effect of daily herbage allowance and sward characteristics upon the ingestive behavior and herbage intake of calves under strip-grazing management. *Grass and Forage Science*, **34**, 261-271.
- LEAVER, J. D., 1974a. Grazing management for dairy calves and heifers. *Irish Grassland and Animal Production Association Journal*, **9**, 71-74.
- LEAVER, J. D., 1974b. Rearing of dairy cattle. 5. The effect of stocking rate on animal and herbage production in a grazing system for calves and heifers. *Animal Production*, **18**, 273-284.
- NRC (National Research Council), 2001. *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. 7th rev. ed. National Academy Press, 408 pp. Washington, D. C. (United States of America).
- ROCA FERNÁNDEZ, A. I.; GONZÁLEZ RODRÍGUEZ, A.; VÁZQUEZ YÁÑEZ, O. P., 2008. Efecto de la carga ganadera y de la suplementación en pastoreo sobre la producción sostenible de leche. En: *Pastos, clave en la gestión de los territorios: Integrando disciplinas*, FERNÁNDEZ REBOLLO, P. et al. (Eds). Consejería de Agricultura y Pesca. Córdoba (España), 469-476.
- STAKELUM, G.; DILLON, P., 1991. Influence of sward structure and digestibility on the intake and performance of lactating and growing cattle. En: *Management Issues for the Grassland Farmer in the 1990's*, C. S. MAYNE (Ed.). British Grassland Society. Hurley (United Kingdom), 30-42.
- STEEN, R. W. J., 1994. A comparison of pasture grazing and storage feeding, and the effects of sward surface height and concentrate supplementation from 5-10 months of age on the lifetime performance and carcass composition of bulls. *Animal Production*, **58**, 209-219.
- VÁZQUEZ YÁÑEZ, O. P.; SAAVEDRA PEREIRA, R., 1994. Análisis de la condición corporal y su relación con la reproducción del ganado vacuno lechero en pastoreo. *Pastos*, **24(2)**, 217-232.

REPLACEMENT OF DAIRY HERD: REARING OF HEIFERS AT PASTURE

SUMMARY

Milk production systems based on pastures as the main farm resource have to consider making the rearing on the farm. The aim of this study was to evaluate a system for dairy herd replacement feeding grass and silage, without concentrate. In the spring-autumn 2009, a trial was conducted with Holstein-Friesian heifers (n=39), divided into two herds according to their calving date: (P) small and (G) large. Heifers grazed mainly rotationally pastures of perennial ryegrass and white clover and, factors such as height and sward quality were controlled for an adequate development of heifers performance around two years calving. Daily average live weight gains in both herds were of 0.77 kg on pasture feeding, higher in the small heifers (0.83 kg) than in the large (0.72 kg). Average live weight to insemination was of 420 kg with an average body condition score of 2.8 (out of 5) and, a rump height of 137 cm. The percentage of pregnancy heifers was of 60%-63%, with synchronization calving in next spring at 27-29 months of age.

Key words: dairy cattle, synchronization calving, rotational grazing, daily live weight gain

EFFECTO DE LA PRESIÓN DE CORTE SOBRE LA PRODUCCION PRIMARIA NETA Y LA CALIDAD EN PASTOS ANDINOS DEL PERÚ

B. YALLI HUAMANI¹, J. CONTRERAS PACO², H. GUILLEN DOMÍNGUEZ² Y J. BARTOLOMÉ FILELLA³

¹Programa de Mejora en Camélidos Sudamericanos-PROCASUD-Facultad de Ciencias de Ingeniería de la Universidad Nacional de Huancavelica. Perú.

²Centro de Investigación y Desarrollo de Camélidos Sudamericanos (CIDCS)-Lachocc-UNH

³Departamento de Ciencia Animal y de Alimentos de la Universidad Autónoma de Barcelona- España.

RESUMEN

Se evaluó el efecto de tres intensidades de corte sobre la producción primaria neta y el contenido de proteína bruta en dos hábitats pascícolas de la puna andina: el bofedal y el pajonal. En dos parcelas clausuradas de 100 m² en cada hábitat se delimitaron 16 subparcelas de 1m², para someterlas a diferentes tratamientos: siega del pasto a ras del suelo (presión alta), a mitad de la altura (presión media), a ¾ partes de la altura (presión baja) y sin cortar (control). Cinco meses después se volvieron a cortar todas a ras del suelo.

La presión de corte provocó una disminución de la producción respecto al control, pero en el pajonal se observó que no había diferencias entre intensidades de corte. En el bofedal la producción disminuyó a medida que aumentaba la intensidad de corte. En cuanto al contenido en proteína, la fracción verde del pajonal no mostró diferencias significativas entre tratamientos pero la fracción seca presentó menor contenido en las parcelas control. En el bofedal el contenido de proteína aumentó a medida que aumentaba la intensidad de corte. Se concluye que la intensidad de corte tiene efectos sobre la producción y la calidad.

Palabras clave: Pajonal, bofedal, intensidad de corte, proteína bruta.

INTRODUCCIÓN

En Perú, la superficie que ocupan los pastos llega a cerca de 19,6 millones de ha (15% de la superficie actual), distribuidas en la Costa (18%), en la Sierra (70,2%) y en la selva (5%) y constituyen el principal sustento de la población ganadera nacional: 97% de los ovinos, 70% de los vacunos, 80% de los equinos y el 100% de los camélidos (MINAG, 2006). La mayoría de los sistemas de producción de rumiantes en las zonas alto andinas utilizan básicamente las asociaciones de pastos naturales como único recurso alimentario. Este es el caso de bofedales, formaciones en matas siempre verdes de crecimiento lento, y pajonales, formaciones gramínoideas donde predomina la biomasa aérea seca, los cuáles, en general, son de bajo valor nutritivo. Desde hace algún tiempo, los pastos andinos se encuentran en un estado de degradación y deterioro como consecuencia de la intensificación del uso comunal del territorio, que conlleva fenómenos como exceso de carga ganadera, falta de rotación del pastoreo o crianza mixta de animales, que compiten por el mismo recurso (Bryant *et al.*, 1989; Podwojewski, 2002). En consecuencia es necesario encontrar alternativas que a partir de una adecuada intensidad de pastoreo permita a la vegetación recuperarse e incluso mejorar su producción y calidad.

El objetivo de este estudio ha sido determinar el efecto de diferentes intensidades de corte, a diferente altura de la planta, sobre la producción primaria neta (PPN) y la calidad, estimada a partir del contenido en proteína bruta (PB), en bofedales y pajonales de los Andes centrales peruanos.

MATERIAL Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en la unidad de Ranramocco del Centro de Investigación y Desarrollo de Camélidos Sudamericanos Lachoc (CIDCSL), de la Universidad Nacional de Huancavelica, ubicado a 12°46'06" latitud Sur y 74°58'17" longitud Oeste, en plena puna seca. La zona está situada a 4300 m s.n.m., con una temperatura media anual de 9,3°C y precipitación media anual de 704 mm. Topográficamente se encuentra en una pendiente suave con pastoreo continuo de alpacas. A finales del 2008 se clausuraron dos áreas de 100m², una en el hábitat del bofedal (dominado por *Calamagrostis rigescens* y *Hipchoeris taraxacoides*) y otra en el hábitat del pajonal (dominado por *Festuca dolichophylla* y *Calamagrostis vicunarum*), dentro de cada una se delimitaron 16 subparcelas de 1m² con un diseño de bloques completamente al azar. Las subparcelas se distribuyeron en cuatro bloques distanciados, con cuatro tratamientos en cada bloque: intensidad alta (IA), corte a 0 cm.; intensidad media (IM), corte a mitad de la altura.; intensidad baja (IB), corte a ¾ partes de la altura y un control (C), sin corte.

El primer muestreo se realizó segando el pasto en el pico máximo de crecimiento de la vegetación (febrero de 2009) y el segundo segando todas las parcelas a ras del suelo, en el mes de julio, al final del crecimiento. Como en el caso del pajonal se diferenciaba perfectamente la fracción seca y verde de la vegetación, las muestras se separaron en estas dos fracciones. Todas las muestras se secaron a 60°C durante 48 h. El contenido en proteína bruta (PB) se determinó mediante el análisis Micro Kjeldahl (AOAC, 1980) y la materia seca se determinó después de secar las muestras a 105°C.

El diseño experimental fue conducido bajo un diseño de bloques completamente al azar, analizados y procesados a través del paquete estadístico SAS V9.3 (SAS Institute, Inc.), mediante el modelo general lineal (GLM). Donde hubo diferencias significativas, la separación de medias se determinó mediante el test de Duncan al nivel de 5 % de probabilidad.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos muestran que en los dos hábitats estudiados (pajonal y bofedal) la intensidad de corte provocó una disminución de la producción primaria neta (PPN) respecto al control (Fig. 1). Así en las parcelas control del bofedal la producción media fue de 484 g ± 145 g MS/m² mientras que en las parcelas con intensidad de corte alta la producción media fue mucho más baja, 119 g ± 52 g MS/m². Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Vargas *et al.* (1991) y Bautista *et al.* (2003), quienes también observan un incremento de la producción a medida que disminuye la intensidad de corte. En el caso del pajonal se observó que a pesar de seguir la misma tendencia que en el bofedal, no hubo diferencias entre las intensidades de corte. La producción fue superior en este hábitat, con una media de 673 g ± 351 g MS/m² en las parcelas control, debido probablemente a la acumulación interanual de material seco que caracteriza a las especies dominantes. En estas parcelas la fracción seca representó el 65% del total de la producción. Bajo intensidad de corte alta la producción del pajonal fue tan sólo de 97 g ± 30 g MS/m².

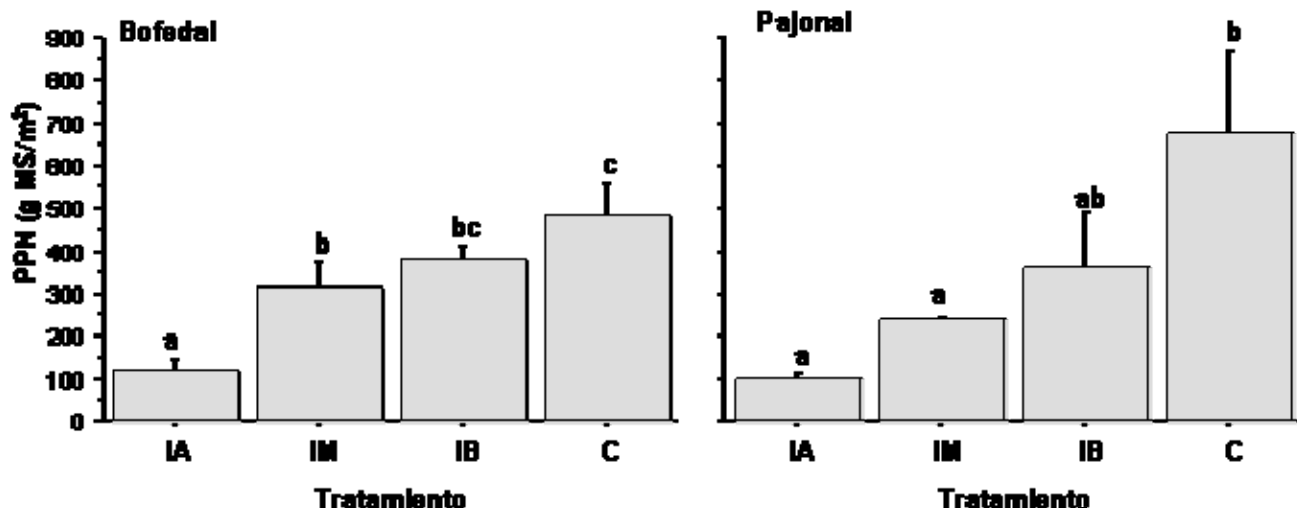


Figura 1. Producción Primaria Neta (PPN) media de los pastos de los dos hábitats estudiados según la intensidad de corte (IA: alta; IM: media; IB: baja; C: control). Las barras sobre las columnas indican el error estándar y diferentes letras sobre las barras indican diferencias significativas entre tratamientos (test de Duncan, $p < 0,05$).

En relación a la calidad del pasto, los resultados muestran que, sin ser valores elevados, el contenido de proteína bruta en el bofedal es superior al del pajonal (Fig. 2) y además aumenta con la intensidad de corte, pasando de un 8% en las parcelas control a un 13% en las parcelas sometidas a intensidad alta.

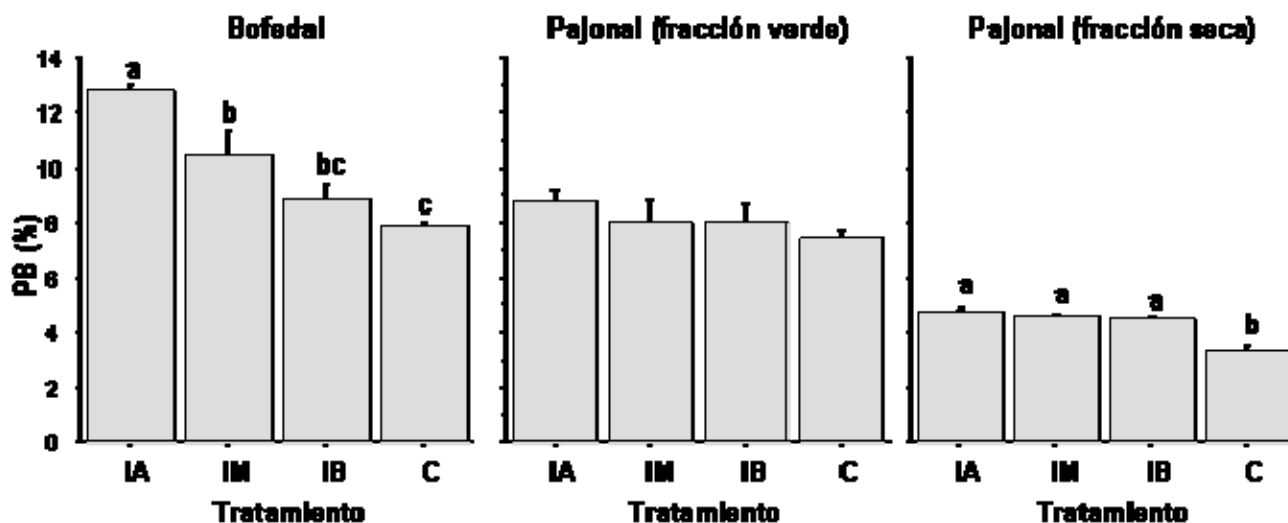


Figura 2. Contenido medio en Proteína Bruta (PB) de los pastos de los dos hábitats estudiados según la intensidad de corte (IA: alta; IM: media; IB: baja; C: control). Las barras sobre las columnas indican el error estándar y diferentes letras sobre las barras indican diferencias significativas entre tratamientos (test de Duncan, $p < 0,05$).

En el caso del pajonal, la fracción verde contenía sólo un promedio de 8,2% de proteína y no se observaron diferencias significativas entre tratamientos. Otros autores obtuvieron valores del orden del 10% para la misma comunidad vegetal (Chancayauri, 1999), por lo que es probable que en cuanto a su calidad los pajonales de la región de estudio se encuentren cerca del límite del interés ganadero. Curiosamente la fracción seca si mostró diferencias entre la parcela control y el conjunto de tratamientos, indicando que el corte aumentaría el contenido de proteína bruta, independientemente de la intensidad. Sin embargo hay que tener en cuenta que los niveles son muy bajos (3,7% en la parcela control

y un promedio de 4,6% para el conjunto de tratamientos), como es habitual en esta fracción (Tapia y Florez, 1984).

CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos, se concluye que en los pastos de la puna andina la intensidad de corte en el momento de máximo crecimiento tiene un efecto significativo sobre la producción primaria neta y el contenido de proteína de los mismos. Concretamente, en los bofedales el incremento de la presión de pastoreo estaría inversamente relacionada con la producción y directamente relacionada con la calidad. En los pajonales esta relación no es tan evidente, pero el corte en general también produciría una disminución de la producción y un cierto aumento del contenido en proteína, aunque sólo en la fracción seca del pasto. Estos resultados ponen de manifiesto que la gestión sostenible de estos hábitats requiere de una gran precisión en ajustar las necesidades del ganado a la oferta alimentaria.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido realizado gracias a la colaboración de la Fundación Autónoma Solidaria y a la financiación obtenida en la Quinta Convocatoria de Ayudas a la Investigación en Ecología y Biología de la Conservación de la Fundación BBVA (BIOCON08-059).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASOCIACION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC).1980. Official Methods of Analysis Association of Official Agricultural Chemist. Washington D.C. (U.S.A.) 125 p.
- BAUTISTA J.; ESCALIER G.; MAMANI P.; COPA S.; MARÍN W. 2003. Productividad de bofedales según carga animal para dos épocas en Ulla Ulla. III Congreso Mundial sobre Camélidos Sudamericanos y Taller Internacional de DECAM Potosí, Bolivia. Ingeniería Zootecnia, Instituto de Investigaciones, Unidad Académica Campesina Tiahuanaco, Universidad Católica Boliviana “San Pedro” (Bolivia), pp 457-460.
- BRYANT, F.C.; FLOREZ, A.; PFISTER, J. 1989. Sheep and alpaca productivity on high Andean reingelands in Peru. *Journal of Animal Science*, **67**: 3087-3085.
- CHANCAYAURI, C., 1999. *Evaluando la dinámica de la producción primaria, composición florística y valor nutritivo de pastizales dominados por Festuca dolichophylla y Calamagrostis vicunarium en respuesta a la quema prescrita frontal*. Tesis Ing. Zootecnista. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima (Perú).
- MINAG, 2006, Ministerio de Agricultura Portal Agrario. [www/minag.gob.pe](http://www.minag.gob.pe)
- PODWOJEWSKI, P.; POULENARD, J.; ZAMBRANA, T.; HOFSTEDE, R. 2002. Overgrazing effects on vegetation cover and properties of volcanic ash soil in the páramo of Llangahua and La Esperanza (Tungurahua, Ecuador). *Soil Use and Management*, **18** (1): 45-55.
- TAPIA NUÑEZ, M. E.; FLORES OCHOA, J. 1984. Pastoreo y Pastizales de los Andes del Sur. *Instituto Nacional de Investigación y Promoción Agropecuaria*: 256-263.
- VARGAS, L.; OSCARNOA, G.L; FLORES, E.1991. *Estructura y dinámica estacional de bofedales, pajonales de iru-ichu y tolares en el ecosistema de puna seca*. Informe Interno. Proyecto Alpacas, Conv. INIA-CORPUNO-COTESU/IC. Peuno, Perú.

**EFFECT OF THE PRESSURE OF CUTS ON THE NET PRIMARY PRODUCTION AND
THE QUALITY IN ANDEAN GRASSES OF THE PERU**

SUMMARY

The effect of three cutting intensities on net primary production and the crude protein content was evaluated in two grassland habitats of the Andean puna, the 'bofedal' and the 'pajonal'. Two plots of 100 m² were excluded from grazing in both habitats. In each case, 16 subplot of 1m² were delimited and different treatments were conducted: cutting the grass at ground level (high-grazing pressure), cutting at half height (medium-grazing pressure), cutting to $\frac{3}{4}$ parts of the height (low-grazing pressure) and without cutting (control). Subsequently all the subplots were cut again at ground level five months after. In both environments (pajonal and bofedal) the cutting intensity led to a decline of the net primary production in comparison to the control, but in the case of pajonal there were no differences between the different cutting intensities. In the case of bofedal, the production decreased as the cutting intensity increased. In terms of the protein content, we found no significant differences between treatments in the pajonal, but in the bofedal the protein content increases as the cutting intensity did. To conclude, the cutting intensity has an impact on production and quality of these grasslands.

Key Words: pajonal, bofedal, cutting intensity, crude protein.

RELACIÓN DE LOS ÁCIDOS GRASOS DE LA LECHE CON LOS PRODUCTOS INTERMEDIARIOS DE LA BIOHIDROGENACIÓN DE ÁCIDOS LINOLEICO Y LINOLÉNICO EN VACAS EN PASTOREO

E. MORALES-ALMARÁZ, A. MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ, A. GONZÁLEZ, A. SOLDADO, B. DE LA ROZA-DELGADO Y F. VICENTE.

Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario (SERIDA). Área de Nutrición, Pastos y Forrajes. Apdo. 13. 33300 Villaviciosa (Asturias)

RESUMEN

El ácido linoleico conjugado (CLA) es producido en el rumen como resultado de la hidrogenación del ácido linoleico de la hierba o sintetizado en el tejido mamario mediante la conversión del ácido vacénico que, a su vez, tiene como origen los ácidos linoleico y linolénico de la hierba. Tres grupos de cuatro vacas en lactación y una canulada en rumen, vacía y seca cada uno fueron utilizados en un diseño cuadrado latino para estudiar la relación existente entre los productos intermediarios de la hidrogenación ruminal de los ácidos grasos de la hierba y la excreción de ácidos grasos poliinsaturados en leche en vacas con diferentes tiempos de acceso al pasto. Los resultados obtenidos indican que cuando se incrementa la proporción de pasto ofertado a vacas lecheras se incrementa la concentración de ácido vacénico y linolénico en el líquido ruminal, observándose una relación directa entre la concentración de CLA en la leche con la concentración de ácido vacénico en el rumen, lo que confirmaría que el principal origen del CLA en leche sería la síntesis *ex novo* a partir de la desaturación del vacénico.

Palabras clave: Pasto, CLA, ácido vacénico, Δ^9 -Desaturasa.

INTRODUCCIÓN

La grasa de la leche esta compuesta de ácidos grasos con alto grado de saturación y ha sido relacionada con el incremento de lipoproteínas de baja densidad y de colesterol, aunque también presenta componentes funcionales con efectos positivos en la salud humana como el ácido linoleico conjugado (CLA) al que se le atribuyen propiedades beneficiosas como la reducción de la incidencia de tumores en modelos animales y humanos. La presencia en leche de CLA está relacionada con la biohidrogenación (BH) en el rumen del ácido linoleico (Bauman *et al.*, 2006). No obstante, su concentración en la leche proviene mayoritariamente de la síntesis *ex novo* en la glándula mamaria por acción de la enzima Δ^9 -desaturasa sobre el ácido vacénico producido en el rumen. El pH ruminal y el aporte de ácidos grasos poliinsaturados (AGPI) afectan significativamente la BH del ácido linoleico (Troegeler-Meynadier *et al.*, 2003) y como consecuencia al contenido de sus intermediarios en el rumen y su concentración en leche. Por ello es importante que el aporte de ácidos grasos (AG) en la dieta de las vacas propicie las condiciones ruminales idóneas para la síntesis y excreción de AG específicos con efectos beneficiosos. El objetivo del presente trabajo fue evaluar la relación entre los productos de la hidrogenación ruminal de los AGPI con la excreción de ácidos grasos insaturados en leche en vacas con diferentes tiempos de acceso al pasto.

MATERIAL Y MÉTODOS

Doce vacas Holstein en producción y tres vacas vacías y secas canuladas en rumen, fueron agrupadas en tres grupos de cuatro vacas en lactación y una canulada, en un diseño cuadrado latino 3*3. La alimentación consistió en una dieta completa mezclada (TMR) compuesta de ensilado de maíz, heno de hierba, paja de cereal y concentrados, ofertada *ad libitum* en la estabulación y complementada con distintos tiempos de pastoreo rotacional. Los tratamientos fueron: HH00, consumo exclusivo de la dieta TMR; HH06, oferta *ad libitum* de TMR complementada con seis horas de pastoreo; HH12, acceso a la TMR más 12 horas de pastoreo. El estudio comprendió tres periodos experimentales con 14 días de adaptación y siete de control. Se realizaron dos ordeños diarios registrándose la producción total de leche y el consumo diario de TMR. El consumo de hierba en pastoreo se estimó mediante el cálculo de las necesidades de energía neta de los animales (Maccon *et al.*, 2003). El último día de la fase de control, coincidiendo con los ordeños de las vacas en lactación, se muestreó el líquido ruminal en las vacas canuladas.

La composición química del pasto y TMR fue analizada mediante NIRS y el fraccionamiento de la fibra según Van Soest *et al.* (1991). El análisis de la concentración de AG en los alimentos se realizó aplicando la técnica de Sukhija y Palmquist (1988) modificada por Palmquist y Jenkins (2003). Las muestras de leche de ambos ordeños fueron mezcladas proporcionalmente a la producción de cada uno de ellos y analizadas para su contenido en proteína, grasa y lactosa y ácidos grasos mediante según el método de Christie (1982) con modificaciones de Chouinard *et al.* (1999) previa extracción de la grasa. En el líquido ruminal se analizó el contenido de nitrógeno amoniacal mediante Kjeldahl, ácidos grasos volátiles por HPLC y AG con la misma técnica que en los alimentos. En todas las muestras, la cuantificación de los AG fue mediante cromatografía de gases-masas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La composición de la TMR y de la hierba se detalla en la tabla 1. Los tratamientos HH00 y HH06 presentaron el mayor ($P < 0,001$) consumo de TMR (20,6 y 19,4 kg MS/d, respectivamente) frente al tratamiento HH12 con un consumo de 14,4 kg MS/d. El consumo de forraje en el tratamiento HH12 duplicó ($P < 0,001$) el pasto consumido en HH06 (7,7 vs. 3,4 kg MS/d, respectivamente). Estas diferencias no se tradujeron en variaciones en la ingestión total de AG ($0,746 \pm 0,02$ kg/d).

Los tratamientos no afectaron a la producción de leche (37,7 kg/d) ni al contenido de proteína (32,0 g/kg) y lactosa (46,9 g/kg), pero sí al contenido de grasa que disminuyó ($P < 0,001$) linealmente con el aumento del tiempo de pastoreo de 35,3 a 31,1 g/kg para HH00 y HH12, respectivamente. Los sistemas de producción de ganado lechero en pastoreo han mostrado menor contenido de grasa en leche comparado con animales mantenidos en estabulación (White *et al.*, 2001).

El perfil de AG en leche se describe en la tabla 2. A excepción del contenido de ácido capríco (C6:0), mayor ($P < 0,05$) en HH00 y HH12 que en HH06, no se observaron diferencias en la concentración de AG de cadena corta ni media entre tratamientos.

El tratamiento HH12 presentó la mayor concentración de ácido linolénico en leche, sin observar diferencias en el contenido de ácido linoleico entre tratamientos. Un mayor contenido de ácido linolénico en leche es frecuentemente observado en vacas consumiendo pastos de alta calidad, porque este AG es el más abundante en la hierba. La concentración de ácido vacénico en la grasa de la leche

en HH00 y HH06 fue inferior que en HH12, mientras que el contenido de CLA de HH12 duplicó a la producida en HH00.

Tabla 1. Valores medios de la composición química y contenido de ácidos grasos de los alimentos.

	TMR	Pasto
Materia seca, %	61,9	15,0
% de la MS		
Materia orgánica	92,0	89,6
Proteína bruta	13,4	21,5
Fibra neutro detergente	46,2	45,4
Fibra ácido detergente	26,4	22,9
Extracto etéreo	3,9	2,8
Energía neta para lactación (Mcal/kg MS) ¹	1,90	1,67
Ácidos grasos (g/100 g AG)		
C6:0	0,34	0,30
C8:0	0,03	0,07
C10:0	0,04	0,15
C12:0	0,32	0,39
C14:0	32,81	22,79
C16:0	0,04	0,16
C16:1	0,03	0,09
C18:0	3,35	1,87
C18:1 <i>cis</i> 9	31,92	3,01
C18:2 <i>cis</i> 9 <i>cis</i> 12	29,29	19,66
C18:3 <i>cis</i> 9 <i>cis</i> 12 <i>cis</i> 15	2,20	50,88
C20:0	0,06	0,37
C22:0	-	0,23

¹NRC (2001)

La relación acético:propiónico aumentó al disminuir el tiempo de pastoreo en el muestreo de mañana, mientras que el resto de indicadores de la fermentación ruminal: pH (6,4), proporciones (mol/100 mol) de acético (67,4), propiónico (18,6) y butírico (13,9) y concentración de nitrógeno amoniacal (26,0 mg/dL) no se vieron alterados por el efecto de la interacción tiempo de pastoreo*momento de muestreo. La falta de efectos significativos del tiempo de pastoreo en las variables de fermentación ruminal podría estar relacionada con el similar aporte de FND de la TMR y del forraje fresco del pasto.

La tabla 3 describe la concentración de AG en el líquido ruminal de las vacas canuladas. La interacción del tiempo de pastoreo*momento de muestreo del líquido ruminal afectó exclusivamente los ácidos C18. Los tres tratamientos mostraron una menor concentración de ácido esteárico en el muestreo de tarde, coincidiendo con el incremento del contenido de ácidos oleico y linoleico. Esto podría explicarse por una menor hidrogenación, disminuyendo el contenido de esteárico en rumen, al ser éste el producto final de ambos AG insaturados. El contenido de ácido vacénico en el líquido ruminal fue marcadamente superior en el tratamiento HH12, siendo 37 y 47% más alto que en los tratamientos HH06 y HH00, respectivamente.

Tabla 2. Perfil de ácidos grasos en leche de vacas consumiendo TMR y diferentes tiempos de pastoreo.

Ácidos grasos (g/100 g AG)	Tratamientos			EEM	P <
	HH00	HH06	HH12		
C6:0	2,91 ^a	2,76 ^b	2,96 ^a	0,055	*
C8:0	0,92	0,94	1,01	0,096	NS
C10:0	2,93	2,97	3,02	0,105	NS
C11:0	0,05	0,06	0,06	0,008	NS
C12:0	2,47	2,56	2,47	0,177	NS
C13:0	0,02	0,03	0,02	0,005	NS
C14:0	12,29	12,43	12,39	0,178	NS
C14:1	0,37	0,38	0,46	0,055	NS
C15:0	0,80	0,86	0,81	0,040	NS
C16:0	36,83	36,75	35,39	0,672	NS
C16:1	1,03	0,97	0,89	0,067	NS
C17:0	0,30	0,36	0,34	0,042	NS
C17:1	0,09	0,07	0,09	0,009	NS
C18:0	12,39	12,38	12,04	0,337	NS
C18:1 <i>cis</i> -9	22,33	22,23	22,52	0,505	NS
C18:1 <i>trans</i> -11	1,81 ^b	1,88 ^b	2,87 ^a	0,074	***
C18:2 <i>cis</i> -9 <i>cis</i> -12	1,84	1,60	1,51	0,096	NS
C18:2 <i>cis</i> -9 <i>trans</i> -11	0,46 ^b	0,55 ^b	0,89 ^a	0,029	***
C18:3 <i>cis</i> -9 <i>cis</i> -12 <i>cis</i> -15	0,07 ^b	0,12 ^{ab}	0,18 ^a	0,021	**
C20:0	0,02	0,03	0,02	0,006	NS

^{a-c} Letras diferentes en la misma fila indican diferencias significativas: * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$; *** $P < 0,001$; NS: No Significativo ($P > 0,05$).

Tabla 3. Contenido de ácidos grasos en líquido ruminal muestreado en dos momentos del día en consumiendo TMR complementada con diferentes tiempos de pastoreo.

Hora(H) ¹	Mañana			Tarde				P <		
	HH00	HH06	HH12	HH00	HH06	HH12	EEM	H	T	H*T
C6:0	3,71	4,52	5,33	6,82	6,38	3,85	0,485	NS	NS	NS
C8:0	0,000	0,013	0,006	0,023	0,016	0,010	0,003	NS	NS	NS
C12:0	0,000	0,050	0,050	0,025	0,015	0,017	0,009	NS	NS	NS
C14:0	0,56	0,47	0,46	0,50	0,57	0,46	0,040	NS	NS	NS
C15:0	0,60	0,37	0,46	0,30	0,36	0,31	0,049	NS	NS	NS
C16:0	32,93	32,25	29,35	33,48	32,61	31,31	0,374	NS	*	NS
C16:1	0,00	0,00	0,03	0,05	0,04	0,00	0,009	NS	NS	NS
C17:0	0,23	0,21	0,15	0,15	0,15	0,13	0,020	NS	NS	NS
C17:1	0,03	0,08	0,05	0,04	0,03	0,11	0,022	NS	NS	NS
C18:0	48,97 ^a	46,64 ^{ab}	46,49 ^{ab}	38,58 ^b	39,76 ^b	40,05 ^b	1,237	*	NS	*
C18:1 <i>c</i> 9	5,47 ^b	6,18 ^{ab}	5,70 ^b	9,75 ^a	8,86 ^a	9,46 ^a	0,508	*	NS	*
C18:1 <i>t</i> 11	3,96	4,72	8,06	4,25	5,16	7,71	0,289	NS	*	NS
C18:2 <i>c</i> 9 <i>c</i> 12	3,29 ^b	4,11 ^{ab}	3,50 ^b	5,78 ^a	5,48 ^a	5,46 ^a	0,259	*	NS	*
C18:3 <i>c</i> 9 <i>c</i> 12 <i>c</i> 15	0,06	0,17	0,20	0,09	0,35	0,86	0,062	NS	*	NS
C20:0	0,18	0,20	0,16	0,13	0,15	0,20	0,019	NS	NS	NS

¹ Momento de muestreo del líquido ruminal

^{a-c} Letras diferentes en la misma fila indican diferencia significativa: * $P < 0,05$; NS: No Significativo ($P > 0,05$).

La concentración de ácido linolénico en el líquido ruminal fue mayor en el tratamiento HH12, cuyo nivel fue 50 y 86% superior que los tratamientos HH06 y HH00, respectivamente. El pastoreo influye en la concentración de ácido linoleico en el rumen, bien al inhibir su isomerización o acelerando su hidrogenación a ácido vacénico, debido a la baja estabilidad del ácido ruménico, elevando, por consiguiente, el vacénico en el rumen. Troegeler-Meynadier *et al.* (2006) observaron una baja producción de ácido ruménico a partir de ácido linoleico que era inmediatamente reducido a ácido vacénico. Éste es más tolerante al pH, observando una inhibición de la reducción final de ácido vacénico a esteárico. Esto explicaría los resultados observados en el contenido de ácido vacénico en el líquido ruminal, que fue marcadamente superior en HH12.

La variación en el ambiente ruminal podría actuar directamente sobre la actividad enzimática o sobre la población bacteriana, conduciendo a una inhibición de la isomerización y de la segunda reducción del ácido linoleico, disminuyendo la formación de ácido esteárico, pero manteniendo la de vacénico. Los dos primeros pasos, isomerización y primera reducción del ácido linoleico se realizan en corto tiempo, pero el último paso, la reducción de ácido vacénico a esteárico, es limitada (Harfoot y Hazlewood, 1997). Esto confirmaría que la menor proporción de CLA en leche procede de la síntesis ruminal a partir de la BH del ácido linoleico por la flora ruminal (Griinari y Bauman, 1999). Su presencia en la leche es mayoritariamente originada por la desaturación del ácido vacénico en la ubre (Griinari *et al.*, 2000) por acción de la enzima Δ^9 -desaturasa, introduciendo un doble enlace *cis* en la posición del carbono 9. Esta enzima actúa de modo similar con el ácido esteárico absorbido siendo transformado en oleico.

En nuestro trabajo no encontramos relación alguna entre la concentración de ácido linoleico del líquido ruminal con su concentración en la leche ni con sus derivados ruménico, vacénico o esteárico. Ahora bien, hay una correlación positiva entre el ácido linolénico del rumen, proveniente del pasto principalmente, con la concentración de éste ácido en leche ($r=0,45$). La relación del ácido linolénico del rumen con sus derivados de la hidrogenación, vacénico y esteárico, en la leche fue de escasa entidad. Mientras que las concentraciones de ácido vacénico en rumen y leche están directamente relacionadas ($r=0,54$), el esteárico, producto resultante de la hidrogenación ruminal, presenta una escasa relación entre las concentraciones del líquido ruminal y la leche ($r=0,14$). Ahora bien, se observó una importante relación del CLA excretado en la grasa de la leche con la concentración de ácido vacénico en el rumen, con una correlación positiva de 0,71, confirmando que la síntesis endógena de CLA es cuantitativamente más importante para su concentración en leche. Asimismo, la acción de la Δ^9 -desaturasa es importante en la transformación en la glándula mamaria del ácido esteárico a oleico, observándose una correlación de 0,64 entre la concentración en rumen del primero con la concentración de oleico en leche.

CONCLUSION

El incremento del tiempo de pastoreo se reflejó en una mayor ingestión de AGPI, especialmente de ácido linolénico y crearía las condiciones favorables en el ambiente ruminal para el proceso de BH de los AGPI y formación de AG intermediarios, principalmente de ácido vacénico en el tratamiento con más tiempo de pastoreo, lo que se relacionó con la mayor concentración en la leche de ácido ruménico.

AGRADECIMIENTOS

Trabajo financiado por el proyecto INIA RTA 2007-0058-C02. La estancia y estudios de doctorado de Ernesto Morales-Almaráz están financiados por CONACYT-México.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAUMAN, D. E.; MATHER, I. H.; WALL, R. J.; LOCK, L. A., 2006. Major Advances Associated with the Biosynthesis of Milk. *Journal of Dairy Science*, **89**, 1235-1243.
- CHOUINARD, P. Y.; CORNEAU, L.; BARBANO, D. M.; METZGER, L. E.; BAUMAN, D. E., 1999. Conjugated linoleic acids milk fatty acid composition and inhibit milk fat secretion in dairy cows. *Journal of Nutrition*, **129**, 1579-1584.
- CHRISTIE, W. W., 1982. A simple procedure for rapid transmethylation of glycerolipids and cholesterol esters. *Journal of Lipid Research*, **23**, 1072-1075.
- GRIINARI, J. M.; BAUMAN, D. E., 1999. Biosynthesis of conjugated linoleic acid and its incorporation into meat and milk in ruminants. En: *Advances in Conjugated Linoleic Acid Research*, M. P. YURAWECZ. et al. (Eds.). AOCS Press, Champaign, IL (USA), Vol.1, 180-200.
- GRIINARI, J. M.; CORL, B. A.; LACY, S. H.; CHOUNIARD, P. Y.; NURMELA, K. V. V.; BAUMAN, D. E., 2000. Conjugated linoleic acid is synthesized endogenously in lactating cows by delta 9-desaturase. *Journal of Nutrition*, **130**, 2285-2291.
- HARFOOT, C. G.; HAZLEWOOD, G. P., 1997. Lipid metabolism in the rumen. En: *The Rumen Microbial Ecosystem*. P. N. HOBSON (Ed.). Elsevier London (UK), 382-426.
- MACCOON, B.; SOLLENBERGER, L. E.; MOORE, J. E.; STAPLES, C. R.; FIKE, J. H.; PORTIER, K. M., 2003. "Comparison of three techniques for estimating the forage intake of lactating dairy cows on pasture." *Journal of Animal Science*, **81**, 2357-2366.
- NRC, 2001. *Nutrient requirements of dairy cattle 7th rev.* National Research Council, National Academy Press, Washington, DC (USA).
- PALMQUIST, D. L.; JENKINS, T. C., 2003. Challenges with fats and fatty acid methods. *Journal of Animal Science*, **81**, 3250-3254.
- SUKHIJA, P. S., PALMQUIST, D. L., 1988. Rapid method for determination of total fatty acid content composition of feedstuffs and feces. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **36**, 1202-1206.
- TROEGELER-MEYNADIER, A.; BRET-BENNIS, L.; ENJALBERT, F., 2006. Rates and efficiencies of reactions of ruminal biohydrogenation of linoleic acid according to pH and polyunsaturated fatty acids concentrations. *Reproduction Nutrition Development*, **46**, 713-724.
- TROEGELER-MEYNADIER, A.; NICOT, M. C.; BAYOURTHE, C.; MONCOULON, R.; ENJALBERT, F., 2003. Effects of pH and concentrations of linoleic and linolenic acids on extent and intermediates of ruminal biohydrogenation in vitro. *Journal of Dairy Science*, **86**, 4054-4063.
- VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J. B.; LEWIS, B. A., 1991 Methods of dietary, neutral detergent fiber and non starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, **74**, 3583-3597.
- WHITE, S. L.; BERTRAND, J. A.; WADE, M. R.; WASHBURN, S. P.; GREEN, J. R.; JENKINS, T. C., 2001. Comparison of fatty acid content of milk from Jersey and Holstein cows in early lactation. *Journal of Dairy Science*, **84**, 2295-2301.

RELATIONSHIP BETWEEN MILK FATTY ACIDS AND INTERMEDIATE PRODUCTS OF RUMINAL BIOHYDROGENATION IN GRAZING COWS

SUMMARY

The conjugated linoleic acid (CLA) is synthesised by ruminal biohydrogenation of linolenic acid or desaturation of vaccenic acid in mammary gland. A trial with three groups of four dairy cows and a ruminal cannulated cow were undertaken to study the relationship between the intermediate products of ruminal biohydrogenation of grass fatty acids and unsaturated fatty acids in milk in dairy cows with different grazing time. The results showed that increasing proportion of grass in the diet of dairy cows increases the concentration of vaccenic and linolenic acids in the ruminal fluid, showing a direct relationship between milk CLA concentration and rumen vaccenic acid. It would confirm that the main source of CLA in milk is *ex novo* synthesis from desaturation of vaccenic acid.

Key words: Grass, CLA, vaccenic acid, Δ^9 -Desaturase

SEGUIMIENTO DE UNA EXPLOTACIÓN ECOLÓGICA DE ENGORDE DE TERNEROS A BASE DE CULTIVOS FORRAJEROS Y CEREALISTAS

F. LÓPEZ-i-GELATS, X. SUCH, J. BARTOLOMÉ Y X. ALABERN

Departament de Ciència Animal i dels Aliments, Grup de Recerca en Agricultura, Ramaderia i Alimentació en la Globalització,
Universitat Autònoma de Barcelona, 08193 Bellaterra (Cerdanyola del Vallès)

RESUMEN

La producción de ganado bovino es la producción ecológica más importante en Cataluña. El número de ganaderos de bovino ecológico se ha incrementado en los últimos años. Sin embargo el engorde sigue siendo una fase crítica de este tipo de ganadería e impide su mayor propagación. Es necesario adaptar mejor la fase de engorde a las características del campo rural catalán. El objetivo de este estudio es evaluar un modelo de engorde de bovino ecológico basado en cultivos forrajeros y cerealistas. Para ello llevamos a cabo en 2009 un seguimiento de una explotación situada en la comarca de La Segarra (Cataluña). Los terneros provenían de explotaciones del Pirineo donde pasaron los primeros meses de su vida junto a sus madres. Una vez destetados fueron trasladados a la explotación que nos ocupa para su engorde a base de cultivos forrajeros y cerealistas de la misma explotación. Se ha evaluado la composición química y cantidad de los cultivos utilizados; el índice de conversión y ganancia media diaria, el peso, estado de engrasamiento y conformación de la canal. También se llevó a cabo un análisis sanitario del estado parasitológico de los animales. Se concluye que el empleo de cultivos forrajeros y cerealistas adaptados a la climatología de la zona constituye un modelo de engorde ecológico de terneros apropiado, aunque hay que seguir trabajando para buscar alternativas que faciliten a los ganaderos el cumplimiento del mínimo de 60% de forraje en la dieta.

Palabras clave: yero, fenogreco, canal, Bruna de los Pirineos

INTRODUCCIÓN

Las profundas transformaciones que han tenido lugar durante las últimas décadas en el mundo rural, tanto en el entorno natural como en el contexto social y los patrones de consumo, han provocado que en segmentos cada vez más importantes de las sociedades de los países occidentales haya crecido la conciencia de la necesidad de difundir prácticas agrícolas respetuosas con la naturaleza y el bienestar animal, así como también que incorporen a la dieta alimentos más saludables. La percepción que la producción ecológica puede alcanzar este objetivo está cada día más extendida. De hecho, la producción ecológica cada año gana más peso en el campo catalán. Cada vez más agricultores y ganaderos se plantean la posibilidad de reorientar sus actividades hacia la producción ecológica. En el caso de Cataluña, más de la mitad de las explotaciones ganaderas ecológicas son de bovino y uno de los problemas con que se enfrentan es la dificultad de emprender el proceso de engorde de terneros.

El objetivo general de este trabajo es evaluar el modelo de engorde llevado a cabo por una granja cerealista que produce su propio alimento ecológico para el cebo de terneros. Los objetivos específicos son: evaluar las posibilidades de aprovechar los recursos forrajeros y cerealistas de la propia explotación para el engorde de terneros; llevar a cabo un seguimiento de los índices técnicos de

este modelo de engorde; estimar la calidad de la canal producida; y finalmente realizar un seguimiento del estado parasitológico de los terneros a la entrada en la explotación y durante el engorde.

Descripción general de la explotación

La granja estudiada se encuentra en la comarca de La Segarra, en Cataluña. El clima de la zona es Mediterráneo, concretamente Mediterráneo continental seco. La explotación dispone de 70 ha, de las cuales 60 ha son en propiedad y 10 ha en régimen de arrendamiento. Parte de la superficie está destinada al cultivo de productos para el consumo humano y el resto para el cebo ecológico de los terneros. Actualmente las rotaciones de cultivos que realiza están diseñadas para aportar la alimentación de 40 animales al año. Aparte del corrector vitamínico-mineral y pacas de heno de la explotación donde los terneros fueron criados, aproximadamente hasta el destete, no se compra ningún otro componente de la dieta. Los cultivos que se llevaron a cabo en 2008, se indican en la Tabla 1. Unas 10 ha se dejaron en barbecho.

Tabla 1. Descripción de los cultivos realizados en 2008 para la alimentación animal.

Cultivos	Destino	Superficie(ha)	Rendimiento (kg/ha)
Cebada (<i>Hordeum vulgare</i>)	grano	11,5	4.000
Cebada (<i>Hordeum vulgare</i>)	heno	1,5	5.000
Avena (<i>Avena sativa</i>) y fenogreco (<i>Trigonella foenum-graecum</i>)	grano	5	2.500
Yero (<i>Vicia ervilia</i>)	grano	5,5	900
Guisante (<i>Pisum sativum</i>)	grano	2,5	2.500
Esparceta (<i>Onobrychis viciifolia</i>) y festuca (<i>Festuca sp.</i>)	pasto	1.5	4.500
Habas (<i>Vicia faba</i>)	grano	3	3.000
Avena (<i>Avena sativa</i>) y veza (<i>Vicia sativa</i>)	heno	10	4.000

En general, las rotaciones de cultivos que se practican en esta explotación siguen el modelo cereal/leguminosa con cultivos forrajeros intercalados. En algunas ocasiones un cultivo de cereal precede a otro de cereal, y cuando esto sucede se añade abono durante la preparación del terreno. Cuando el cereal cultivado se encuentra asociado a una leguminosa, la posibilidad de abonar depende del historial de cada parcela.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se llevaron a cabo una serie de muestreos y cálculos acerca de un lote de 8 terneros de la raza Bruna de los Pirineos (5 machos y 3 hembras), que llegaron a la granja procedente de una explotación de cría del Pirineo y con edades comprendidas entre 4 y 10 meses. Los análisis y muestreos realizados han sido los siguientes:

- Determinación de las producciones y valores nutritivos (materia seca, fibra neutro detergente, fibra ácido detergente, residuo insoluble, cenizas y proteína bruta) de los distintos productos utilizados en el cebo de los terneros.
- Pesaje de los terneros en cada una de las tres fases del proceso de engorde.
- Evaluación del estado parasitológico de los terneros mediante coprología cualitativa por flotación y sedimentación bifásica.

- Análisis del rendimiento y conformación de la canal.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Fases del proceso de engorde

El manejo que se lleva a cabo en esta granja se puede dividir en tres fases claramente diferenciadas, que pasamos a describir a continuación:

a) Fase de adaptación: en esta primera fase que dura 10 días, los terneros se encuentran en un pequeño recinto de 50 m² con abrevadero. Los animales durante este periodo se alimentan exclusivamente con heno procedente de prados de siega de la explotación dónde fueron criados.

b) Fase de pre-engorde: en esta fase que dura 50 días, los animales tienen acceso a 4 ha de bosque, dónde lo que pastan es insignificante. Adicionalmente, durante este periodo se les ha racionando diariamente una parcela de pasto de esparceta y festuca (0,6 ha). También se les proporciona heno de la explotación en origen. A partir del día 30, y hasta el final de esta fase la cantidad del pienso que se les proporciona se va incrementando.

c) Fase de engorde: es la fase final del proceso de engorde, y se realiza exclusivamente en una nave abierta por delante y con techo. Durante este periodo, cuya duración puede oscilar entre 3 y 6 meses, en función de la evolución de cada ejemplar y también de la demanda de carne que tiene el ganadero, a los terneros se les proporciona pienso *ad limitum*, heno de avena (y veza) y también heno de cebada.

Composición química del forraje y pienso utilizados

En general los datos de composición química determinados (Tabla 2) son los que cabría esperar para cada uno de los cultivos. Destaca que los valores de proteína bruta tanto de la cebada como del guisante, también en menor medida de la avena, son ligeramente superiores (2%) a lo esperado según las tablas de la Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal (FEDNA). Hay que remarcar también la utilización de distintas leguminosas (especialmente guisante, yero y fenogreco) que contienen factores antinutritivos y que podrían dificultar la digestibilidad del conjunto de la ración.

Tabla 2. La composición química del forraje y pienso utilizados.

	Heno en origen	Heno de cebada	Heno de avena y veza	Pasto de esparceta y festuca	Avena en grano	Guisante	Yero en grano	Fenogreco en grano	Cebada en grano
Peso Fresco(g)	156,5	128,9	290,6	390,3	442,0	396,5	423,0	184,9	450,7
MS (g)	138,4	92,4	91,2	109,7	64,4	340,9	264,1	163,2	387,3
CZ/MS (%)	7,6	10,9	11,1	7,7	3,8	3,1	3,8	4,3	2,8
PB/MS (%)	8	10,5	8,6	10,4	11,4	22,6	25,1	29,4	14,3
FND/MS (%)	64,1	65,0	69,6	45,5	30,7	9,5	11,0	27,6	15,7
FAD/MS (%)	35,5	38,7	41,8	32,0	15,9	6,6	7,5	11,3	6,1
LAD/MS (%)	2,4	3,3	3,3	4,5	1,3	0,4	0,8	0,7	0,7

Nota: La composición del pienso utilizada es: 50% de cebada, 21% de avena, 6% de yero, 15% de guisante, 4% de fenogreco y 4% de corrector. Las muestras se secaron durante 48h a 70 °C y para la obtención de la materia seca (MS) se volvieron a secar a 103 °C durante 24h. Los valores que se muestran en esta tabla son promedios de 2 muestras. Siendo CZ, cenizas; PB, proteína bruta; FND, fibra neutro detergente; FAD, fibra ácido detergente; LAD, lignina ácido detergente.

Es importante tener en cuenta también que las fuentes de proteína utilizadas, esencialmente el yero y el fenogreco, son cultivos tradicionales que se adaptan muy bien a las condiciones edáficas y climáticas regionales y suponen una aportación muy destacable en comparación con fuentes proteicas más comúnmente utilizadas en manejo convencional, como es el caso de la soja y la alfalfa, que son cultivos que presentan unos requerimientos en fertilización y tratamientos fitosanitarios mucho más importantes. De hecho el elevado valor nutritivo del fenogreco y el yero son a menudo destacados en la bibliografía (p.e. Acharya *et al.*, 2006).

Evolución de los índices técnicos

El estrés del destete, la adaptación a la nueva ubicación y el transporte, son las causas más comúnmente descritas para explicar que los pesos de los animales no aumente en los primeros días del engorde (Gardin, 2000), como puede observarse en la Tabla 3. Aunque en este caso puede también deberse a la alimentación a base de heno que se les da en estos días. Los valores de ganancia media diaria (GMD) resultantes se encuentran ligeramente por debajo de los valores habituales de la raza Bruna de los Pirineos al finalizar un engorde convencional, que es según Serra (2001) de aproximadamente 1,63 kg /animal y día. Sin embargo, Casasús *et al.* (2008) observaron valores similares en engorde de terneros ecológicos de parto otoñal, en que los animales fueron trasladados a prados de alfalfa con aproximadamente 6 meses y recibían un suplemento diario de 2 kg de cebada por animal. El valor promedio de GMD obtenido en nuestro lote es de 1,36 kg /animal y día, con un peso vivo final de 462 kg y un periodo de engorde de 175 días. Cabe destacar que ninguna de las tres hembras presentó GMD superiores a 1.

Tabla 3. Índices técnicos detectados en el engorde del lote de terneros.

	Peso (kg)	Consumo medio diario (kg MS/día)	Consumo de MS de forraje (%)	Ganancia media diaria (kg /día)
Entrada (día 0)	224			
Fase 1 (día 10)	224	7,5	100	0
Fase 2 (día 60)	265	6,6	67,9	0,82
Fase 3 (día 175, promedio)	462	13,6	42,6	1,71
Total		10,0	49,4	1,36

Nota: El día del sacrificio de los animales varía en un par de semanas.

Como puede observarse en la Tabla 3, el consumo medio diario que hemos detectado en nuestros terneros es de 10 kg de MS, mientras que el consumo total estimado ha sido de 1878,8 kg de MS. En general, este grupo de terneros durante el proceso de engorde consumieron 10% de pasto, 39,4% del resto de forrajes y 50,6% de pienso. Por consiguiente, la ingesta total de forraje ha sido de 49,4%. El porcentaje es pues inferior al 60% prescrito por la normativa de producción ecológica. El índice de conversión (kg de MS ingerida/kg de incremento de peso) que hemos identificado se ha situado en un promedio de 9,1. Cabe señalar que se ha observado un elevado grado de variabilidad de 5,5 a 11,1, que atribuimos en gran medida a la heterogeneidad original del lote. Como era esperable, los índices de conversión fueron superiores en hembras (10).

Rendimiento y conformación de la canal

Los pesos de las canales en caliente observadas en el lote han sido como era de esperar heterogéneos, desde animales con un peso de 200 kg hasta animales de 350 kg. Por lo que respecta al rendimiento de la canal, Serra (2001), en terneros de Bruna y con un manejo convencional y una dieta muy similar a la descrita en este estudio, a base de pienso concentrado y suplemento de forraje, detectó rendimientos de la canal cercanos al 60%. En nuestro caso los rendimientos observados son sensiblemente inferiores, con un promedio de 56,6%. Parece que esta diferencia se debe a los distintos requerimientos entre el cebo ecológico y el convencional, fundamentalmente la menor ingesta de concentrado en el caso del ecológico. Serra (2001) también se encontró con pesos de canales en caliente superiores, de 320 kg, para animales que fueron sacrificados, como en nuestro caso, alrededor del año de vida.

Tabla 4. Pesos y rendimientos de las canales.

	Peso vivo día del sacrificio (kg)	Peso de la canal en caliente (kg)	Rendimiento de la canal (%)	Rendimiento cárnico (%)
Promedio	462	261,6	56,6	69,4

El rendimiento cárnico medio que hemos obtenido ha sido del 69,4%, que implica un promedio de unos 180 kg de carne vendida por animal. Así, para la producción de 1 kg de carne se ha invertido casi 11 kg de MS de ingesta. De éstos, 1,1 kg ha sido en forma de pastos, 4,3 kg en forma de otros tipos de forrajes, y 5,6 kg en forma de pienso. En referencia a los valores de engrasamiento, todos los ejemplares corresponden a un 2 en el sistema E.U.R.O.P., como en los casos de estudio descritos por Albertí *et al.* (1997) para terneros de raza Bruna. Las canales pues presentan una ligera cobertura de grasa y músculos casi siempre aparentes. Por lo que respecta a la conformación, las canales correspondían a un valor de U en el sistema E.U.R.O.P., lo que significa que las conformaciones de las canales eran muy buenas, con los perfiles convexos y un fuerte desarrollo muscular.

Análisis sanitario del estado parasitológico de los terneros

Los resultados muestran que la carga parasitaria de los animales ha sido baja o muy baja tanto en el momento de su llegada a la explotación como a lo largo del proceso de cebo. La evolución ha sido diversa en cada animal, pero de forma general los animales presentan cargas bajas de parásitos intestinales. Ninguna de las muestras analizadas presenta valores que impliquen consecuencias clínicas para los animales, como además confirma el aspecto saludable de los mismos. La cantidad de ooquistes de coccidios es aparentemente insignificante, probablemente por el tipo de explotación de origen de los animales. La cantidad de huevos de gastrointestinales tampoco no es alarmante, por tratarse de terneros que pastan y sin tratamientos antihelmínticos. Algunas muestras presentaban ooquistes de *Buxtonella sulfata* que suele considerarse apatógeno.

CONCLUSIONES

El engorde ecológico de terneros de la explotación evaluada muestra que sigue parámetros similares a los descritos en otras granjas ecológicas con animales de la misma raza. El cumplimiento del mínimo de 60 % de forraje en la dieta de los terneros de cebo es un aspecto crítico. Es necesario considerar otros modelos de gestión que faciliten la consecución de este objetivo, como podría ser el caso de la utilización de *unifeed* o de forrajes de mayor calidad. Cuando el pienso es proporcionada a los

animales *ad libitum* es más complicado, como es el caso de la explotación que se ha estudiado. Finalmente, hay que destacar la utilización de cultivos tradicionales como el yero y el fenogreco, que han mostrado muy buenos resultados nutritivos, y podrían ser alternativas a otros con mayores requerimientos y muy menores grados de adaptación a las condiciones de la región Mediterránea, como la soja y la alfalfa.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACHARYA, S.N.; THOMAS, J.E.; BASU, S.K., 2006. Fenugreek: an “old world” crop for the “new world”. *Biodiversity*, 7, 27-30.
- ALBERTÍ, J.A.; GONZÁLEZ DE CHÁVARRI, E., 1997. Situación actual y Perspectivas del subsector vacuno de carne en España. En: *Vacuno de Carne: aspectos claves*. C. BUXADÉ, (ed.). Mundi Prensa. Madrid (España), 40-54.
- CASASÚS, I.; JOY, M.; SANZ, A.; BOIX, M.; DE DELÀS, P., 2008. *Bovieco. Producció Bovina Ecològica*. Àrea de Formació de la Unió de Pagesos de Catalunya, 15 pp. Barcelona (España).
- GARDIN, T., 2000. Principios de comportamiento animal para el manejo de bovinos y otros herbívoros en condiciones extensivas. En: *Livestock Handling and Transport*. T. GARDIN, (ed.). CABI Publishing, Wallingford (UK), 63-85.
- SERRA, X., 2001. *La raça Bruna dels Pirineus: Qualitat de la canal i de la carn. Característiques bioquímiques del múscul Longissimus Thoracis en set races autòctones*. Tesis doctoral. UAB, 178 pp. Barcelona (España).

MONITORING OF AN ORGANIC CATTLE FATTENING FARM ON LEGUME FODDER AND CEREAL CROPS: A CASE STUDY

SUMMARY

Cattle farming are the most common organic production system in Catalonia. The number of organic cattle farmers has increased in the last years considerably. However, the fattening process still constitutes a critical phase and hinders a major spread of this kind of operations. There is thus the need to better adapt the fattening systems to the characteristics of the Catalan countryside. The aim of the study is to evaluate a particular organic cattle fattening system on legume fodders and cereal crops. Hence, the way a specific farm from the county of La Segarra (Catalonia) works was monitored in 2009. The calves came from rearing farms in the Pyrenees, where they had spent their first months with their mothers. Once the calves have been weaned, they are moved to the fattening farm under consideration in this study. The nutritive value and quantity of the feedstuff, the conversion index, the daily average gain of weight and the carcass quality traits have been considered. A parasitological survey was also conducted. We conclude that the utilisation of traditional legume fodders and cereal crops constitute an adequate system fattening cattle organically. However, it is necessary to study new options to perform the 60% of forage required by the organic farming standards.

Key words: bitter vetch, fenugreek, carcass, the Pyrenean Brown cattle breed

EFFECTO DEL SISTEMA DE CRIANZA DE CORDEROS EN PRODUCCION ECOLOGICA SOBRE LA COMPOSICIÓN EN ACIDOS GRASOS DE SU CARNE

V. CAÑEQUE¹, C. LÓPEZ CARRASCO⁴, O. LÓPEZ¹, S. LAUZURICA², C. PÉREZ³, M.T. DÍAZ¹,
M. RAMOS⁵ Y J. DE LA FUENTE²

¹Dpto. Tecnología de los Alimentos. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA). Ctra. A Coruña km. 7,5, 28040 Madrid. ²Dpto. Producción Animal. Facultad de Veterinaria (UCM). Avenida Puerta de Hierro S/N 28040 Madrid. ³Dpto. Fisiología Animal. Facultad de Veterinaria. (UCM). Avenida Puerta de Hierro S/N 28040 Madrid. ⁴C.I.A. Dehesón del Encinar, (J.C. Castilla la Mancha), 45560 Oropesa (Toledo). ⁵Centro de Agricultura Ecológica y de Montaña (CAEM), Avda España, 43, 10600 Plasencia (Cáceres).

RESÚMEN

Se han estudiado cuatro sistemas de engorde en producción ecológica variando el momento del destete (sin destete, destete a 45 días y a 60 días) y el sistema de cebo en los destetados a los 45 días (en pasto o en aprisco) utilizando un pienso ecológico para cebo en todos los tratamientos hasta el sacrificio que tuvo lugar a los 26 kg.

La composición del pasto en ácidos grasos varía ampliamente con el mes de pastoreo debido a las condiciones climáticas de la zona (dehesa de Oropesa en Toledo) lo que hace variar sustancialmente el contenido en ácido linolénico (C18:3) condicionando los resultados finales.

El crecimiento de los corderos en pastoreo fue inferior (220 g/día) que el resto de los tratamientos (280 g/día). El rendimiento a la canal fue mejor en los criados con la madre hasta el sacrificio (49,61 %) en relación al resto de los tratamientos (45,22 %).

Los corderos destetados a los 60 días y cebados posteriormente hasta los 26 kg presentaron la mejor calidad de la carne desde el punto de vista de la salud del consumidor. Los corderos criados con la madre hasta el sacrificio presentaron en su carne un mayor contenido en ácidos grasos saturados (SFA) y menor en monoinsaturados (MUFA) y poliinsaturados (PUFA).

Palabras clave: destete, pasto, aprisco, salud, engrasamiento.

INTRODUCCIÓN

El consumidor demanda cada vez más alimentos sanos, nutritivos y con buenas características organolépticas que permitan mejorar su calidad de vida. La grasa es uno de los componentes más importantes que afectan al valor nutritivo de la carne y a sus características organolépticas. La carne de ovino en nuestro país, presenta generalmente un contenido elevado de grasas saturadas ligado en parte al sistema intensivo de crianza que se utiliza. Estas grasas saturadas dan lugar a problemas en la alimentación humana ya que aumentan el nivel de colesterol en sangre. Existe sin embargo la posibilidad de reducir el contenido en estos ácidos grasos saturados mediante el empleo de sistemas de alimentación más extensivos que debido al mayor contenido en ácidos grasos poliinsaturados (PUFA) de los pastos permite aumentar su nivel en la grasa de la carne.

En la producción ecológica los corderos deben permanecer en pastoreo una parte de su periodo de engorde que puede ser más o menos largo pudiendo llegar a la totalidad del mismo en zonas donde

se dispone de pasto. La calidad del pasto sin embargo varía sensiblemente con la zona y la época del año, lo que afecta a la calidad final de la carne.

En el presente trabajo se pretende estudiar diversos sistemas de producción de carne de ovino en producción ecológica aumentando el tiempo de permanencia de los animales en pastoreo con la madre así como el periodo de lactancia.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se utilizaron un total de 48 corderos nacidos como simples procedentes de un rebaño de ovejas de raza Talaverana existente en la finca “El Dehesón del Encinar” donde fueron criados los corderos hasta su sacrificio. A partir de los 10 días de nacimiento, los corderos salieron al pasto con sus madres durante el día teniendo a disposición un pienso de iniciación. A partir de los 35 días de vida se hicieron 4 lotes al azar de la siguiente forma:

1. Lote 1: los corderos permanecieron con la madre hasta el sacrificio manteniéndose en pastoreo y con acceso a un pienso de cebo.
2. Lote 2: los corderos se destetaron a los 45 días de edad y se cebaron en el aprisco con pienso de cebo y paja a voluntad.
3. Lote 3: destete a los 45 días de edad y cebo en pastoreo con pienso de cebo y paja a voluntad hasta el sacrificio.
4. Lote 4: destete a los 60 días de edad y cebo en aprisco con pienso de cebo y paja a voluntad hasta el sacrificio.

El pienso de cebo estaba constituido por ingredientes ecológicos con un contenido en proteína bruta sobre materia seca del 14,5%.

El pastoreo de los corderos se realizó con las madres hasta el destete sobre parcelas de 1 ha de superficie con una producción controlada al comienzo de pastoreo de 3800 kg de MS/ha siendo su composición a base de 55% de leguminosas, 20% de especies introducidas como *Trifolium subterraneum* L., *T. michelianum* Savi, *T. incarnatum* L. y *T. resupinatum*, el 35% de tréboles autóctonos como *T. ceernum* Brot., *T. campestre* Schreb y *T. tomentosum* L., 13% de gramíneas (*Lolium multiflorum* Lam y *Vulpia* sp.) y el resto diversas especies como *Anthemis mixta* L., *Cerastium glomeratum* Thuill, *Spergula arvensis* L., *Erodium moschatum* L., *Silene gallica* L. y *Plantago lagopus* L. La composición en ácidos grasos del pasto y del pienso se indica en la tabla 1.

Tabla 1. Composición en ácidos grasos del pienso de cebo y del pasto (%).

Ácidos Grasos	Pienso	Pasto de Abril	Pasto de Mayo	Pasto de Junio
<i>Mirístico (C14:0)</i>	0,29	1,24	1,74	1,67
<i>Palmítico (C16:0)</i>	15,29	26,15	27,84	27,16
<i>Estearico (C18:0)</i>	4,98	10,30	12,68	13,69
<i>Oléico (C18:1)</i>	33,82	15,98	11,67	12,01
<i>Linoléico (C18:2)</i>	41,50	14,79	28,88	33,08
<i>Linoléico (C18:3)</i>	3,85	26,11	9,07	5,60
<i>EPA (C20:5)</i>	-	0,22	0,65	0,64
<i>DHA (C22:6)</i>	-	0,60	0,95	-
<i>n6/n3</i>	10,78	0,55	2,71	5,30

Los corderos se pesaron semanalmente controlándose en el mismo periodo el consumo de pienso. El sacrificio fue realizado en un matadero industrial pesándose la canal caliente y fría. Estas fueron trasladadas a la planta piloto del INIA en donde se procedió al estudio de la canal y de la carne. El engrasamiento se determinó según el sistema Europeo en una escala del 1 al 4 (Reglamento (CEE) n° 461/93).

El músculo *longissimus dorsi* se diseccionó y se tomó una muestra del mismo que fue congelada hasta su posterior análisis para ácidos grasos. La grasa fue extraída según el método descrito por Hanson y Olley (1963) y la formación de los esteres metílicos de los ácidos grasos (FAMES) según la técnica de Morrison y Smith (1964). Para el análisis cromatográfico de los FAMES se utilizó un cromatógrafo con detector de ionización de llama y una columna capilar Omegawax 320 (30 m×0,32 mm i.d., 0,25µm de espesor).

RESULTADOS

Los datos de crecimiento, rendimiento a la canal y engrasamiento figuran en la tabla 2. Los tratamientos no afectaron al peso de sacrificio que fue de 25,62 kg como media pero sí en cambio al crecimiento que fue inferior en el lote 3 (228 g/día) que fue cebado en el pasto respecto al resto de los lotes (270,03g/día). Los corderos pertenecientes al lote 3 necesitaron por ello un mayor tiempo para ser acabados ya que no fueron capaces de compensar con el consumo de pienso el menor valor energético del pasto. Respecto al rendimiento a la canal, este fue superior en los corderos criados por la madre (49,6 %) en relación al resto de tratamientos (44,9 % de media), como consecuencia del menor desarrollo de su aparato digestivo debido a que el consumo de leche se mantuvo hasta el sacrificio y el consumo de pienso fue inferior al de los otros lotes.

El engrasamiento de la canal estuvo relacionado con el consumo de energía ya que fue menor en el lote 3 cebado en pastoreo como consecuencia del bajo valor energético del pasto.

Tabla 2. Pesos, crecimiento, rendimiento a la canal y engrasamiento.

	Lote 1	Lote 2	Lote 3	Lote 4	CME	Sign.
<i>Peso sacrificio (kg)(PVS)</i>	25,33	25,75	25,62	25,79	0,82	ns
<i>Crecimiento (g/día)</i>	272,6	270,0	228,3	267,5	30,9	ns
<i>Rendimiento canal (%)</i>	49,61a	44,83b	45,17b	45,67b	3,68	***
<i>Engrasamiento(puntuación)</i>	2,89a	2,84a	2,36b	2,67a	0,13	**

Sig.: Significación del modelo; ns: P>0,05; ***P<0,001; **P<0,01; CME: cuadrado medio del error; a, b: Letras diferentes dentro de la misma fila indican diferencias significativas entre las media.; Rendimiento canal: Peso canal fría/PVS×100.

La composición en ácidos grasos de la grasa intramuscular de la carne figura en la Tabla 3. Se observa en general un aumento en la proporción de grasa saturada en los corderos que permanecieron con la madre como consecuencia del mayor contenido en estos ácidos grasos en la leche materna (Velasco *et al.*, 2001), siendo menor la proporción en los destetados a los 60 días e intermedios en los otros lotes. El mayor representante de estos ácidos grasos fue el ácido palmítico (C16:0) que también fue inferior en los animales destetados tardíamente. Este ácidos graso juega un papel importante en el aumento del colesterol (Moloney *et al.*, 2001). Por el contrario, los ácidos grasos monoinsaturados (MUFA) son más bajos en estos, siendo más elevados en los destetados tardíamente.

Respecto al contenido total en ácidos grasos PUFA es mayor en los lotes 3 y 4 por lo que este último tratamiento sería mejor desde el punto de vista de la salud del consumidor. La proporción más

baja de PUFA se presenta en los corderos de pienso lo que era de esperar por su menor contenido en linolénico (C18:3) ya que no consumieron pasto en su fase de engorde y también de forma especial en los que permanecieron con la madre que aunque consumieron poco pienso también tomaban la leche de la madre con un bajo contenido en estos ácidos grasos. Son estos corderos por lo tanto los que presentan peor calidad de la grasa desde el punto de vista nutritivo.

Tabla 3. Composición en ácidos grasos de la carne (%).

Ácidos grasos	Lote 1	Lote 2	Lote 3	Lote 4	CME	Sign.
<i>C10:0</i>	0,3a	0,87b	0,90b	0,40a	0,046	***
<i>C11:0</i>	0,008a	0b	0b	0,01a	0,000006	***
<i>C12:0</i>	0,53a	0,41b	0,43b	0,54a	0,0106	*
<i>C14:0</i>	5,92a	4,62b	4,65b	5,24b	0,5238	**
<i>C15:0</i>	0,50a	0,45b	0,39c	0,51a	0,0036	***
<i>C15:1</i>	0,16a	2,13b	2,28b	0,22	0,0955	***
<i>C16:0</i>	24,64a	23,83b	22,43b	14,53b	4,312	***
<i>C17:0</i>	0,99a	1,08a	0,71c	1,21b	0,016	***
<i>C17:1</i>	0,55a	0,85c	0,48a	0,68b	0,0211	***
<i>C18:0</i>	11,79a	8,85b	9,29b	12,50a	1,323	***
<i>C18:1</i>	37,30a	38,56a	37,17a	42,55b	7,434	***
<i>C18:2</i>	7,31a	8,92b	9,95b	9,87b	4,12	**
<i>C18:3</i>	1,94a	1,49b	2,02a	1,96a	0,0994	**
<i>CLA</i>	0,67a	0,48b	0,57b	0,58b	0,0156	*
<i>C20:0</i>	0,03a	0,09b	0,08b	0,04a	0,00057	***
<i>C20:3</i>	0,26a	0,29a	0,36b	0,34b	0,00574	*
<i>EPA</i>	1,31a	1,30a	1,60a	1,55a	0,159	ns
<i>DPA</i>	1,07a	1,07a	1,27a	1,37a	0,107	ns
<i>SFA</i>	44,78a	40,20b	38,86b	35,29c	6,358	***
<i>MUFA</i>	39,70a	42,69b	40,96ab	45,30c	7,131	***
<i>PUFA</i>	14,56a	16,74ab	19,24b	18,79b	8,189	***
<i>PUFA/SFA</i>	0,33a	0,42b	0,50c	0,54c	0,0087	***
<i>n6/n3</i>	2,36a	3,48c	2,98b	2,90b	0,342	***
<i>n3</i>	4,33ab	4,86a	4,91b	4,88b	0,834	*
<i>n6</i>	10,23a	12,87b	14,33b	13,91b	5,816	***

Sign.: Significación del modelo; ns: P>0,05; ***P<0,001; **P<0,01; *P<0,05; CME: cuadrado medio del error; a, b, c: Letras diferentes dentro de la misma fila indican diferencias significativas entre las media.

La relación n6/n3 es buena en todos los tratamientos, es decir inferior a 4 como se recomienda (Department of Health, 1994) aunque aumenta en los corderos cebados con pienso hasta valores de 3,5 que podemos considerarlo también como bueno sobre todo si lo comparamos con otros estudios de cebo intensivo en que los valores de esta relación aumentan hasta 8 (Díaz *et al.*, 2005) y superiores.

Por el contrario los ácidos grasos monoinsaturados (MUFA) se presentan en los destetados tardíamente. Son estos corderos por lo tanto los que presentan mejor calidad de la grasa desde el punto de vista de la salud del consumidor.

Los resultados encontrados estarían relacionados con la evolución de la composición en ácidos grasos del pasto que se indica en la tabla 1 en donde se observa una variación brusca en dicha composición entre el pasto de abril y el de mayo y junio, fundamentalmente por el ácido linolénico (C18:3) que pasa del 26,11 % al 5,6 %. Es por lo tanto importante que el cebo se realice con pastos de primavera frescos ya que el pasto más seco hace que se pierda una parte importante en los ácidos grasos omega 3 que condicionará la composición final de la carne.

CONCLUSIONES

Los corderos criados con las madres hasta el sacrificio presentan un mejor rendimiento a la canal aunque su carne es menos adecuada para el consumidor desde el punto de vista de la salud. El destete a los 60 días mejora las características nutritivas de los ácidos grasos de la carne en relación con los destetados a los 45 días o los no destetados.

La calidad del pasto por su contenido en ácidos grasos evoluciona significativamente en el tiempo por el descenso que se produce en la evolución del ácido linolénico.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos la colaboración prestada por el C.I.A. de la Junta de Castilla la Mancha, Finca “El Dhesón del Encinar” aportando sus instalaciones, personal y animales para la realización de este trabajo. Los trabajos realizados han sido financiados por el proyecto INIA: AEG08-021-C4-3.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DEPARTMENT OF HEALTH, 1994. Report on Health and social subjects. N°46. Nutritional aspects of cardiovascular disease. HMSO, London.
- DÍAZ M.T.; ÁLVAREZ I.; DE LA FUENTE J.; SAÑUDO C.; CAMPO M.M.; OLIVER M.A.; FONT I FURNOLS M.; MONTOSI F.; SAN JULIÁN R.; NUTE G.R.; CAÑEQUE V., 2005. Fatty acid composition of meat from typical lamb production systems of Spain, United Kingdom, Germany and Uruguay. *Meat Science*, **71**, 256-263.
- HANSON, S.W.F.; OLLEY, J., 1963. Application of the Bligh and Dyer method of lipid extraction to tissue homogenates. *Biochemical Journal*, **89**, 101-102.
- MOLONEY, A.P.; MOONEY, M.T.; KERRY, J.P.; Y TROY, D.J. 2001. Producing tender and flavoursome beef with enhanced nutritional characteristics. *Proceedings of the Nutrition Society*, **60**, 221-229.
- MORRISON, W.R. Y SMITH, L.M., 1964. Preparation of fatty acid methyl esters and dimethyl acetals from lipids with boron fluoride-methanol. *Journal Lipids Research*, **5**, 600-608.
- REGLAMENTO (CEE) 461/93, de la Comisión, de 26 de Febrero de 1993, por el que se establecen las disposiciones de aplicación del modelo comunitario de clasificación de canales de ovino. DOCE nL49, de 27/02/93., 70-74.
- VELASCO S., CAÑEQUE V.; DÍAZ M.T., PÉREZ C.; LAUZURICA S.; HUIDOBRO F.; MANZANARES C.; GONZÁLEZ J., 2001. Producción lechera y composición lipídica de la leche de oveja Talaverana durante la lactancia de sus corderos. *Investigación Agraria, Producción y Sanidad Animales*, **16**, 181-192.

EFFECT OF BREEDING SYSTEM OF LAMB IN ORGANIC PRODUCTION ON MEAT FATTY ACID COMPOSITION

SUMMARY

Four treatments for fattening in organic production: unweaned lambs, weaned at 45 days of age and raised at drylot, weaned at 45 days of age and raised at pasture, and weaned at 60 days of age and raised at drylot, have been studied. Organic feed was used in all treatments until the slaughter at 26 kg.

Fatty acid composition of pasture widely changes with the month of the year due to climatic conditions in the area (“dehesa” in Oropesa (Toledo)) that change the content of linolenic acid (C18:3) of pasture.

The growth of lambs raised at pasture were lower (220 g/day) than the other treatments (280 g/day). The carcass yield was better in unweaned lambs (49.61%) compared to other treatments (45.22%).

Lambs weaned at 60 days and rose at drylot showed the best meat quality from the point of view of consumer health. The unweaned lamb meat had higher content of saturated fatty acids (SFA) and lower in monounsaturated (MUFA) and polyunsaturated (PUFA).

Keywords: weaning, pasture, drylot, health, fattening

EFFECTO DEL PASTOREO SOBRE LA COMPOSICIÓN DE LECHE EN SISTEMAS SOSTENIBLES DE PRODUCCIÓN EN GALICIA

A. GONZÁLEZ RODRÍGUEZ^{1*}, A. I. ROCA FERNÁNDEZ^{1*}, O. P. VÁZQUEZ YÁÑEZ¹ Y J. A. FERNÁNDEZ CASADO²

¹ Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo (CIAM). ²Laboratorio Agrario y Fitopatológico de Galicia (LAFIGA). INGACAL. Xunta de Galicia. Apdo. 10 - 15640, A Coruña (España)

*antonio.gonzalez.rodriguez@xunta.es, anairf@ciam.es

RESUMEN

Los sistemas de producción de leche sostenibles pueden competir con los intensivos no solo por la reducción de costes sino también por la mejor calidad del producto final. Se estudiaron parámetros de producción, composición y perfil de ácidos grasos de leche en vacas frisonas en establo y en pastoreo con concentrado (6,5 kg vaca⁻¹). Se ensayan tres grupos de vacas, (A) en establo toda la lactación, (B) con ensilado y pastoreo durante 12 horas y (C) pastoreo durante 24 horas. La alimentación con forraje verde del tratamiento (C) triplica el contenido de ácido ruménico en la grasa de la leche en primavera con relación al grupo alimentado con ensilado (A). Encontramos además un descenso significativo ($P < 0,05$) de los ácidos grasos saturados (AGS) y un aumento de los insaturados (AGI) en leche según aumenta el tiempo de pastoreo de las vacas. Los ganaderos que disponen de forraje verde en la ración del ganado tienen una gran herramienta para incrementar el valor añadido de la leche, cuando el perfil de ácidos grasos sea tenido en consideración por las centrales lecheras y por los consumidores.

Palabras clave: ácidos grasos, tiempo pastoreo, ensilado, ácido ruménico, CLA

INTRODUCCIÓN

Las políticas agrarias hasta ahora se basaban en el fomento de una agricultura productivista e intensiva, que conviene ir olvidando a favor de una correcta gestión del territorio, para evitar el deterioro del medio ambiente, utilizando de forma competitiva los recursos propios de la explotación, como podría ser la revitalización de los pastos en Galicia. Los sistemas de producción de leche sostenibles que incluyen el pastoreo ejercen un efecto beneficioso sobre la producción y calidad de la hierba como fuente de nutrientes para el animal y reducen la acumulación del purín y de su aplicación en las explotaciones, lo que lleva a una reducción de costes que podría ayudar a solucionar el acuciante problema de los bajos costes de la leche. En estos sistemas de producción es muy importante la interacción pasto-animal controlada por el manejo, que no solo debe conseguir una alimentación de la vaca con el mínimo coste sino también lograr una leche sana y de calidad.

En anteriores trabajos encontramos una superior calidad nutricional de la leche en pastoreo para el consumo humano, avalada por la bibliografía consultada, que de confirmarse podría ayudar a dar recomendaciones prácticas a productores e industrias para la comercialización de leches especiales, llegando a crear una imagen de marca en pastoreo, cuyos beneficios repercutan directamente en el productor (González y Vázquez, 2006).

Ha sido muy importante conocer que por medio de la ración es posible modificar a corto plazo el nivel de AG beneficiosos (Elgersma *et al.*, 2004). En contacto con esta autora holandesa enfocamos

nuestros estudios sobre el efecto del sistema de producción y de alimentación en el perfil de AG en la grasa de la leche para zonas como Galicia donde es posible el pastoreo. En Irlanda, Nueva Zelanda y Suiza, las mayores concentraciones de ácido ruménico en la grasa láctea está relacionadas probablemente con largos períodos de pastoreo y en Suiza con la alimentación exclusiva con pastos y prados de las montañas y tierras altas. Estos datos son consistentes con las concentraciones de ácido ruménico, 16,7 g kg⁻¹ de grasa, encontradas en el queso italiano con leche de vacas en pastoreo de pastos de montaña, frente al 7,1 g kg⁻¹ de grasa en el queso de vacas alimentadas en granja (Inocente *et al.*, 2002). Collomb *et al.* (2002) encontraron también grandes diferencias en los patrones de AG en leche con relación a la altura de los pastos de montaña. Las vacas en tierras bajas alimentadas con maíz y concentrado en establo, además de tener acceso a los pastos, presentaban menor contenido de los ácidos grasos poliinsaturados (AGPI) en la grasa de la leche con relación a las vacas en montaña (900-1210 m), que aumentaba en las de tierras altas (1275-2120 m) alimentadas sólo en los pastos, debido principalmente al incremento del ácido ruménico.

Otros factores como la época del año (Lock y Garnsworthy, 2003) o las raciones completas mezcladas (TMR) suplementadas con pastoreo o el aporte de aceite de plantas y de semillas (Flowers *et al.*, 2008) parecen tener menor importancia que la dieta exclusiva en pastoreo ya que las fluctuaciones de los valores del CLA son del mismo nivel que la variación individual de las vacas (Khanal y Olson, 2004). La inclusión de algodón en el concentrado en trabajos anteriores presentados en la SEEP, produjo pequeñas variaciones no significativas en el nivel de CLA. Con lino extrusionado sin embargo encontrábamos un aumento significativo ($P < 0,05$) en leche del ácido linolénico (0,59 gr 100 gr⁻¹ de AG) (Roca *et al.*, 2009 y González *et al.*, 2009),

El consumo de forraje verde parece ser el factor más determinante entre los que afectan a la composición de los ácidos grasos en leche. Los ganaderos que pastorean pueden tener en sus manos una herramienta para incrementar el valor añadido de la leche, siempre y cuando el perfil de ácidos grasos sea tenido en consideración por las centrales lecheras y por los consumidores. En este trabajo nuestro objetivo es determinar la evolución del perfil de AG y del CLA, y las variaciones estacionales durante la lactación completa de vacas con diferentes dietas de forraje verde (en pastoreo) o ensilado.

MATERIAL Y METODOS

Se dispuso de 61 vacas frisonas del rebaño experimental del CIAM de partos de otoño (media 29 noviembre 2007) Desde el parto fueron suplementadas con 6,5 kg vaca⁻¹ día⁻¹ de concentrado, formado básicamente por un 43,3% de harina de maíz, un 28,5% de cascarilla de soja y un 23,5% de harina de soja, con los correctores y elementos pertinentes, dando una composición final de un 16,6% de proteína bruta, un 25% de fibra neutro detergente, un 34,30% de carbohidratos no estructurales, una ratio Ca/P de 2,30 y una energía neta leche de 1,84 Mcal kg⁻¹. Tras el pico de producción de 35 L vaca⁻¹ se dividieron en tres grupos el 20 de marzo: (A) En establo 24 horas con ensilado, 40 kg vaca⁻¹ día⁻¹, toda la lactación. (n=11), (B) En pastoreo 12 horas y ensilado 15 kg vaca⁻¹ día⁻¹. (n=27), (C) En pastoreo 24 horas toda la lactación. (n=23)

El ensilado era una mezcla al 50% de ensilados de hierba y maíz con el 33% MS. Para el estudio de la lactación de las vacas dividimos la época de pastoreo rotacional en cuatro períodos: 1-etapa vegetativa (abril-mayo), 2-etapa reproductiva (mayo-junio-julio), 3-verano período seco (agosto) y 4-etapa vegetativa de otoño (septiembre-octubre). Las praderas eran de raigrás inglés y trébol blanco de

más de cuatro años, con niveles bajos de leguminosa. Se controla la producción y calidad de leche en todas las vacas, mientras que el perfil de ácidos grasos y el análisis del CLA se realizó cada semana, muestreando la leche los dos ordeños de las mismas 5 vacas por tratamiento, con extracción de la grasa para posterior determinación por cromatografía de gases en el LAFIGA. La cantidad total de ácidos grasos saturados (AGS) se calculó como la suma de C4:0 a C18:0 (C4:0, ác. butírico; C6:0, ác. caproico; C8:0, ác. caprílico; C10:0, ác. cáprico; C12:0, ác. láurico; C14:0, ác. mirístico; C16:0, ác. palmítico y C18:0, ác. esteárico), y para los ácidos grasos insaturados (AGI) sumábamos los C18:1-ác. oleico, C18:2-ác. linoleico, C18:3-ác. linolénico y el ac. ruménico, que al ser mayoritario lo consideramos como ac. linoleico conjugado (CLA)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la figura 1-a se observa la producción de leche en los 4 períodos de la lactación, sin diferencias significativas para los tres grupos de vacas dentro del mismo período, mientras que las diferencias en el contenido de CLA en la grasa de la leche varían proporcionalmente al tiempo de pastoreo de las vacas (figura 1-b). Las líneas muestran el error típico de las medias. El análisis del CLA en tanque, mostrado como línea en el gráfico, es fiel reflejo de la media de los datos obtenidos individualmente de las vacas analizadas en cada grupo, mostrados como columnas.

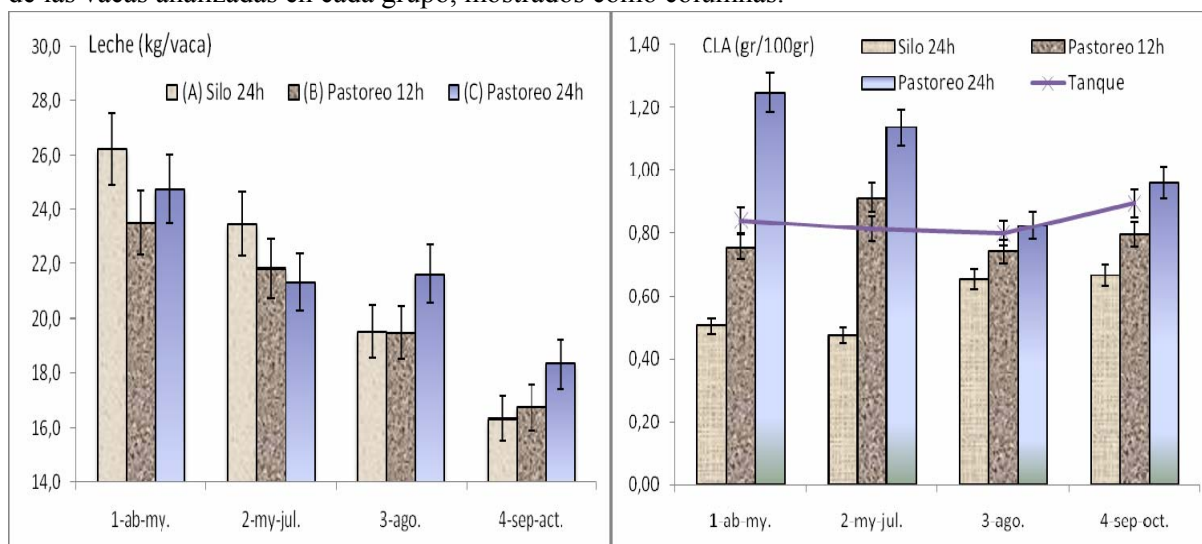


Figura 1. Producción de leche (a) (kg vaca⁻¹) y su contenido de CLA (b) (g 100 g⁻¹ grasa) en los tres grupos.

En el mes anterior al inicio del ensayo, marzo, todo el rebaño se encontraba en pastoreo durante el pico de lactación con 35 L vaca⁻¹ con un contenido medio de CLA elevado 1,33 gr 100gr⁻¹ en la grasa de la leche. A partir del 27 de marzo se aplican los tratamientos y se reduce este nivel de CLA en los dos grupos que tenían ensilado en la ración. El contenido final baja hasta un tercio si se estabulaban durante todo el día (A) o a la mitad en las que pastaban 12 horas (B) con comparación a las que permanecen en pastoreo las 24 horas(C).

La composición de la leche (figura 2) presenta variaciones a pesar de no tener diferencias en producción entre los grupos. El contenido de grasa incrementa durante la primavera, en el grupo alimentado con ensilado de maíz y pastoreo (B), mientras que el grupo en pastoreo solo (C), incrementa la grasa en otoño. El grupo en establo con ensilado (A) tuvo sobre todo a partir de agosto

un contenido menor de proteína en leche (figura 2b). El contenido de grasa en leche no parece relacionado con su perfil de ácidos grasos y particularmente con los niveles de CLA.

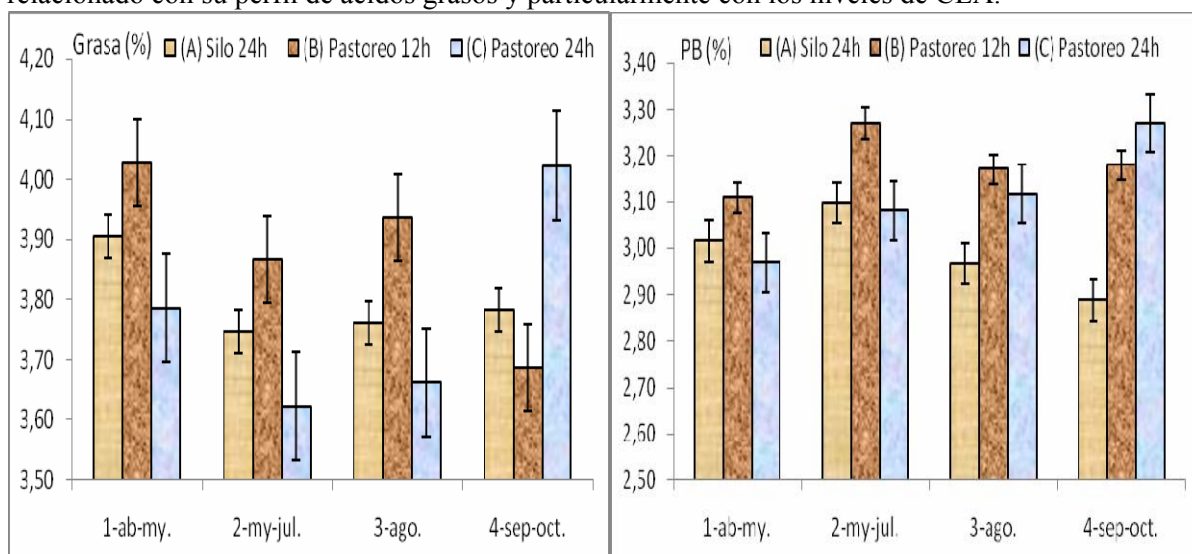


Figura 2. Composición de leche, (a) contenido de grasa y (b) de proteína en los tres grupos.

El nivel de ácidos grasos totales, media de los 4 períodos de la lactación, está en la figura 3-a. El total de ácidos grasos saturados desciende al tiempo que incrementa el de insaturados cuando la alimentación forrajera de las vacas es de pradera verde en exclusiva (tratamiento C). Los niveles de CLA (ácido rumenico) y el ácido linoleico en leche (figura 3b) aumentan también en relación directa con el incremento del tiempo de pastoreo.

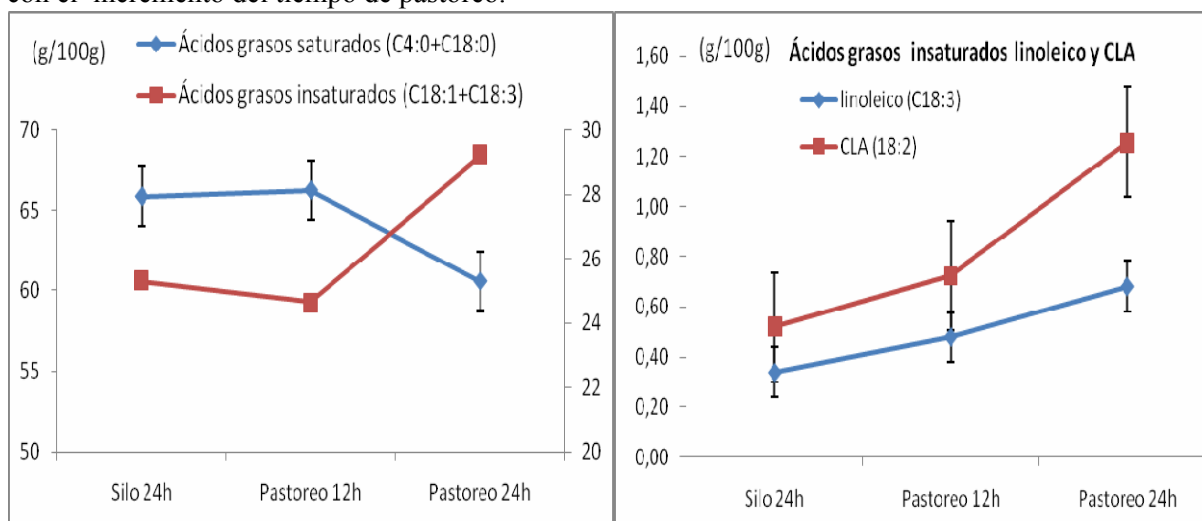


Figura 3. Contenido de ácidos grasos (a) total de saturados e insaturados y (b) de ácido linoleico y CLA para los tres grupos.

Los resultados muestran el beneficio del aporte del forraje verde respecto a la alimentación con ensilado, capaz de triplicar los niveles de CLA en la grasa de la leche hasta el nivel de 1,2 gr 100 gr⁻¹ y del total de AG insaturados a 30 gr 100 gr⁻¹ sobre todo en primavera que es cuando aportamos esta dieta de forraje verde a las vacas a través del pastoreo en los sistemas sostenibles. En anteriores trabajos con forraje ensilado y con algodón en el concentrado en produjo un descenso de los AGS, láurico, mirístico y palmítico, y un bajo nivel 0,40 gr 100gr⁻¹ de CLA en la grasa de la leche. (Roca *et*

al., 2009). En el presente trabajo encontramos, además de estos, el descenso de los ácidos caproico, caprílico, cáprico, y un aumento del esteárico, y de los AGI oleico y linoleico (24,88 y 3,22 gr 100 gr⁻¹). Estos datos y los de nuestros primeros estudios en el CIAM (González *et al.*, 2009) son similares a los que se muestran en una amplia revisión de Jensen (2002) y Precht y Molkentin, (2000), donde las concentraciones promedio de ácido ruménico en la leche (el CLA) del tanque en la mayoría de los países son de 4-10 gr kg⁻¹ de grasa. Las concentraciones son 2-3 veces mayores si la alimentación de las vacas es en pastoreo que si permanecen en establo con ensilado.

Estas respuestas en el nivel de CLA debidas a las diferencias entre las raciones de los tres grupos se encontraron en mayor medida durante el pastoreo de primavera (periodo 1 y 2), reduciéndose en la época veraniega de menor crecimiento de la pradera, tendiendo también a disminuir el CLA conforme se reduce la producción de la vaca al avanzar la lactación hasta el secado que se realizó en invierno.

CONCLUSIONES

La gestión de forraje verde resultó ser un factor muy determinante del contenido de CLA en leche. Considerando la lactación completa de las vacas se observó un descenso significativo de los ácidos grasos (AG) saturados y un aumento de los AG insaturados y del CLA en la grasa de la leche de las vacas alimentadas en pastoreo.

La respuesta del perfil de AG parece tener cierta estacionalidad, en primavera el contenido de CLA en leche es tres veces superior en las vacas en pastoreo que en las que se alimentan con ensilado, mientras que en verano esta diferencia se reduce a la mitad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- COLLOMB, M.; BÜTIKOFER, U.; SIEBER, R.; JEANGROS B.; BOSSET, J. O., 2002. Composition of fatty acids in cow's milk fat produced in the lowlands, mountains and highlands of Switzerland using high-resolution gas chromatography. *International Dairy Journal*, **12**, 649–659.
- ELGERSMA, A.; ELLEN, G.; VAN DER HORST, H.; BOER, H.; DEKKER, P.R.; TAMMINGA, S., 2004. Quick changes in milk fat composition from cows after transition from fresh grass to a silage diet. *Animal Feed Science and Technology*, **117**, 13-27.
- FLOWERS, G.; IBRAHIM, S. A.; ABUGHAZALEH, A. A., 2008. Milk Fatty Acid Composition of Grazing Dairy Cows When Supplemented with Linseed Oil. *Journal of Dairy Science*, **91**, 722-730.
- GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ, A.; VÁZQUEZ YÁÑEZ, O., 2006. Como conseguir unha composición do leite de maior calidade e san: o ácido linoleico conxugado (CLA). *Revista Cooperación*. Ed. AGACA, nº **79**. Cadernillo divulgación técnica (16 pp.) (www.agaca.coop)
- GONZÁLEZ RODRÍGUEZ, A.; VÁZQUEZ YÁÑEZ, O. P.; ROCA FERNÁNDEZ, A. I.; FERNÁNDEZ CASADO, J. A., 2009. Contenido de ácido linoleico conjugado (cla) en leche de vacuno en sistemas de producción en pastoreo en zonas húmedas. *XLVIII Reunión Científica de la SEEP*. Huesca (España), 519-526.
- INNOCENTE, N.; PRATURLON, D.; CORRADINI C., 2002. Fatty acid profile of cheese produced with milk from cows grazing on mountain pastures, *Italian Journal Food Science*, **14**, 217–224.
- JENSEN, R.G., 2002. Invited review: the composition of bovine milk lipids, *Journal Dairy Science*, **85**, 295–350.

KHANAL, R. C.; OLSON, K. C., 2004. Factors Affecting Conjugated Linoleic Acid (CLA) Content in Milk, Meat, and Egg: A Review. *Pakistan Journal of Nutrition*, **3(2)**, 82-98.

LOCK, A.L.; GARNSWORTHY, P. C., 2003. Seasonal variation in milk conjugated linoleic acid and delta9-desaturase activity in dairy cows. *Livestock Production Science*, **79**, 47-59.

PRECHT, D.; MOLKENTIN J., 2000 Frequency distributions of conjugated linoleic acid and trans fatty acid contents in European bovine milk fats, *Michwissenschaft*, **55**, 687-691.

ROCA FERNÁNDEZ, A. I.; GONZÁLEZ RODRÍGUEZ, A.; VÁZQUEZ YÁÑEZ, O. P.; FERNÁNDEZ CASADO, J. A., 2009. Efecto de la suplementación sobre el perfil de ácidos grasos en leche de vaca. *XLVIII Reunión Científica de la SEEP*. Huesca (España), 511-517.

EFFECT OF GRAZING ON MILK QUALITY IN SUSTAINABLE PRODUCTION SYSTEMS IN GALICIA

SUMMARY

The systems of sustainable milk production can compete with the intensive systems, not only for cost reduction but also for the best quality final of the product. Production parameters, quality and fatty acids profile of milk Friesian cows were studied under different grass grazing rations with concentrate (6.5 kg cow⁻¹). Three herds were tested, (A) silage feeding in stable during the whole lactation, (B) with silage and grazing 12 hours and (C) grazing for 24 hours. Treatment (C) produced three times more conjugated linoleic acid (CLA) in milk fat compared to (A) fed with silage. A significant decrease ($P < 0.05$) of saturated fatty acids (SFA) and an increase of unsaturated (UFA) in milk by increasing the grazing time in the ration of dairy cows was found. Green forage under grazing proves to be the best tool for increasing the added value of milk, when the fatty acids profile is taken into consideration by farmers and dairy industry.

Keywords: fatty acids, saturated, unsaturated, grazing time, silage, CLA

BALANCE ENERGÉTICO DE UN REBAÑO DE CABRAS EN RÉGIMEN SEMI- EXTENSIVO EN EL ESPACIO NATURAL DE DOÑANA

MANCILLA-LEYTÓN, J.M., LLORENS, E., PAREJO, C. Y MARTÍN, A.

Departamento de Biología Vegetal y Ecología. Universidad de Sevilla

Apartado 1095, Sevilla 41080

RESUMEN

La productividad del ganado depende, en gran medida, de la ingestión abundante de elementos energéticos. Controlar y conocer los balances energéticos en la ganadería extensiva resulta fundamental para la planificación de la gestión del rebaño; de manera que se puedan ajustar al máximo los aportes de pienso y suplementos a la hora de recurrir a ellos. Se ha estudiado la alimentación de un rebaño de 350 cabras payoyas que pastorean matorral a lo largo de todo un año, cuantificando la cantidad de alimento que ingieren, las especies que consumen y el recorrido que hacen mensualmente. Estos datos se han utilizado para estimar la ingestión de energía y el gasto energético del rebaño. Los resultados muestran que el rebaño cubre sus necesidades energéticas de forma variable dependiendo de la estación. En primavera y verano la ingesta supera el gasto, mientras que en otoño e invierno es insuficiente.

Palabras claves: Matorral mediterráneo, caprino, apetencia, fenología.

INTRODUCCIÓN

Al margen de cuestiones sanitarias y de mano de obra, uno de los problemas que presenta la ganadería extensiva es adecuar el balance energético entre desplazamiento y consumo y disponibilidad de alimento. La energía es el principal factor limitante en la producción animal y su disponibilidad afecta a la adaptación del animal al medio, al comportamiento y a la estrategia de alimentación (Lachica y Aguilera, 2003). Los pequeños rumiantes se adaptan bien a las condiciones ambientales, ya que son capaces de obtener una dieta adecuada incluso cuando el alimento escasea.

Hay mucha literatura en relación a las necesidades energética de los bóvidos, y muy poca en cuanto a las necesidades del ganado caprino, a pesar de que este último proporciona una importante fuente de ingresos, en particular en países de toda la cuenca mediterránea.

El objetivo general de este trabajo es identificar y caracterizar aquellos aspectos del comportamiento alimentario del ganado caprino (raza Payoya) en régimen semi-extensivo que pueden intervenir en el balance energético y sus variaciones a lo largo de las estaciones del año.

MATERIAL Y MÉTODOS

Características de la zona experimental

La experimentación se ha llevado a cabo en un pinar (*Pinus pinea*) de 100 hectáreas situado en el Espacio Natural de Doñana (37 ° 14 '46"N, 2 ° 37' 7"W, SW España), de donde se excluyeron todos los grandes herbívoros en 2002. El clima es mediterráneo: inviernos húmedos con temperaturas suaves y veranos largos y secos. La precipitación media anual es de 540 mm. El sotobosque está cubierto de matorral mediterráneo donde *Cistus salvifolius*, *Halimium halimifolium*, *Halimium calycinum*, *Rosmarinus officinalis*, *Thymus mastichina subsp donyanae*, *Pistacia lentiscus*, *Myrtus communis* y *Phillyrea angustifolia* son las especies más comunes.

Seguimiento del ganado.

Se cuenta con un rebaño de 350 cabras de raza Payoya en régimen semiextensivo. La entrada del rebaño al pinar se produce al mediodía, por necesidades de manejo (ordeño y suplementación). La vuelta al aprisco está determinada por la duración del día, pero las jornadas de pastoreo en el pinar suelen durar entre 4-5 horas.

Para determinar qué especies de matorral prefiere el ganado caprino, se ha empleado un método de observación directa de los animales. La observación directa es muy eficaz para determinar las especies de matorral consumidas, partes más apetecidas, preferencias relativas y variación durante el año. Se ha seguido el procedimiento, aunque modificado, descrito por Meuret *et al.*, (1986). En esta experiencia, los muestreos se realizan tres días consecutivos por mes, con seguimiento de 10 minutos por cabra desde el comienzo al fin de la jornada de pastoreo en el pinar. Las variables registradas para cada cabra y tiempo de seguimiento fueron: nº de especies consumidas, órgano de la especie consumida (hoja, tallo, flor, fruto), número de bocados por especie, tiempo de consumo por especie y tiempo de desplazamiento (de planta a planta) (Mancilla-Leytón *et al.*, 2009).

Balance energético del pastoreo.

El balance energético tiene por objeto comprobar si se satisfacen las necesidades del organismo para un nutriente determinado. Para llevar a cabo un balance es necesario medir las entradas y salidas del nutriente estudiado, dos de los factores más importantes en el cálculo de este balance energético son la energía metabolizable ingerida y el gasto energético por locomoción. La cuantificación de los contenidos en energía digestible y, especialmente, en energía metabolizable constituye el criterio universalmente aceptado de expresión del valor energético de un alimento (Aguilera, 2001). Para estimar los valores nutritivos del matorral ingerido por las cabras, fue necesario estimar la cantidad (g de MS) ingerida de cada una de las especies en cada bocado. Se realizó una simulación manual del pastoreo (100 muestras / especie), a partir del cual se obtuvo el peso por bocado. Una vez conocida la cantidad ingerida por especie se calculó la energía metabolizable, para cada cabra, a partir de los valores (kJ / g MS) obtenidos por Schneider (1991) a partir de la fracción digestible de la materia seca (Kirchgessner y Kellner, 1977).

Los recorridos de cada cabra fueron registrados en una Pocket PC (modelo Airis T620) mediante sistema GPS. Posteriormente se utilizó fotografía aérea digital para calcular las distancias recorridas durante el pastoreo así como su velocidad. Para calcular el gasto energético por locomoción se utilizó la ecuación propuesta por Brock-way y Boyne (1980) aunque modificada, resultando la siguiente ecuación: Coste energético locomoción (J/kg x m) = 2,35 - 0,036*V + 0,00052*V², siendo V la velocidad (m/ min) = distancia recorrida / tiempo de desplazamiento. El costo del gasto se ha estimado para un animal promedio, considerando el peso medio de una cabra adulta aproximadamente unos 45 kg. La pendiente se consideró nula para el área de estudio.

Análisis estadístico.

Para el tratamiento de los datos se utilizó el análisis de la varianza. En el caso del tiempo de consumo y distancia recorrida los datos se transformaron a ln para cumplir con los requerimientos del Anova (distribución normal y homogeneidad de varianzas). Se aplicaron test de comparaciones a posteriori para detectar diferencias significativas entre los niveles de un factor (Bonferroni). Para compa-

rar el número de especies consumidas se utilizaron test no paramétricos (Kruskal-Wallis) y comparaciones a posteriori U-Man-Whitney. Los análisis se realizaron con el programa estadístico SPSS 14.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Selección de la dieta por las cabras y tiempo de consumo.

La pauta de selección no siguió un patrón fijo: el consumo de las especies de matorral varió a lo largo del año, pero existió un consumo preferente hacia unas especies concretas. *Myrtus communis* fue la especie más consumida (42 %), seguida de *Cistus salvifolius* (16 %) y *Halimium halimifolium* (12 %). Los animales tendieron a seleccionar las hoja y los renuevos del tallo en todas las especies, así como los frutos de *Cistus salvifolius*, *Pistacia lentiscus*, *Olea europea*, *Pinus pinea*, *Quercus coccifera* *Q. suber* y *Q. ilex susp ballota*. Las variaciones temporales de la selección del alimento parecen estar muy relacionado con la fenología de las especies: en la mayor parte de las especies estudiadas la probabilidad de ser consumida aumenta en las fases de floración y fructificación, por lo que podríamos hablar de estacionalidad en el consumo (Mancilla- Leytón y Martín Vicente, 2009). Por ejemplo, *Helichrysum italicum* únicamente es consumido en verano, ya que las cabras sólo consumen sus frutos y parte del escapo. El consumo de frutos (bellota, piñones, acebuchina) y setas son lógicamente estacionales. El consumo de *Rosmarinus officinalis* se corresponde con el periodo de su máxima floración, entre los meses de Diciembre a Marzo (Martín y Mancilla-Leytón 2009). El escaso consumo de especies de labiadas se atribuye a su alto contenido en aceites (Guillen y Cabo, 1996) que reducen su apetecibilidad, sólo el romero es consumido pero únicamente en el periodo de su máxima floración. La reducción del valor nutritivo de las espinosas (*Ulex* spp. y *Genista* spp.) al avanzar la estación de pastoreo (Garin *et al*, 1996) podría explicar su menor consumo, coincidiendo sus máximos en la fenofase de rebrote y floración durante los meses de Enero a Abril (Mancilla- Leytón y Martín Vicente, 2009).

La cabra, en su selección de alimentos, parece establecer un equilibrio entre la rapidez y mejor calidad de consumo (Duncan y Gordon, 1999), dependiendo de las necesidades nutricionales de cada momento (Villalba y Provenza, 1999). No se observó una correspondencia estrecha entre la cobertura de las especies de matorral y su consumo. Las especies más abundantes no son las más consumidas ($\chi^2 = 201,51$ $\alpha = 0,01$). Especies como *Myrtus communis*, *Erica scoparia*, *Halimium calycinum*, *H. halimifolium*, *Genista* spp, *Phyllirea angustifolia* y *Quercus coccifera* presentaron un consumo proporcionalmente por encima de su abundancia. Por tanto, en sus recorridos diarios el ganado fue seleccionando las especies que más le agradan, el consumo no es aleatorio (Mancilla- Leytón y Martín Vicente, 2009).

Durante el seguimiento, se observó una gran variedad en la dieta, siendo el máximo en algunos casos de diez especies distintas / cabra / 10 minutos de seguimiento. La utilización de un alto número de plantas reduce las ventajas competitivas que se producen cuando algunas plantas no son consumidas, y mejora la conservación de la biodiversidad de la vegetación (Villalba *et al.*, 2002). Se encontró una mayor diversidad de consumo en invierno ($5,06 \pm 0,17$ especies) y primavera ($4,86 \pm 0,15$ especies), que es cuando mayor oferta de alimentos existe, y todo lo contrario en otoño ($3,87 \pm 0,14$ especies) y verano ($3,88 \pm 0,17$ especies) con menos variedad de especies consumen.

Balance energético del pastoreo.

La energía metabolizable estimada mostró diferencias significativas para las diferentes estaciones: la energía metabolizable ingerida fue significativamente menor en otoño e invierno que en

primavera y verano (Figura 1A) ($F= 4,26$; Bonferroni $P< 0,05$). Lachica y Aguilera (2005), a partir de cabras granadinas, fijaron en $422 \text{ kJ/kg}^{0,75}$ la ingestión diaria de energía metabolizable que cubre las necesidades de mantenimiento del ganado caprino cualquiera que sea su situación fisiológica. Esto supone una ingesta media de energía metabolizable en nuestro caso (cabras de 45 kg.) de 7330,14 kJ por cabra y día. Frente a este parámetro podríamos decir el pastoreo cubrió en otoño el 65,02 %, en invierno el 77,82 %, en primavera el 112,42 y en verano el 102 % de las necesidades energéticas medias.

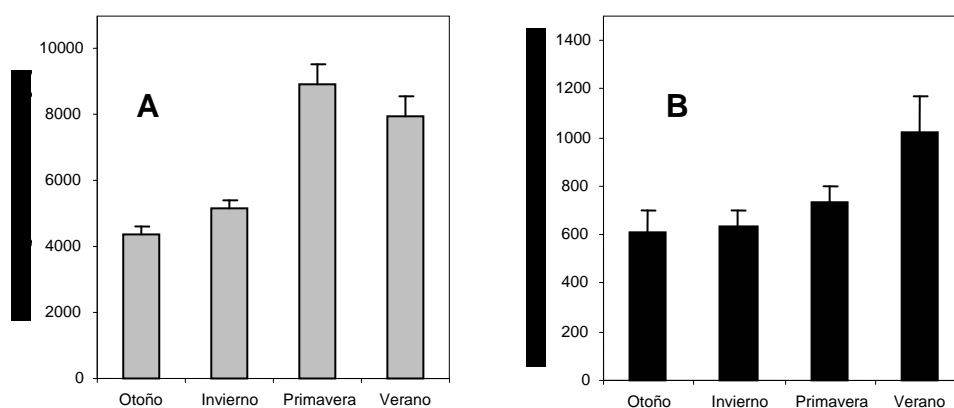


Figura 1. Estima de energía metabolizable (kJ) (A) y del gasto energético de locomoción (kJ) (B) durante la jornada de pastoreo en las distintas estaciones. Media \pm error estándar.

Las necesidades de energía de los rumiantes van a estar determinadas en gran medida por el régimen en que se encuentren los animales. Es evidente que los gastos energéticos de los animales en pastoreo son notoriamente superiores a los estimados en confinamiento. El gasto energético de los rumiantes en pastoreo, debido a un incremento de su actividad muscular, pueda representar desde un 11% a un 100% de las necesidades de mantenimiento (Blaxter, 1967). Los resultados mostraron un aumento significativo del gasto de locomoción en verano, siendo menor en el resto de las estaciones (Figura 1 B) ($F= 4,09$; Bonferroni $P< 0,05$). Esto fue muy similar al patrón obtenido del tiempo dedicado a pastar, el agotamiento del recurso a lo largo del año hizo que los animales tardaran más en la búsqueda del alimento. Esto supuso unos coste de locomoción mayores en otoño y verano (15,42 % y 17,52 % de la de la energía metabolizable del alimento ingerido.) y menores en invierno y primavera (8,87 % y 13,48 %)

CONCLUSIONES

El creciente interés que recae sobre el ganado caprino por su capacidad de sobrevivir y explotar la vegetación motiva el estudio de su comportamiento a fin de conseguir el máximo empleo de aquellos recursos sin poner en peligro su continuidad. Los resultados obtenidos muestran un buen aprovechamiento del ganado caprino por el sotobosque de matorral de estudio. El pastoreo constituyó una parte importante de la alimentación de los animales, siendo capaz de cubrir sus necesidades energéticas en primavera y verano. El gasto de locomoción supuso un factor importante a tener en cuenta, el cual incrementó en las estaciones de menor oferta alimenticia. La observación directa puede ser una herramienta eficaz para conocer y controlar en cada momento los balances energéticos de nuestros animales en pastoreo, resultando fundamental en la planificación del rebaño (suplementos y aportes).

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido posible con la ayuda y financiación de la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía. Nuestro especial agradecimiento a la dirección del Enclave Natural de Doñana y a Dehesa de Gatos S.A. por su ayuda y colaboración.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUILERA, J.F., 2001. Aportaciones al conocimiento de la nutrición energética de pequeños rumiantes, con particular referencia al ganado caprino. *Archivos de Zootecnia*, **50** (152), 565-596.
- BLAXTER, K.L. 1967. *The Energy Metabolism of Ruminants*. Hutchinson, London.
- BROCKWAY, J.M.; BOYNE A.W., 1980. The energy cost for sheep of walking on gradients. In : Proc. 8th Int. Symp. *Energy Metabolism. European Association for Animal Production*. Publication No 26. Mount L.E. (Ed). London and Boston: Butter words, 449-453.
- DUNCAN, A.J.; GORDON, I.J., 1999. Habitat selection according to the ability of animals to eat, digest and detoxify foods. *Proc. Nutr. Soc.* **58**, 799–805.
- GARÍN, I.; AZORÍN, J.; ALDEZÁBAL, A.; GARCÍA-GONZÁLEZ, R., 1996. Implicaciones nutritivas del contenido en taninos de varias especies leñosas. En: *Actas de la XXXVI Reunión Científica de la S.E.E.P.*, La Rioja, 293-297
- GUILLEN, M.D.; CABO, N., J., 1996. Characterisation of the essential oils of some cultivated aromatic plants of industrial interest. *Journal of science food and agriculture*, **70** (3): 359-363.
- KIRCHGESSNER, M.; KELLNER, R.J., 1977. Zur Schätzung der umsetzbaren Energie von Grün- und Rauhfutter mit einfachen Kenndaten. *Z. Tierphysiology, Tierernährg.u. Futtermittelnkunde* **38**, 297-301.
- LACHICA, M.; AGUILERA J.F., 2003. Estimation of energy needs in the free-ranging goat with particular reference to the assessment of its energy expenditure by the ¹³C-bicarbonate method. [*Small Ruminant Research*](#), **49** (3), 303-318
- LACHICA M.; AGUILERA, J.F., 2005. Energy expenditure of walk in grassland for small ruminants, *Small Ruminant Research*. **59**, 105–121
- MANCILLA-LEYTÓN J.M.; PINO MEJÍAS R. Y MARTÍN VICENTE A., 2009. Análisis de la aptitud del ganado caprino por las especies de matorral en el suroeste de la Península Ibérica. En: *La multifuncionalidad de los pastos: producción ganadera sostenible y gestión de los ecosistemas*, R. REINÉ *et al.* (Eds.). Gráficas Alós. Huesca (España), 629-635.
- MARTÍN VICENTE, A. Y MANCILLA-LEYTÓN, J.M., 2009. Papel del ganado caprino en la producción y conservación del monte mediterráneo. Informe proyecto 2007/665. Consejería de Medio Ambiente (Junta de Andalucía). Publicación interna.
- MEURET M.; BARTIAUXTHILL N.; BOURBOUZE A., 1986. Feed-intake of dairy goats on rangelands - direct observation of biting method - chromic oxide method. *Ann. Zootech.* **34**, 159-180
- SCHNEIDER KNUT, 1991. Importancia pastoral de distintas formaciones vegetales en la Sierra de Cádiz, Andalucía. Tesina. Universidad de Sevilla y Universität Hohenheim.
- VILLALBA, J.J. Y PROVENZA, F.D., 1999. Effects of food structure and nutritional quality and animal nutritional state on intake behaviour and food preferences of sheep. *Appl. Anim. Behav. Sci.* **63**, 145–163.

VILLALBA, J.J., PROVENZA, F.D., BRYANT, J.P., 2002. Consequences of the interaction between nutrients and plant secondary metabolites on herbivore selectivity: benefits or detriments for plants? *Oikos* **97**, 282–292.

ENERGETIC BALANCE OF A HERD OF GOATS GRAZING IN THE DOÑANA NATURAL PARK (SW, SPAIN)

SUMMARY

Energy is a major limiting factor in animal production. To plan the management of a herd in extensive grazing is essential to monitor and understand the energy balances, in order to optimize fodder supplements. The objective of this study was to quantify the energy balance of a herd of payoya goats under semi-extensive production and its variation along the year. We used direct observation for estimating the distance travelled, speed, time consuming and diet composition. These data were transformed into kcal ingested and consumed by the goats daily in different seasons. The results showed that grazing was able to meet the needs of goats in spring and summer but not in autumn and winter.

Keyword: shrub, extensive production, phenology, appetite

VALOR NUTRITIVO DE HENOS DE GRAMINEAS Y LEGUMINOSAS FORRAJERAS CULTIVADAS EN TUNEZ

H. AMMAR^{1,2}, M. KAMOUN³, S. ANDRÉS¹, R. BODAS¹, J.S. GONZÁLEZ¹ Y S. LÓPEZ¹

¹ Instituto de Ganadería de Montaña (CSIC-Universidad de León).

Departamento de Producción Animal, Universidad de León. 24007 León (España)

² Ecole Supérieure d'Agriculture de Mograne, IRESA. Mograne -Zaghouan 1121 (Túnez)

³ Ecole Nationale de Médecine Vétérinaire, Département des Productions Animales.

Sidi Thabet – Tunis (Túnez)

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue la determinación del valor nutritivo de henos de cinco especies forrajeras: dos gramíneas (avena, cebada), una leguminosa (veza) y dos combinaciones de leguminosa-gramínea forrajeras (veza-avena y veza-cebada). Las especies estudiadas fueron cultivadas en una zona semiárida de Túnez (con una precipitación media de 533 mm/año). El contenido en proteína (213 g/kg MS) y la digestibilidad *in vitro* (DIV=0,794) fueron mayores para el heno de veza, mientras que los valores más bajos se obtuvieron con el heno de avena (77 g proteína /kg MS) y con el de cebada para DIV (0,615). De misma forma, los coeficientes de degradabilidad *in sacco* a 24h (D24) y a 48 h (D48) fueron menores para el heno de cebada y mayores para el heno de veza. En cuanto al contenido en fibra (FND, FAD), los valores más altos se observaron con el heno de cebada y los más bajos con el de veza. La producción de gas a las 24 h de incubación *in vitro*, parámetro directamente relacionado con la digestibilidad y el contenido energético de los forrajes, osciló en un rango muy amplio (entre 135 y 173 ml/g MS), correspondiendo los valores más bajos al heno de veza y los más elevados al de veza-avena.

Palabras claves: heno, gramíneas, leguminosas, digestibilidad, composición química

INTRODUCCION

En el sector de la ganadería existe una gran demanda por forrajes de buena calidad tanto en verde como en forma de forraje conservado (ensilado, henificado, deshidratado). Los sistemas intensivos de producción de forrajes requieren el uso de fertilizantes para aumentar la producción y la calidad de los forrajes. Sin embargo, esta práctica puede ser incompatible con el objetivo de mantener una vegetación natural con un elevado grado de diversidad botánica en los pastos (Peeters y Janssens, 1998). Este objetivo parece ser cada vez más interesante para la mayoría de los agricultores (Husson *et al.*, 2008; Turgut *et al.*, 2008). En este sentido, es pertinente mencionar la importancia de la asociación botánica leguminosas-cereales (Patrick *et al.*, 1998; Ayanz, 2007), ya que son fuentes de proteína y de energía (carbohidratos no estructurales), respectivamente. En Túnez, las gramíneas forrajeras, ya sean pastadas directamente por el animal o recogidas y suministradas en verde, o en forma de heno o ensilado, constituyen la base de la alimentación de la mayoría del ganado, especialmente para el ovino y vacuno. Los henos que se producen en Túnez son, en su gran mayoría, de baja digestibilidad debido, fundamentalmente, a factores adversos de manejo, tales como mala elección de la fecha de corte, y a factores relacionados con el medio donde se cultivan, con condiciones ambientales que propician un crecimiento rápido de las plantas que alcanzan muy pronto un avanzado estado de madurez, por lo que el forraje posee un alto contenido de pared celular lignificada. Por lo tanto, muchos ganaderos recurren al

uso de forrajes procedentes de mezclas leguminosas-gramíneas. Sin embargo, se dispone de escasa información sobre el valor nutritivo de estos forrajes y muchas veces, cuando es necesario, se hace referencia a henos de forrajes semejantes producidos en otros países mediterráneos. El objetivo de este trabajo fue estudiar el valor nutritivo de henos cultivados Túnez procedentes de una leguminosa (veza) y de dos cereales forrajeros, solos o mezclados con la veza, mediante la determinación de su composición química, digestibilidad y degradabilidad en el rumen.

MATERIAL Y METODOS

Se dispuso de cinco henos: uno de veza, dos de cereales forrajeros (avena y cebada) y dos mezclas de veza-avena y veza-cebada cultivados en la “Ecole Supérieure d’Agriculture de Mateur”, Túnez. La zona de estudio se localiza en el norte de Túnez a una altitud de 65 m sobre el nivel del mar. Las precipitaciones anuales totales son de 533 mm. La siega de los henos se hizo en el estado de madurez correspondiente al inicio del espigado. De los henos estudiados se tomaron muestras representativas que se secaron en una estufa de aire forzado a 60°C durante 48 h, y se molieron en un molino tipo Culatti empleando una malla de 1 mm para determinar su composición química y su digestibilidad *in vitro* y producción de gas y una malla de 3 mm para determinar la digestibilidad *in sacco* a 24 h y 48 h de incubación ruminal.

Las determinaciones de cenizas y nitrógeno (N) se realizaron siguiendo los procedimientos de la AOAC (1995). El contenido en fibra neutro-detergente (FND) y fibra ácido-detergente (FAD) se determinó según la metodología descrita por Van Soest (1994).

Para la determinación de la DIV de los henos se utilizó la técnica descrita por Van Soest (1994), siguiendo la modificación metodológica propuesta por ANKOM (Ammar *et al.*, 1999). Las muestras (250 mg) se incubaron en bolsitas de material sintético poroso, introducidas en vasijas de vidrio en las que se dosificaron 2 l de líquido ruminal diluido con el medio de cultivo descrito por Ammar *et al.* (1999). Posteriormente se realizó una incubación durante 48 h, con agitación continua y a una temperatura constante de 39°C. Transcurrido este tiempo se extrajeron las bolsitas de los recipientes y se sometieron a un lavado en una disolución neutro-detergente durante 1 h a 100°C. Posteriormente, se secaron a 60°C durante 48 h para determinar la desaparición de MS.

Para medir el volumen de gas producido a 24 h de incubación se utilizó la técnica propuesta por Theodorou *et al.* (1994). Se incubaron muestras (500 mg) de cada uno de los cinco henos en viales de 120 ml. En cada vial se dosificaron 50 ml de líquido ruminal diluido preparado como ha sido descrito anteriormente. Los viales se cerraron y se introdujeron en un incubador donde permanecieron a 39°C durante 24 h. El volumen de gas producido en cada vial se registró mediante un transductor de presión (Theodorou *et al.*, 1994).

Para la realización de las incubaciones *in situ* (*in sacco*) se emplearon bolsas confeccionadas con tejido sintético (Saation[®]) con un tamaño de poro de 46 µm de diámetro. Las bolsas se llenaron con aproximadamente 3 g de materia seca (MS) de forraje molido a 3 mm. Las muestras se incubaron durante 24 y 48 h dentro del rumen de una vaca Holstein provista de cánula ruminal y alimentada con heno de gramíneas. Una vez completado el periodo de incubación, las muestras se extrajeron y lavaron con agua fría (para detener la fermentación). Finalmente se secaron en una estufa de aire forzado a 60°C durante 48 h.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 se muestran los resultados relativos a la composición química de los henos estudiados. De estos resultados puede deducirse que el contenido en cenizas fue elevado para la veza y más bajo en los henos de ambas gramíneas (avena y cebada). Como cabía esperar, las mezclas de gramíneas con veza tuvieron un contenido mineral intermedio. En cuanto al contenido en PB, se observaron valores bajos (<100 g/kg) en ambos cereales y en la mezcla veza-cebada, mientras que el heno de veza tuvo el contenido mas alto. Los contenidos en FND y FAD oscilaron en rangos de entre 533 y 734 g/kg MS y de entre 365 y 430 g/kg MS, respectivamente. Los valores más bajos se observaron en el heno de veza y los más altos en el heno de cebada

Tabla 1. Composición química (g/kg MS) de henos de forrajes cultivados en Túnez

Heno	Cenizas	Proteína bruta	FND	FAD
Avena	109	77	695	417
Cebada	109	85	734	430
Veza	185	213	533	370
Veza-avena	145	115	602	365
Veza-cebada	113	93	642	388

Si bien se ha publicado abundante información (INRA, 2007) sobre la composición química y el valor nutritivo de las principales especies herbáceas (gramíneas y leguminosas forrajeras), apenas se dispone de información sobre el valor nutritivo de henos de otras especies que pueden utilizarse como forraje para el ganado, tales como cereales o leguminosas del género *Vicia*. Cabe destacar que las características nutricionales de los henos estudiados en el presente trabajo son distintas de las de los henos catalogados en diversas tablas de composición de alimentos (INRA, 2007), lo que puede atribuirse a variaciones en la especie botánica y variedad, estado de madurez en el momento de la siega, proporciones leguminosa/gramínea, tipo del suelo, condiciones climáticas, prácticas de manejo tales como el nivel de fertilización (Turgut *et al.*, 2008).

Las leguminosas son consideradas como la principal fuente de proteína para los rumiantes mantenidos con dietas a base de forraje. El elevado contenido proteico de las leguminosas forrajeras ha sido confirmado por otros autores (Husson *et al.*, 2008) y se atribuye principalmente a su capacidad de fijación del N atmosférico (Husson *et al.*, 2008). Sin embargo, en los henos de avena y cebada los contenidos en PB fueron bajos, pudiendo ser insuficientes para asegurar la síntesis de proteína microbiana en el rumen y limitar la ingestión voluntaria de estos forrajes si no se combinan con otros alimentos. Por otro lado, los contenidos en pared celular fueron más altos en las gramíneas, y más bajos para la veza. La combinación de la veza con gramíneas forrajeras puede mejorar considerablemente el valor nutritivo del forraje obtenido, ya que el valor proteico de la veza se complementa con el mayor contenido en azúcares solubles de las gramíneas forrajeras (en este caso de cereales forrajeros). Además, la combinación con gramíneas más fibrosas reduce el riesgo de que puedan aparecer problemas de meteorismo causado por la ingestión de veza (Husson *et al.*, 2008). No obstante, para conseguir un forraje de buena calidad, es necesario que las proporciones de gramínea y leguminosa en el forraje sean adecuadas, sin que predominen en exceso una u otra. En este presente trabajo la veza se mezcló con la avena y la cebada a proporciones iguales (50%, 50%), si bien las proporciones de gramínea y leguminosa en la mezcla no dependen sólo de las mezclas de semilla utilizadas, sino además del cre-

cimiento diferencial de una u otra especie. En comparación con los henos de avena o de cebada en monocultivo, los henos veza-avena y veza-cebada tuvieron niveles más altos en PB y más bajos en pared celular.

Tabla 2. Digestibilidad *in vitro* (DIV) e *in sacco* tras 24 (D24) y 48 (D48) h de incubación en el rumen, y producción de gas *in vitro* (G24, ml/g) tras 24 h de incubación de los henos de forrajes cultivados en Túnez

Heno	DIV	D24	D48	G24
Avena	0,667	0,459	0,623	153
Cebada	0,615	0,316	0,489	152
Veza	0,794	0,619	0,723	135
Veza-avena	0,756	0,356	0,532	173
Veza-cebada	0,692	0,475	0,585	155

Los datos de digestibilidad *in vitro* (DIV) e *in sacco* de materia seca tras 24 h (D24) y 48 (D48) h de incubación en el rumen, y el volumen de gas producido a 24 h (G24) de fermentación *in vitro* de los cinco henos se presentan en la Tabla 2. Los coeficientes de DIV fueron muy altos y oscilaron en un rango de valores estrecho (0,615-0,794). La veza fue la más digestible y los valores más bajos correspondieron a la cebada.

En cuanto a los resultados de digestibilidad *in sacco* en ambos tiempos de incubación (24 y 48 h) la veza fue la más digestible y los valores más bajos se observaron también para el heno de cebada. Cabe destacar que para todos los henos estudiados, los valores de D48 fueron siempre menores que los de DIV y las diferencias fueron más amplias cuando mayor fue el contenido de los henos en pared celular (FDN y FAD). Por otra parte, el volumen de gas producido a las 24 h de incubación (G24) fue menor con el heno de veza, mientras que la mezcla veza-avena registró el volumen más alto. Para los demás henos los valores de G24 fueron similares. El volumen de gas acumulado al incubar una muestra de alimento en líquido ruminal tamponado es un parámetro altamente correlacionado con la digestibilidad de dicho alimento. No obstante, esta correlación es menos manifiesta cuando se incuban alimentos con elevados contenidos en proteína. López *et al.* (1998) concluyeron que las diferencias entre gramíneas y leguminosas forrajeras en su contenido en proteína y en fibra y en la composición y estructura de sus paredes celulares vegetales afectaban de forma importante a los valores de digestibilidad obtenidos con distintos métodos *in vitro*. Los valores de D24 y D48 obtenidos son semejantes a los obtenidos con otros henos comúnmente utilizados para la alimentación del ganado en la cuenca mediterránea (Turgut *et al.*, 2008). En la Tabla 3 se presentan valores relacionados con la calidad nutritiva de los forrajes, estimados a partir de las ecuaciones de predicción publicadas por Undersander *et al.* (1993) (predicción de DMS, IVMS, RFV y NE_L), por Menke y Steingass (1988) (predicción de EM y ENL) y por el INRA (2007) (predicción de UFL, PDIN y PDIE). Cabe destacar que en las combinaciones de veza cereal la relación energía:proteína es más favorable para la síntesis de proteína microbiana en el rumen, considerando la menor diferencia entre PDIE y PDIN observada en el heno de veza-avena.

Tabla 3. Valor energético y proteico de los henos de avena, cebada, veza y combinaciones de cereales y leguminosas

Heno	DMS	IVMS	RFV	NE _L	EM	ENL	UFL	PDIN	PDIE
Avena	0,564	1,73	75,5	4,53	7,87	4,56	0,58	48	63
Cebada	0,554	1,63	70,2	4,36	7,90	4,57	0,58	53	65
Veza	0,601	2,25	104,8	5,49	8,23	4,71	0,53	137	94
Veza-avena	0,605	1,99	93,4	5,41	8,78	5,15	0,57	72	71
Veza-cebada	0,587	1,87	85,0	5,13	8,05	4,67	0,55	58	65

DMS = digestibilidad de la MS; MSI = ingestión voluntaria de MS (kg/d); RFV = “relative feeding value”; NE_L = energía neta de lactación NRC (MJ/kg MS); EM = energía metabolizable (MJ/kg MS); ENL = energía neta de lactación (MJ/kg MS); UFL = unidades forrajeras leche; PDIN y PDIE = proteína digestible en el intestino a partir del N o de la energía del alimento.

CONCLUSION

Nuestros resultados confirman que, en comparación con el heno de monocultivos de avena o cebada, con la mezcla veza-avena puede mejorarse el valor nutritivo del forraje, obteniéndose henos más digestibles y con un mayor contenido proteico. Además, los cereales forrajeros aportan fibra efectiva a la mezcla, lo que puede contribuir a conseguir condiciones más favorables para la fermentación en el rumen y la digestión de los alimentos por los rumiantes.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo de investigación ha sido financiado por la AECI/AECID mediante varios proyectos del Programa de Cooperación Interuniversitaria e Investigación Científica entre España y Túnez (Proyectos PCI-Mediterráneo A/2692/05, A/011878/07 A/016261/08).

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

AMMAR, H.; LOPEZ, S.; BOCHI, O.; GARCIA, R.; RANILLA, M.J., 1999. Composition and *in vitro* digestibility of leaves and stems of grasses and legumes harvested from permanent mountain meadows at different maturity stages. *Journal of Animal and Feed Sciences*, **8**, 599–610.

AOAC, 1995. *Official Methods of Analysis of AOAC International*, 16th ed. AOAC International, Virginia (USA).

AYANZ, A.S.M., 2007. Leguminosas de interés para la implantación de praderas. Ecología y pautas básicas de utilización. *Departamento de Silvopascicultura Universidad Politécnica de Madrid E.T.S.*

HUSSON, O.; CHARPENTIER, H.; RAZANAMPARANY, C.; MOUSSA, N.; MICHELLON, R.; NAUDIN, K.; RAKOTOARINIVO, C.; RAKOTONDRAMANANA, D.; SEGUY, L., 2008. Vesce velue: *Vicia villosa*. Fiches techniques plantes de couverture: Légumineuses annuelles. Manuel pratique du semis direct à Madagascar, Volume III, Chapitre 3 § 1.1. 12 p.

INRA, 2007. *Alimentation des Bovins, Ovins et Caprins - Besoins des Animaux - Valeurs des Aliments. Tables INRA 2007*. Éditions Quae, Versailles (Francia).

LOPEZ, S.; CARRO, M. D.; GONZALEZ, J. S.; OVEJERO, F. J., 1998. Comparison of different *in vitro* and *in situ* methods to estimate the extent and rate of degradation of hays in the rumen. *Animal Feed Science and Technology*, **73**, 99-113.

MENKE, K.H.; STEINGASS, H., 1988. Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and *in vitro* gas production using rumen fluid. *Animal Research Development*, **28**. 7–55.

PATRICK, M.C.; MARTIN, G.B.; CATON, J.S.; POLAND, W.W., 1998. Forage and nitrogen yield of barley-pea and oat-pea intercrops. *Agronomy Journal*, **90**, 79-84.

PEETERS, A.; JANSSENS, F., 1998. Species-rich grasslands: diagnostics, restoration and use in intensive livestock production systems. En: G. Nagy y K. Peto (eds.), *EGF Grassland Science in Europe* **3**, 375–393.

THEODOROU, M.K.; WILLIAMS, B.A.; DHANOA, M.S.; McALLAN, A.B.; FRANCE, J., 1994. A simple gas production method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of ruminant feeds. *Animal Feed Science and Technology*, **48**, 185–197.

TURGUT, L.; YANAR, M.; TUZEMAN, N.; TAN, M.; COMOKLI., B. 2008. Effect of maturity stage on chemical composition and *in situ* ruminal degradability kinetics of meadow in Awassi sheep. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, **7**, 1061-1065

UNDERSANDER, D.; MERTENS, D.R.; THIEX, N., 1993. *Forage Analyses Procedures*. National Forage Testing Association, Omaha, NE (USA).

VAN SOEST, P.J. 1994. *Nutritional Ecology of the Ruminants*. 2nd ed., Cornell University Press. New York (USA).

NUTRITIVE VALUE OF VETCH AND CEREAL HAYS HARVESTED IN TUNISIA

SUMMARY

The aim of this study was to determine the nutritive value of hays of five forage species, two grasses (oats, barley), a legume (vetch) and two combinations of legume-grass forages (vetch- oat and vetch-barley). The species studied were cultivated in a semiarid region of Tunisia (with an average rainfall of 533 mm / year). Protein content was higher for vetch hay, whereas the lowest protein content was observed for oat hay and the lowest *in vitro* digestibility (IVD) for barley hay. *In situ* degradability coefficients were lower for barley hay and greater for vetch hay. As for the fibre contents (NDF, ADF), the highest values were observed in barley hay and the lowest in vetch hay. Gas production at 24 h of incubation *in vitro*, a parameter directly related to digestibility and energy content of forages, was lowest for vetch hay and highest with the mixture vetch-oat.

Key words: hay, cereal hays, vetch hay, digestibility, chemical composition

A IMPORTÂNCIA DAS LEGUMINOSAS NA ALIMENTAÇÃO E PRODUÇÃO DE OVELHAS LEITEIRAS

A.T. BELO, J.M.F. RIBEIRO E C.C.BELO

INRB, IP, L-INIA Fonte Boa, 2005-048 Vale de Santarém. anateresa.belo@inrb.pt

RESUMO

A selectividade e a ingestão de espécies pratenses (luzerna perene - L, azevém - A, festuca - F e trevo branco - TB) foram determinadas em ovelhas leiteiras Assaf. As espécies foram oferecidas diariamente às ovelhas nas combinações AF, AFTB, LFTB e numa mistura (MIST). A suplementação foi fornecida em 2 níveis: 25% (NB) e 50% (NA) das necessidades energéticas de ovelhas a produzir 1,6 L.dia⁻¹. As ovelhas na combinação AF consumiram proporções semelhantes destas 2 espécies na 2ª semana, enquanto na 6ª semana, a proporção de F aumentou para o dobro de A. Na combinação AFTB, a selectividade foi semelhante em NB e NA, com proporções médias de 12% A, 8% F e 80% TB. Na combinação LFTB, as proporções de L e TB foram semelhantes entre si tanto em NB como NA, totalizando 92% da matéria seca (MS) de erva. No NB, as ovelhas em AFTB e LFTB consumiram significativamente mais erva, cerca de 100 gMS.kg^{-0,75}, enquanto em AF e MIST a média foi de 77,5 gMS.kg^{-0,75}. Na 6ª semana, as ovelhas AFTB, LFTB e MIST produziram em média 1636 ml.dia⁻¹, significativamente diferente das ovelhas AF, 917 ml.dia⁻¹. No NA, as ovelhas em AFTB e LFTB ingeriram em média 82,7 gMS.kg^{-0,75} mas as primeiras produziram significativamente mais leite na 6ª semana, 1928 ml.dia⁻¹.

Palavras-chave: leguminosas; ovelhas leiteiras; selectividade; pastagem de regadio.

INTRODUÇÃO

A utilização de pastagens e forragens tem-se incrementado nos últimos tempos na Europa na tentativa de redução dos custos de produção, resultantes do aumento do valor dos alimentos concentrados, e pretendendo melhorar o valor nutritivo dos produtos animais. Em zonas sob a influência de clima Mediterrânico, o uso de pastagens irrigadas permite o alongamento da alimentação herbácea, com a antecipação do ciclo produtivo para o final do Verão/início do Outono e a sua extensão durante o final da Primavera.

A regulação da ingestão é um processo complexo pois, as características físicas e químicas da massa vegetal e o fornecimento de energia e nutrientes essenciais, desencadeiam sinais do metabolismo intermédio dos animais, que influenciam a ingestão (Weston, 1982). Os cuidados relacionados com o manejo de pastoreio, tendo em vista um maior consumo de erva, são condicionados pelo “enchimento” do rúmen, causado pelos componentes estruturais das diferentes pratenses constituintes da pastagem que, tendo distintos graus e tempos de digestibilidade, são os grandes limitadores da ingestão (Mertens, 1987). O factor “enchimento” do rúmen é mais importante quando a digestibilidade da dieta é menor do que 75% (Dove, 1996) pois, em caso de dietas com digestibilidades superiores a ingestão passa a ser influenciada por mecanismos fisiológicos (Ketelaars e Tolkamp, 1992). No caso da utilização de pastagens em fase vegetativa, em que a digestibilidade é próxima dos 75%, Williams *et al.* (2005) verificaram que o enchimento do rúmen de vacas leiteiras era bastante inferior quando consumiam trevo da pérsia em relação a quantidades iguais de azevém perene, apesar das digestibilidades das duas espécies ser semelhante. A importância destes factores acentua-se no início da lactação em

que os animais procuram aumentar rapidamente a ingestão para corresponderem às crescentes necessidades nutritivas provocados pelo súbito aumento da produção leiteira.

Neste estudo foi avaliada a selectividade de ovelhas em lactação por quatro espécies pratenses: azevém (A) (var. *Nui*), festuca (F) (var. *Tima*), luzerna (L) (var. *Siriver*) e trevo branco (TB) (var. *Ladino* e *Pitau*), produzidas de forma estreme e distribuídas às ovelhas em diferentes combinações. Foi ainda avaliada a importância da suplementação com alimentos concentrados tanto na selectividade como na produção de leite.

MATERIAL E MÉTODOS

As espécies pratenses, em fase vegetativa, foram cortadas diariamente e oferecidas em separado às ovelhas às 8 e 17 horas. A altura de corte foi determinada pela luzerna, cortada sempre que atingia os 25 cm de altura, sendo o período de crescimento determinado para esta espécie aquele utilizado para as restantes que, na ocasião de corte, tinham uma altura inferior a 25 cm. As combinações pratenses ensaiadas foram – azevém e festuca (AF); azevém, festuca e trevo branco (AFTB) e; luzerna, festuca e trevo branco (LFTB). Foi também utilizada erva de uma pastagem em que as quatro espécies estavam consociadas (MIST). O suplemento alimentar utilizado, com 20% de PB, era constituído por cevada, milho, bagaço de girassol e glúten de milho, considerando dois níveis de acordo com as necessidades energéticas de uma ovelha a produzir 1,6 L leite.dia⁻¹ (NRC, 1985), e fornecido em duas doses às 9 e 18 horas. O nível baixo (NB) disponibilizava 25% das necessidades energéticas referidas (4,47 MJ de energia metabolizável (EM)), correspondendo a 439 g de MS de alimento concentrado, enquanto o nível alto (NA) disponibilizava 50% correspondendo a 878 g de MS, quantidades oferecidas nas 3 primeiras semanas de lactação. Entre a 3^a e a 6^a semana, as quantidades foram reduzidas para 0 e 439 g de MS de alimento concentrado em NB e NA, respectivamente. Durante o estudo foram utilizadas 42 ovelhas da raça “Assaf”. Nas três primeiras semanas as ovelhas alimentaram exclusivamente os borregos – fase de aleitamento total. Na 4^a semana, as ovelhas foram ordenhadas uma vez por dia (às 8 horas) sendo os borregos separados das mães até às 17 horas – fase de aleitamento reduzido. Na 5^a e 6^a semanas, as ovelhas foram ordenhadas duas vezes por dia (às 8 e 17 horas) – fase de ordenha. A produção de leite foi medida diariamente e a sua composição química - teores de gordura e proteína - foi avaliada na 4^a e 6^a semanas. O peso e o estado corporal das ovelhas, assim como o peso dos borregos, foram avaliados ao parto e nas 2^a, 3^a, 4^a e 6^a semanas.

Amostras das espécies pratenses e da sua mistura foram recolhidas semanalmente para determinação da MS e composição química: proteína bruta (PB) e cinzas (AOAC, 1990), fibra solúvel em detergente neutro (NDF) e ácido (ADF) (Goering e Van Soest., 1970) e digestibilidade *in vitro* da matéria seca (digMS) e da matéria orgânica (digMO) (Tilley e Terry, 1963). O modelo linear que se ajustou na análise estatística dos parâmetros referentes à ingestão e ao leite produzido foi o seguinte:

$y_{i,j,k,l} = \mu + \alpha_j + Ov(\alpha)_{j,k,l} + Temp_k + (\alpha Temp)_{j,k} + \varepsilon_{i,j,k,l}$, onde $y_{i,j,k,l}$ é a observação na ovelha l ($l=1, \dots, n$), que pertence ao tratamento j ($j=1, 2$), registada no tempo k ($k=1, \dots, m$), μ é a média geral, α_j o efeito fixo do tratamento, $Ov(\alpha)_{j,k,l}$ é o efeito aleatório da ovelha dentro do tratamento, $Temp_k$ é o efeito fixo do tempo, $(\alpha Temp)_{j,k}$ é o efeito da interacção do tempo com o tratamento e $\varepsilon_{i,j,k,l}$, o erro aleatório. Para testar o efeito do tratamento foi utilizado o termo $Ov(\alpha)_{j,k,l}$ como erro. Recorreu-se à comparação múltipla das médias dos mínimos quadrados para testar os efeitos significativos na análise de variância (Gill e Hafs, 1971), sendo considerado um nível de confiança de 95% ($P < 0,05$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Selectividade das pratenses

No tratamento AF, os consumos de MS de A e F foram iguais na 2ª semana mas, na 4ª e 6ª semanas, as percentagens de MS de A e F consumidas foram respectivamente 22,9 e 77,1% (4ª semana) e 32,3 e 67,7% (6ª semana). O consumo de TB pelas ovelhas no tratamento AFTB foi elevado, não sendo influenciado pelo nível de suplementação. Em NB, a percentagem de TB na MS de erva ingerida foi de 73% durante a 2ª semana e atingiu os 85% na 6ª. Valores semelhantes foram atingidos pelas ovelhas sujeitas ao regime NA, respectivamente 76 e 87%. As percentagens de A no consumo de MS de erva foram superiores aos da F durante a 2ª semana (17,9 vs 9,3%) em NB e (15,3 vs 8,7%) em NA, e praticamente iguais na 4ª e 6ª semanas de lactação. No tratamento LFTB, a L e o TB foram as espécies preferidas, representando no conjunto dos dois níveis de suplementação (NB e NA) uma média de, respectivamente 41,7 e 46,7% da MS ingerida proveniente da erva. Contudo, a L perdeu importância quando a MS proveniente do alimento concentrado aumentou na dieta das ovelhas, principalmente porque a F foi sendo mais consumida, passando de 5,8% da MS da erva em NB, para 10,6% em NA. A percentagem de TB consumido foi aumentando ao longo da lactação no nível de suplementação NA, passando de 36,9 para 49,5%.

Na Austrália, Rogers *et al.* (1986) mostraram a vantagem do TB na produção de leite, quando comparado com o azevém perene, em casos de grande disponibilidade de erva. Harris *et al.* (1997) obtiveram aumentos de produção de leite de 20% quando as vacas consumiram uma dieta com 55 – 65% de MS de trevo, quando comparada com uma dieta com apenas 20% de trevo. Os trevos contêm menos hidratos de carbono estruturais conduzindo a maiores taxas de degradação da matéria orgânica, azoto e paredes celulares (Beever e Siddons, 1986), originando um menor tempo de retenção retículo-ruminal (Ulyatt, 1981). A maior taxa de passagem das leguminosas tem sido atribuída a diferenças na forma das partículas que nas gramíneas são mais longas pelos tecidos vasculares e, nos trevos são em forma de blocos irregulares pois pertencem, na maior parte, a tecidos da epiderme e não a tecidos vasculares (Wales *et al.*, 2005). Os resultados conseguidos neste estudo indicam a vantagem que uma pastagem constituída por A, F e TB pode ter na produção de leite de ovelha e a importância que, pela sua utilização, seja conseguida uma predominância da presença do TB. Contudo, a L em condições mediterrânicas apresenta crescimentos bem superiores a qualquer uma das outras espécies, o que resultará em superiores rendimentos se as produções forem referidas à superfície pratense disponível.

Influência da suplementação no consumo de leguminosas

No 1º ano compararam-se os tratamentos: AF; AFTB; LFTB e MIST com o nível baixo de suplementação (NB). Ao longo das 6 semanas de estudo registaram-se médias de ingestão de MS de erva estatisticamente iguais e significativamente superiores para os tratamentos AFTB e LFTB, respectivamente 111,0 e 93,0 g.kg^{-0,75}. As médias obtidas para os tratamentos AF e MIST, respectivamente 77,0 e 71,9 g.kg^{-0,75}, foram estatisticamente iguais. O valor de ingestão de MS de erva mais elevado, 116,0 g.kg^{-0,75}, foi registado para as ovelhas em AFTB durante a 6ª semana e o menor, 51,1 g.kg^{-0,75}, para as ovelhas em AF também durante a 6ª semana de lactação. A evolução das médias de consumo de MS de erva na 2ª, 4ª e 6ª semana nos tratamentos AF, respectivamente, 88,8, 91,2 e 51,1 g.kg^{-0,75} e MIST, respectivamente, 65,2, 84,8 e 65,6 g.kg^{-0,75}, comparadas com as médias obtidas para AFTB, respectivamente, 108,0, 108,9 e 116,0 g.kg^{-0,75}, evidencia a importância que, tanto a possibilidade de

escolha das ovelhas pelo TB, como a manutenção da pressão dos borregos sobre as mães tiveram na ingestão de MS de erva durante este período. Em virtude dos consumos que vêm sendo referidos, a ingestão média de PB das ovelhas nos diferentes tratamentos foi distinta, estatisticamente igual para os tratamentos AFTB, 23,2 g.kg^{-0,75} e LFTB, 21,8 g.kg^{-0,75} e inferior nos tratamentos AF e MIST, que atingiram os valores 12,3 e 16,1 g.kg^{-0,75} respectivamente. Já a avaliação do conteúdo médio de NDF da massa vegetal ingerida pelas ovelhas em cada um dos tratamentos foi estatisticamente igual, respectivamente 42,6, 54,7, 41,4 e 35,2 g de NDF.kg^{-0,75} para AF, AFTB, LFTB e MIST. Porém, se as médias obtidas são semelhantes para todos os tratamentos no decorrer da 4ª semana, 49,8, 52,2, 42,4 e 43,0 g de NDF.kg^{-0,75}, elas são significativamente distintas durante a 6ª semana, respectivamente 28,3, 65,6, 44,4 e 28,9 g de NDF.kg^{-0,75}, considerando os tratamentos pela mesma ordem. Este facto acentua a importância da pressão dos borregos no estímulo da ingestão e, também a importância das leguminosas e nomeadamente do TB pois, permitiu que o consumo se mantivesse após o desmame dos borregos, apesar da dieta das ovelhas em AFTB apresentar o teor de NDF mais elevado. A produção de leite durante a 4ª semana foi significativamente superior nas ovelhas no tratamento LFTB, 1258 ml.dia⁻¹, igual para as ovelhas dos tratamentos AFTB e MIST respectivamente 942 ml e 881 ml.dia⁻¹, apresentando um valor médio de 577 ml.dia⁻¹ para as ovelhas que apenas ingeriram gramíneas. Na 6ª semana os valores da produção de leite foram estatisticamente iguais para os tratamentos AFTB, LFTB e MIST, uma média de 1636 ml.dia⁻¹ e significativamente menores para AF, 917 ml.dia⁻¹.

No nível alto de suplementação (NA) foram acompanhados os tratamentos AFTB, LFTB e MIST. Ao longo das seis semanas do ensaio não foram encontradas diferenças significativas entre as ingestões de MS de erva. As médias para os três tratamentos (AFTB, LFTB e MIST) foram respectivamente 82,4, 83,0 e 62,9 g.kg^{-0,75}. Contudo, o padrão de evolução do consumo foi distinto pois, enquanto as ovelhas em AFTB aumentaram o consumo médio de MS de erva, entre a 4ª e a 6ª semanas, de 75,0 para 89,0 g.kg^{-0,75}, as ovelhas sujeitas aos tratamentos LFTB e MIST baixaram os consumos de MS de erva de, 93,1 para 75,7 g.kg^{-0,75} as primeiras e de, 75,9 para 55,4 g.kg^{-0,75} as que consumiam a dieta MIST, evidenciando a importância da selectividade pelo TB. As médias dos valores obtidos para a ingestão de PB e NDF das ovelhas NA, durante as seis semanas de ensaio, foram superiores, embora não significativamente, nas ovelhas com LFTB, respectivamente 19,7 g PB.kg^{-0,75} e 41,9 g NDF.kg^{-0,75}. A produção leiteira durante a 4ª semana foi significativamente superior para os tratamentos AFTB, 1142 ml e LFTB, 1005 ml.dia⁻¹ em relação ao tratamento MIST, 739 ml.dia⁻¹. Já na 6ª semana os valores medidos foram significativamente superiores para as ovelhas no tratamento AFTB, 1928 ml.dia⁻¹ do que para as ovelhas em LFTB e MIST, cujos valores foram respectivamente 1306 ml e 1157 ml.dia⁻¹. Este nível de suplementação (NA), embora não tivesse desencadeado um aumento de produção de leite nas ovelhas dos tratamentos LFTB e MIST, permitiu que as ovelhas no tratamento AFTB traduzissem, em quantidade de leite, a capacidade que revelaram para aumentar a ingestão de MS de erva da 4ª para a 6ª semana de lactação, ao contrário do que aconteceu com as ovelhas dos outros tratamentos.

CONCLUSÃO

O consumo de TB em AFTB não foi afectado pela suplementação e atingiu proporções sempre acima dos 70% do consumo de erva, chegando aos 87% durante a 6ª semana de lactação no tratamento NA. A proporção média de TB e L nos consumos de erva no conjunto dos estudos com LFTB foi se-

melhante. A importância do TB na dieta das ovelhas leiteiras foi evidente. A sua inclusão permitiu aumentar o consumo de erva de 51,1 para 116,0 g.kg^{-0,75} por dia, na 6ª semana de lactação para as ovelhas nas combinações AF e AFTB, no nível de suplementação NB. Os consumos de PB, EM e NDF correspondentes às dietas AF e AFTB na mesma ocasião foram respectivamente 6,9 vs 27,0 g.kg^{-0,75}, 0,459 vs 1,104 MJ.kg^{-0,75} e 28,3 vs 65,6 g de NDF. A produção de leite registada para as mesmas condições foi respectivamente 917 vs 1653 ml.dia⁻¹. As ovelhas na dieta AFTB aumentaram o consumo de erva ao longo das seis semanas de ensaio, tanto em NB como em NA o que não aconteceu nos outros tratamentos, em que se registou uma quebra entre a 4ª e a 6ª semana.

BIBLIOGRAFIA

- AOAC 1990. *Official Methods of Analysis*. HELRICH, K. (ed.). Association of Official Analytical Chemists, Inc. Arlington, VA, EUA.
- BEEVER, D.E.; SIDONS, R.C. 1986. Digestion and metabolism in the grazing ruminant. In: MILLIGAN, L.P., GROVUM, W.L., DOBSON, A. (eds.). *Control of Digestion and Metabolism in Ruminants*. Prentice Hall, New Jersey, p.479-497.
- DOVE, H. 1996. Constraints to the modelling of diet selection and intake in the grazing ruminant. *Aust. J. Agric. Res.*, **47**, 257-275.
- GILL, J.L.; HAFS, H.D. 1971. Analysis of repeated measures of animals. *J. Anim. Sci.*, 33:331-336.
- GOERING, H.K.; VAN SOEST, P.J. (1970) - Forage fibre analysis. *Agric. Handbook 379*. US Dep. Agric., Washington D.C., p.20.
- HARRIS, S.L.; CLARK, D.A.; JANSEN, E.B.I. 1997. Optimum white clover content for milk production. *Proc. New Zealand Soc. Anim. Prod.*, **57**, 169-171.
- KETELAARS, J.J.M.I.I.; TOLKAMP, B.J. 1992. Toward a new theory of feed intake e regulation in ruminants1. Causes of differences in voluntary feed intake: critique of current views. *Livestock Prod. Sci.*, **30**, 269-296.
- MERTENS, D.R. 1987. Predicting intake and digestibility using mathematical models of ruminal function. *J. Anim. Sci.*, **64**, 1548-1558.
- NRC. 1985. *Nutrient requirements of sheep*. Natl. Acad. Sci., Washinton, D.C., p.99.
- ROGERS, G.I.; ROBINSON, I.B.; MOATE, P.J. 1986. Milk production of cows grazing white clover and perennial ryegrass. *Proc. Austr. Soc. Anim. Prod.*, **16**, 427.
- TILLEY, J.; TERRY, R. 1963. A two stage technique for in vitro digestion of forage crops. *J. Brit. Grass. Soc.*, **18**, 104-111.
- ULYATT, M.J. 1981. The feeding value of herbage. In: G.W. BUTLER; R.W. BAILEY (eds.) *Chemistry and Biochemistry of Herbage*. Acad. Press., New York, 131-178.
- WALES, W.J.; STOCKDALE, C.R.; DOYLE, P.T. 2005. Plant and sward characteristics to achieve high intake in ruminants. In: J.J.MURPHY (ed.) *Utilisation of grazed grass in temperate animal systems*. Wageningen Academic Publishers. p. 37-47.
- WESTON, R.II. 1982. Animal factors affecting feed intake. In: J.B. HACKER (ed.) *Nutritional Limits to Animal Production from Pastures*. CAB, RU, p.183-198.
- WILLIAMS, Y.J.; WALKER, G.P.; DOYLE, P.T.; EGAN, A.R. .; STOCKDALE, C.R 2005. Rumen fermentation characteristics of dairy cows grazing different allowances of Persian clover- or perennial ryegrass-dominant swards in spring. *Aust. J. Exp. Agric.*, **45**, 665-675.

IMPORTANCE OF LEGUME SPECIES IN THE DIET AND PRODUCTION OF DAIRY EWES

SUMMARY

Selectivity and intake were determined for pasture species (alfalfa – L, ryegrass - A and white clover – TB) by Assaf dairy ewes. Species were cut and offered daily to ewes, in the following combinations: AF, AFTB, LFTB and MIST (all mixed). Supplement was distributed in 2 levels considering 25% (NB) and 50% (NA) of energy requirements of ewes producing 1,6 L of milk.day⁻¹. Ewes receiving the AF combination selected similar proportions of both species on the 2nd week while, on the 6th week, the proportion of F doubled that of A. Selectivity was similar for both supplement levels on AFTB, with the following average proportions: 12% A, 8% F and 80% TB. Ewes receiving LFTB selected similar proportions of L and TB on each supplement level, totalling 92% of herbage dry matter (DM). Ewes receiving level NB and combinations AFTB and LFTB, ingested significantly more herbage DM, about 100 gDM.kg^{-0,75}, while those receiving AF and MIST averaged 77,5 gDM.kg^{0,75}. However, AFTB, LFTB and MIST ewes produced similar amounts of milk on the 6th week, 1636 ml.day⁻¹, significantly different from AF ewes, 917 ml.day⁻¹. Ewes receiving level NA and combinations AFTB and LFTB, ingested in average 82,7 gDM.kg^{-0,75} during the study period but the first group produced significantly more milk on the 6th week, 1928 ml.day⁻¹.

Keywords: legumes; dairy ewes; selectivity; irrigated pasture

CUARTA PARTE:

**RECURSOS SILVOPASTORALES
Y ECONOMÍA**

PRELIMINARY ASSESSMENT OF THE PLOT LEVEL CARBON BUDGET OF NATURAL AND SOWN BIODIVERSE GRASSLANDS

R.F.M. Teixeira, T. Domingos

Environment and Energy Scientific Area, DEM, and IN+, Center for Innovation, Technology and Policy Research, Technical University of Lisbon, School of Engineering, Av. Rovisco Pais, 1, 1049-001 Lisbon, Portugal.

ABSTRACT

Portugal was one of the few countries to choose the “Grassland Management” activity, in the framework of the voluntary LULUCF activities under Article 3.4 of the Kyoto Protocol. The choice was due to the carbon sequestration potential of the “sown biodiverse permanent pastures rich in legumes” (SBPPRL) system.

SBPPRL were developed in Portugal in the 70s. The system is based on sowing diverse mixtures of about twenty different species, and rich in legumes (which capture atmospheric N). These grasslands are more productive, and allow an increase of the sustainable animal carrying capacity. They also highly accelerate the rate of soil organic matter (SOM) intake, which contributes to reduced soil erosion and increased fertility and increase of soil water retention potential.

In this paper we determine the CO₂ sequestration potential of SBPPRL and natural grasslands (NG), which are the main land use option. We balance the sink effect of carbon sequestration with the emissions of the systems, such as emissions from livestock or legumes. For SBPPRL, the average carbon sink (in 10 years) is higher than for NG. These conclusions are supported by a plot level carbon and nitrogen balance model, which was estimated using plot data from two research projects.

Keywords: carbon sequestration, Kyoto Protocol, improved grassland, legumes, biodiversity.

INTRODUCTION

The Food and Agriculture Organization of the United Nations prepared a document (FAO, 2009) based on the results of a workshop held at Rome from 15 to 17 April 2009. The meeting featured several experts and members of the Grassland Carbon Working Group. In the document, FAO advocates the enhancement of carbon sequestration in grasslands as a low cost mitigation option with important environmental and economic co-benefits. The main goal of this document was to spur the discussion on the inclusion of land use and land use changes at COP15 in the Copenhagen summit and afterwards. The calling made by FAO included a call of attention to the possibility of carbon sequestration in grasslands. The potential has been established for a long time, but questions regarding methodologies used and feasibility potential still remain. According to FAO, original sequestration enhancement possibilities are welcome.

Portugal has around 1.4 million ha of permanent natural grasslands (which we designate in this paper as NG). Over 70% of this area is on farms with over 100 ha (INE, 2009). These NG frequently occupy the fallow phase (5 to 7 years, and sometimes longer) in cereal crop rotations, with two major disadvantages: (1) if the pasture phase is long, the herbage component is progressively invaded by shrubs, with a corresponding increase in fire risk; (2) if the pasture phase is short and crops are sown using tillage, soil organic matter (SOM) is highly degraded, and erosion risk increases. According to EEA (2004), 57.1% of the Portuguese soils have low or very low organic matter (between

0.5 and 2.0%), and soil available phosphorus levels are relatively low. Unpublished data from Laboratório Químico Agrícola Rebelo da Silva (the Portuguese Government's official laboratory for soil science) provides similar figures. In 1999, the national average SOM content was 1.76 % ($g_{SOM} 100 g^{-1}_{soil}$). However, in the region of Alentejo, where there is a higher possibility of pasture implementation and where more cattle are produced, the average SOM concentration is 1.03 %. This value drops to 0.87 % considering only natural pastures and area under cereal rotation.

The “sown biodiverse permanent pastures rich in legumes” (SBPPRL) system was developed in Portugal in the 1970's decade. SBPPRL consist of diverse mixes of up to twenty different species or varieties of seeds, and are rich in legumes. Commonly SBPPRL are more productive than natural grasslands, and are also richer in number of species. This variability ensures that in each zone inside the plot the most suited species thrive, and therefore there is a high plant production virtually everywhere. Even though there is a well documented experience with the use of sown pastures (FAO/CIHEAM, 2008), this specific system only exists in Portugal and, to a lesser degree, Spain and Italy. There are many studies on the role of biodiversity in productivity, but SBPPRL remain the only widespread large-scale application of what may be called “biodiversity engineering”.

SBPPRL are usually installed in former NG areas (which is also their baseline system). During the installation, and also for maintenance, they require a wider array of inputs, since they are managed (seeds, fertilizers, and machinery). The seed mix is designed specifically for each location after soil sampling and analysis. Species in the mix are adapted to soil physical and chemical characteristics, as well as to local climate conditions, and therefore there is no single representative mix. However, some very common sown species in SBPPRL mixes are *Trifolium subterraneum*, *Trifolium michelianum*, *Ornithopus spp.*, *Biserrula pelecinus*, annual *Medicago spp.*, and grass species of the genera *Lolium*, *Dactylis* and *Phalaris*. The mixes of sown species are often enriched with seeds from spontaneous plants such as *Plantago spp.*, *Vulpia spp.* and *Bromus spp.* Legumes are inoculated with bacteria of the genus *Rhizobium*. These bacteria induce nitrogen-fixing nodules in the roots of legumes. The fixated atmospheric nitrogen is then used by grasses. Therefore, the overall system is self-sufficient in terms of nitrogen.

Increased productivity in SBPPRL allows a sustainable increase in animal carrying capacity. Animals graze the plants, which have an annual life cycle. High plant productivity implies increased atmospheric carbon capture through photosynthesis. Part of the biomass produced is stored in soils due to the high density of yearly-renewed roots. Storage is made in the form of non-labile Soil Organic Carbon (SOC), which is part of the Soil Organic Matter (SOM) pools. SOM pools are also increased by leaves' senescence, and by animals returning undigested fibre to the soil.

SOM increase improves soil nutrient availability and water holding capacity, thus increasing plant productivity and reducing surface runoff of water, which in turn decreases sediment loss and soil erosion (EEA, 2004). Decreasing water runoff and soil erosion have positive effects even outside the plot. Sediments, nutrients, organic matter and pesticides carried in water contribute to silting, eutrophication and contamination of surface waters. These effects are known, but their true costs are still hard to estimate. Nitrogen fixation by legumes eliminates nitrogen fertilizer consumption, whose production is highly energy demanding, and therefore responsible for high greenhouse gas emissions. Finally, both increased stocking rate and reduced fertilizer use increase the economic viability of the

farms. This is particularly important because socio-political and economic conditions are barriers to the successful implementation and management of pasture systems which provide environmental services (Neely *et al.*, 2009).

It has only been shown (Teixeira *et al.*, 2010) that SBPPRL store more carbon in soils than NG, due to SOM increases. However, no grassland system stores carbon indefinitely. As SOM content increases, so does the organic matter mineralization rate. As input and mineralization rate become equal, eventually a steady-state is reached. In that steady-state, there is no more carbon sequestration. Therefore, even though the environmental and economic co-benefits of high SOM concentration remain in the long term, it is important to determine whether the system is, overall, a carbon sink. In order to do so, all effects in terms of greenhouse gases (GHG) must be assessed.

In this paper we determine the carbon balance of NG and SBPPRL. This carbon balance considers sequestration in soils, but also emissions from all sources. In the next section we describe the model for GHG emissions and sinks in pastures, before turning to the calculations. In the discussion, we interpret results in light of current knowledge, before concluding on whether SBPPRL are an answer to the calling made by FAO (2009).

MATERIALS AND METHODS

FIELD DATA USED

We used field data collected from 2001 to 2005 (Table 1) in several locations in Portugal, during two demonstration projects.

Table 1 – Soil and site characterization in the sites of Projects Agro 87 (farms 1 to 6) and Agro 71 (farms 7 and 8) (Carneiro *et al.*, 2005).

Farm No.	Farm	Location	Soil original material	Texture*
1	H. Cabeça Gorda	Vaiamonte	Gneiss	Loam
2	H. Monte do Mestre	São Vicente	Limestone	Loamy clay
3	H. Claros Montes	Pavia	Granite	Loamy sand
4	H. Refróias	Cercal	Schist	Loamy sand
5	H. Cinzeiro e Torre	Coruche	Sandstone	Sand
6	Quinta da França	Covilhã	Granite	Loamy sand
7	H. Monte da Achada	Castro Verde	Schist and Greywacke	Sandy loam
8	H. Corte Carrilho	Mértola	Schist	Loamy sand

***The “feel” method was used. The textural class is ascertained by rubbing a sample of the soil in a moist to wet condition, between the thumb and fingers.**

Project AGRO 87, “Sown biodiverse permanent pastures rich in legumes – a sustainable option for degraded land use” (Carneiro *et al.*, 2005) collected samples in six farms. At the same time, Project PAMAF 4073, which was continued as Project AGRO 71, “Recovery and improvement of Alentejo’s degraded soils using grasslands” was also analysing samples from two more farms. In each farm, two

plots were monitored – one consisting of NG, and another one of SBPPRL. Plot areas ranged from 5 to 15 ha. Grazing livestock were either cows or sheep. Each plot's soil and landscape type was approximately homogeneous. These pastures were not isolated test sites. They were located in private land currently used by farmers for animal production. Prior to the beginning of the projects, plots were used in a system of long cereal/fallow rotations – one year of crop production for each five to seven years of fallow (which was used as a “natural pasture” featuring spontaneous herbaceous plants).

OVERALL MODEL OF PASTURES

The model of carbon (C) and nitrogen (N) cycle processes contributing to the GHG balance in grasslands can be read as follows. Legumes and grasses grow in consociation using atmospheric CO₂. Symbiotic associations of legumes and microorganisms, namely *Rhizobium* (Bot and Benitez, 2005), fix atmospheric nitrogen as well. Belowground, a complex set of reactions between plant (roots), soil mineral particles, microorganisms and macrofauna (earthworms, etc.) takes place (Ostle *et al.*, 2009).

Three important outputs, in terms of GHG come out of the sum of these processes: SOM accumulation in soils, leaching of SOM particles and dissolved N, and emission of N₂O to the atmosphere. The aboveground part of the plants is eaten (on site or off-site) by animals, and be complemented by feeds (C and N import). Either through the process of enteric fermentation or from the degradation of wastes, there is some emission of CH₄ and N₂O. Finally, there is application of limestone to increase pH, and there is a corresponding emission of CO₂.

In these grassland systems there is no off-site digestion by animals (only direct grazing), and there are no applications of organic fertilizers (for a discussion on the implications of both fluxes on the global balance, see Soussana *et al.*, 2007).

CARBON BALANCE

The carbon balance of pastures can thus be defined as the overall balance from several subsystems, namely the soil system, the plant system and the animal system. All of these exchange greenhouse gases (GHG) with the atmosphere. The overall carbon balance is shown in Figure 1.

The carbon balance of the plant system (all variables in kg C ha⁻¹ year⁻¹) is:

$$F_p^{CO_2} - F_{r,plant}^{CO_2} = P_a^C + P_b^C, (1)$$

This means that the flux of CO₂ sequestered by the plant through photosynthesis (F_p^C) minus the plant respiration ($F_{r,plant}^{CO_2}$) will incorporate the total plant biomass production (P_t^C), which is equal to the sum of above (P_a^C) and belowground (P_b^C) biomass. Total production is separated in above and belowground according to the root to shoot (R:S) ratio of pasture plants (equal to P_b^C/P_a^C). Therefore, the aboveground production is equal to:

$$\frac{1}{1+R:S} P_t^C = C_s + C_i, (2)$$

where C_s is input (output from plant) of biomass to the soil by leave senescence, and C_i is ingestion by livestock. Under correctly managed grazing, around 30% of plant biomass escapes the intake by animals (Mazzanti *et al.*, 1994, cit. in Sanaulluah *et al.* 2009), and therefore $C_s = 0.30 P_a^C$, which means that $1/R:S P_t^C = (1-0.30)^{-1} C_i$. Intake by animals is, on average, $C_i = 4.8 \text{ kg C LU}^{-1} \text{ day}^{-1}$ (Thornley, 1998, cit. in Soussana *et al.*, 2007). Assuming that livestock grazes half of the year (during Spring and Autumn, even though the intake is highly variable), then $C_i = 0.88 \text{ t C LU}^{-1} \text{ year}^{-1}$, or con-

verting to equivalent CO₂, C_i = 3.2 t CO₂e LU⁻¹ year⁻¹. Furthermore, the IPCC (1997) indicates 2.8 as the default root to shoot ratio (R:S) for semi-arid grasslands. This value is consistent with the R:S of 0.5 to 4.8 in grazed pastures, which is the range of the comprehensive data for several regions gathered by Coupland (1976).

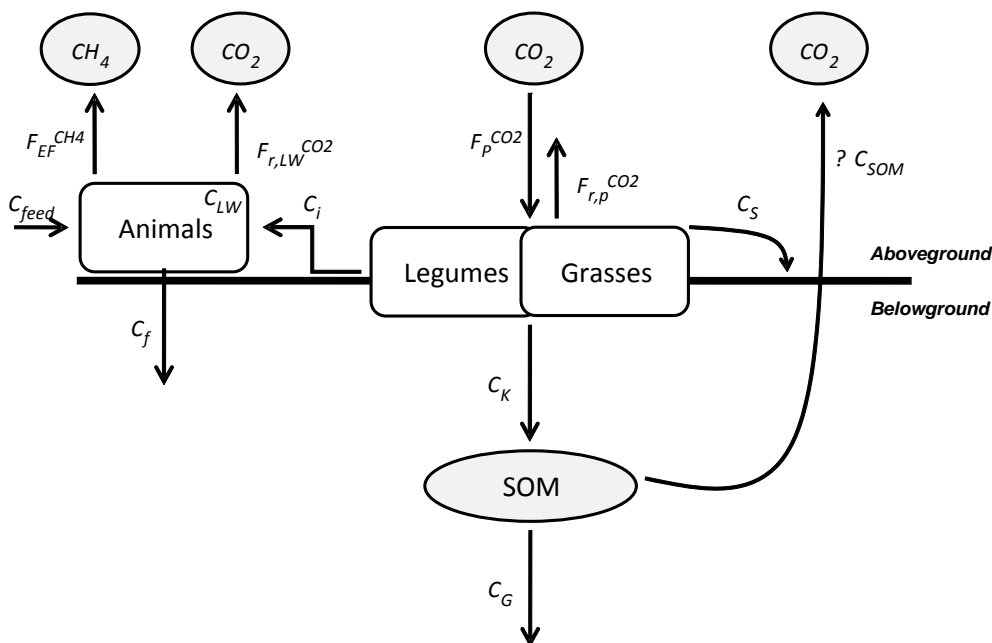


Figure 1 – Carbon balance in the grassland systems.

Belowground production will be equal to:

$$\frac{R:S}{1+R:S} P_t^C = K_{\text{roots}} + C_G, (3)$$

where K_{roots} is SOM input due to soil processes of humus formation from roots, and C_G is emissions from leached organic matter to groundwater involved in leaching. In this paper, we consider C_G = 0.

Therefore, the soil stock will in turn be:

$$C_K - \alpha C_{\text{SOM}} = K_{\text{roots}} + C_S + C_f, (4)$$

where C_K - α C_{SOM} is the balance between the total carbon input (from roots, leave senescence and faeces) and the mineralized fraction of the existing SOM pool, and C_f is input from livestock faeces. According to APA (2009), daily excretion by cows is 2.79 kg_{dry matter} LU⁻¹ day⁻¹. Considering that livestock grazes half of the year, and assuming that 58% of the excreted dry matter is C, then C_f = 1.8 t CO₂e LU⁻¹ year⁻¹.

Regarding the livestock balance, it may be put as:

$$C_i + C_{\text{feed}} = F_{r,LW}^{\text{CO}_2} + C_{\text{LW}} + F_{\text{EF}}^{\text{CH}_4} + C_f, (5)$$

where C_{feed} is concentrated feed intake, F_{r,LW}^{CO₂} is livestock respiration (which, according to Soussana *et al.*, 2007, is around 1 t CO₂ LU⁻¹ year⁻¹), C_{LW} is net C incorporated in the animal live weight exported from the field, and F_{EF}^{CH₄} are carbon losses from CH₄ emissions from enteric fermentation.

Breeding cows are kept in pastures but each cow has one steer per year, which is typically removed at birth or after six months. In the second case, each 6 month-old steer weighs around 250 kg. 0 - 20% of this weight is carbon, and therefore the C exported, translated into CO₂e, is at most C_{LW} = 0.18 t CO₂ LU⁻¹ year⁻¹. We considered this figure negligible, and therefore removed it from calculations.

The overall balance, from the sum of all the sub-systems is:

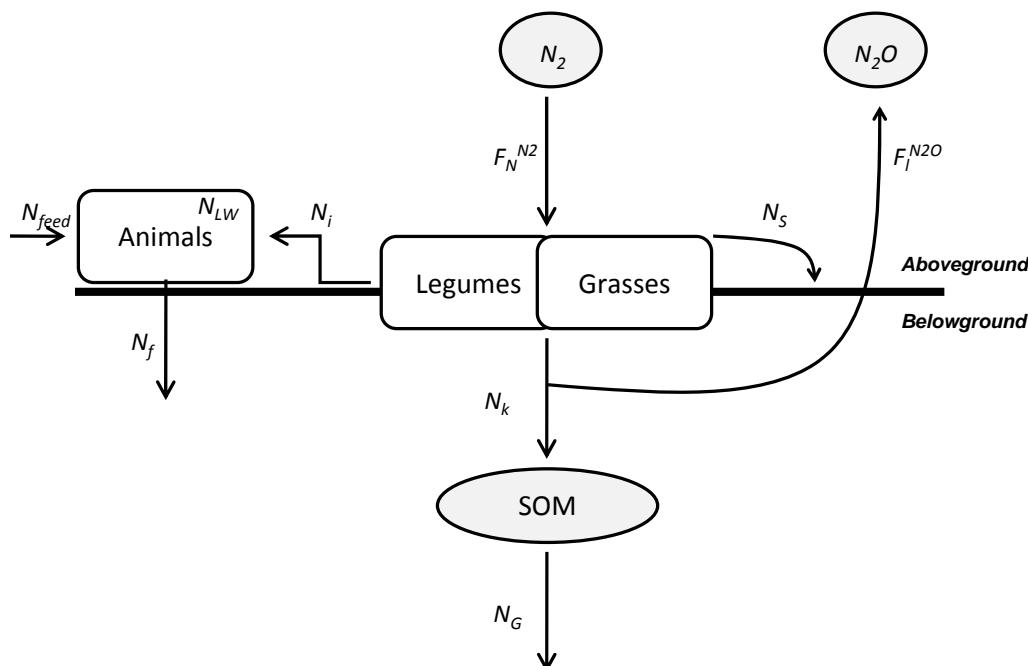
$$F_P^{CO_2} + C_{feed} = C_K - \alpha C_{SOM} + C_{LW} + C_G + F_{r,plant}^{CO_2} + F_{r,LW}^{CO_2} + F_{EF}^{CH_4}, (6)$$

This means that the overall carbon inputs to the system are sequestration of C during photosynthesis by plants and (possible) introduction via feeds. This carbon is either stored as SOM (balance between entry and mineralized fraction), exported as animal live weight, lost to groundwater, emitted from respiration by plants and livestock, or is emitted by enteric fermentation. Note that $P_t^C = F_P^{CO_2} - F_{r,plant}^{CO_2}$, and therefore the two terms may be estimated together measuring total biomass production.. Note also that C_{feed}, C_{LW} and C_G are equal to zero.

NITROGEN BALANCE

The nitrogen balance can also be defined according to the three sub-systems defined for the carbon balance, as shown in Figure 2.

Figure 2 – Nitrogen balance in the grassland systems.



In this case, there is an N₂ input due to legumes (instead of CO₂), and so the plant sub-system may be defined as (all variables in in kg N ha⁻¹ year⁻¹):

$$F_1^{N_2} = P_a^N + P_b^N, (7)$$

This means that the flux of N₂ sequestered by legumes (F_{1^{N2}}) will be incorporated either its above (P_{a^N}) or belowground (P_{b^N}) biomass, the sum of which is N in the total biomass (P_{t^N}). As for carbon, total production is separated in above and belowground according to the root to shoot (R:S) ratio of pasture plants. Therefore, the aboveground part is equal to:

$$\frac{1}{1+R:S} P_t^N = N_s + N_i, (8)$$

where N_s is nitrogen in input (output from plant) of biomass to the soil by leaves' senescence, and N_i is N ingestion by livestock. Analogously to the C balance, $P_a^N = (1-0.30)^{-1} N_i$, due to the relation between production and senescence.

Belowground production will be equal to:

$$\frac{R:S}{1+R:S} P_t^N = N_K + N_G, (9)$$

where N_K is the N incorporated in the SOM stock due to soil processes of humus formation from roots and N_G is N lost from leaching. We consider $N_G \approx 0$ for both grassland systems: for NG, because there are few legumes and no N-fertilization; for SBPPRL, because experience shows that practically no N is leached. An unpublished study (Rodrigues *et al.*, 2010) from the Mountain Research Centre of the Superior Agronomic School in Bragança (Northern Portugal) has determined that soil inorganic-N levels are low in both grassland systems, and there were no significant risks of nitrogen losses (via nitrate leaching and nitrification and NH_3 volatilization).

Therefore, the soil stock will in turn be:

$$\Delta N_{SOM} = N_K + N_s + N_f + F_1^{N_2O}, (10)$$

where N_{SOM} is N in the SOM pool, N_f is input from livestock faeces and $F_1^{N_2O}$ is the part of soil N which is emitted as N_2O during the complex nitrification/denitrification processes that occur in the soils. Regarding the livestock balance, it may be put as:

$$N_i + N_{feed} = N_{LW} + N_f, (11)$$

where N_{feed} is the N input in concentrated feeds, and N_{LW} is N exported in the animal live weight. As in the C balance, one steer is exported per year, 0 - 2% of which is N, and therefore $N_{LW} = 5 \text{ kg N LU}^{-1} \text{ year}^{-1}$. We also assume that this figure is negligible, and therefore removed it from calculations.

The overall balance, from the sum of all the sub-systems is:

$$F_1^{N_2} + N_{feed} = \Delta N_{SOM} + N_{LW} + N_G + F_1^{N_2O}. (12)$$

This means that nitrogen fixed by legumes is used by legumes themselves and also by grasses to increase biomass. Some feed N may also enter the system. These N inputs are either incorporated in the soil SOM, exported as live weight, re-emitted to the soil as faeces or emitted as N_2O to the atmosphere. Note that $F_1^{N_2} = P_t^N$, and therefore the flux may be estimated using N in total biomass production. Note also that N_{feed} , N_{LW} and N_G are equal to zero.

GREENHOUSE GAS BALANCE

The net greenhouse gas balance (NGHGB) is the sum of the contribution from all GHG weighted by their global warming potential (GWP) in a 100-year time horizon (Forster *et al.*, 2007):

$$NGHGB = GWP_{CO_2} F^{CO_2} + GWP_{CH_4} F^{CH_4} + GWP_{N_2O} F^{N_2O}, (13)$$

where $GWP_{CO_2} = 1$, $GWP_{CH_4} = 25$ and $GWP_{N_2O} = 298$. This balance is equal to the sum of the stock and GHG flux terms in the C and N balances.

We consider that CO_2 sequestration is equal to the only stock term, which is SOM increase through carbon sequestration. Carbon stocked in soil pools is the only immobilized form of carbon in the system, and thus is the only effective sink that can be measured. There is, however, C exportation

in steers and CO₂ emissions from livestock. There are also CO₂ emissions that do not enter the overall plant-soil-atmosphere system, namely carbon emitted due to the application of limestone for acidity correction (C_{lime}). Net CO₂ emissions are thus equal to:

$$F^{CO_2} = \Delta C_{SOM} + C_{LW} + F_{r,LW}^{CO_2} + C_{lime} \quad (14)$$

Optimum conditions for legume production require not-too-low pH. When soil pH(H₂O) is lower than 5.3 (which happens in 20 to 30% of Portuguese soils), CaCO₃ or CaMg(CO₃)₂, depending on the type of limestone used, are applied to SBPPRL. During this operation, limestone is applied on the surface (except when the pasture is installed). After reacting with the soil particles, the cations are incorporated in the soil structure and CO₂ is emitted. The emission factor, attending the stoichiometry of the substances, is around 0.12 kg CO₂ kg⁻¹ limestone applied (IPCC, 2003). We assume that SBPPRL require the application of 2 t CaCO₃ in the installation and then every 4 years (year 4 and year 8 after installation).

The only source of CH₄ is livestock, via enteric fermentation. Therefore, F^{CH₄} = F_{EF}^{CH₄}. There is one further emission of N₂O from soil processes associated with nitrification/denitrification cycles from bacterial activities related to N fixation by legumes. Therefore, F^{N₂O} = F₁^{N₂O}.

CO₂ SEQUESTRATION AND STOCK

Some authors, such as Soussana *et al.* (2007) and Aires *et al.* (2008) measure carbon sequestration in grasslands using net ecosystem exchange flux measurement. In this paper we use soil analyses, and calculate it from SOM increases. We use results from Teixeira *et al.* (2010), who use data from soil samples collected in NG and SBPRL rainfed plots under management by farmers. Depth of sampling was 0-10 cm, which is the layer most subjected to changes from land management in pastoral systems (Drewry, 2006). Teixeira *et al.* (2010) calibrate a model using two statistical approaches to estimate average SOM increases in the grassland systems. They conclude that both approaches are similar, and therefore in this paper we use the average result of both estimation procedures. Their model for SBPPRL is, then:

$$\frac{\Delta SOM_t}{\Delta t} = \begin{bmatrix} 0.116 (t = 1) \\ 0.651 (t > 1) \end{bmatrix} + 0.544 SOM_0 - 0.397 SOM_{t-\Delta t}, \quad (15)$$

where SOM is the SOM concentration (measured in mass percentage points, or g_{SOM} 100g⁻¹_{soil}), SOM₀ is the initial SOM concentration and Δt is the time interval (the model was obtained for yearly data, and therefore Δt = 1). The intercept term is different in the first year because SBPPRL are tilled before installation, and the seed bank in the first year consists only on the sown quantity (much less than the seed bank that settles from the second year on). The model for NG is:

$$\frac{\Delta SOM_t}{\Delta t} = 0.031 + 0.488 SOM_0 - 0.278 SOM_{t-\Delta t} \quad (16)$$

We assume that in 1990 all current SBPPRL were NG. Under a *net-net* accounting method, the balance between the systems is carbon sequestered. Since Teixeira *et al.*'s (2010) model requires an initial SOM concentration (at the time of installation), they assume 0.87 g_{SOM} 100g⁻¹_{soil} as a representative value of most soils where SBPPRL are installed. Equations (15) and (16) can therefore estimate the yearly increases in SOM, which can then be converted to CO₂ units. Teixeira *et al.* (2010) indicate that each 1 g_{SOM} 100g⁻¹_{soil} is equivalent to 6.96 or 7.7 t C ha⁻¹ (25.5 or 28.5 t CO₂ ha⁻¹, multi-

plying the previous values by 44 and dividing by 12, which are the molecular weight of CO₂ and atomic weight of carbon, respectively). The two values are obtained assuming soil mineral bulk density (MBD) equal to 1.25 or 1.40 g cm⁻³.

All calculations are made for a 10-year time frame, which is the period of management of SBPPRL without the need to re-sow.

CH₄ EMISSIONS

The overall balance of emissions from animals, in a general situation, ($F_{livestock}$ in kg CO₂e ha⁻¹ year⁻¹) is

$$E_{livestock} = GWP_{CH_4} F_{faeces/manure}^{CH_4} + GWP_{CH_4} F_{EF}^{CH_4} + GWP_{N_2O} F_{faeces/manure}^{N_2O}, \quad (17)$$

where $F_{faeces/manure,CH_4}$, $F_{faeces/manure,N_2O}$ and F_{EF,CH_4} are, respectively, CH₄ and N₂O emissions from faeces or manure, and CH₄ emissions from the process of enteric fermentation (EF). Each of these emissions are calculated as

$$F_{source,GHG} = k_{GHG} SR, \quad (18)$$

where k_{GHG} is the emission rate of each GHG (CH₄ or N₂O), measured in kg GHG head⁻¹ year⁻¹; SR is the average annual stocking rate (head ha⁻¹).

Values for k_{GHG} are obtained from the Portuguese National Inventory Report (NIR) for 2007 (Pereira *et al.*, 2009), as shown in Table 2. Manure is only produced in stables, where aerating conditions are poor and thus digestion of waste is anaerobic. Grazing livestock produce faeces which are well aerated. Therefore, as noted before, the only CH₄ emissions from livestock are due to enteric fermentation.

Table 2 – Emission factors for livestock sources (Pereira *et al.*, 2009).

Animal type	Emission factor (kg head ⁻¹ year ⁻¹)						LU (head ha ⁻¹)
	EF		Manure		Faeces		
	CH ₄	N ₂ O	CH ₄	N ₂ O	CH ₄	N ₂ O	
Non-dairy cattle	56.10	0.00	1.60	0.96	0.00	0.00	1.00
Steers	33.66	0.00	0.96	0.58	0.00	0.00	0.60

Field results show that SBPPRL allow an increase in sustainable stocking rate (Carneiro *et al.*, 2005; Teixeira *et al.*, 2010). Table 3 shows the difference in stocking rates between NG and SBPPRL in the six sites in Portugal controlled from 2001 to 2005 in Project Agro 87. Stocking rates were always double or more in SBPPRL. Note that the sharp decrease in 2004-2005 was due to a severe drought in Portugal (but even then SBPPRL supported the same stocking rate as NG in normal years). Table 3 shows that the measured average stocking rates for NG and SBPPRL are, respectively, 0.42 and 1.03 LU ha⁻¹. For simplicity purposes, we assume round figures of 0.5 and 1.0 LU ha⁻¹ in calculations.

N₂O EMISSIONS

There are basically two ways in the literature to rapidly calculate nitrogen emissions from legumes. The first uses an emission factor per fixed nitrogen unit. The second uses a factor per production of dry matter.

Table 3 – Average yearly stocking rate in SBPPRL and NG in the sites of Projects Agro 87 (Carneiro *et al.*, 2005).

Year *	Average stocking rate (LU.ha ⁻¹)	
	SBPPRL	NG
2001-2002	0.73	0.39
2002-2003	1.13	0.44
2003-2004	1.22	0.43
2004-2005	0.36	0.14
Average **	1.03	0.42

IPCC (1997) considers an N₂O emission factor from legumes of 0.0125 kgN₂O-N kg⁻¹ fixed N. Carneiro *et al.* (2005) state for several locations values for fixed N ranging from 100 (Coruche) to 300 kg ha⁻¹ (Cercal). The average is about 180 kg ha⁻¹. Therefore, emissions would be 1.25 - 3.75 kg N₂O-N ha⁻¹, or 0.4 – 1.2 t CO₂e ha⁻¹, considering the GWP of N₂O. The average would be about 0.7 t CO₂e ha⁻¹

An alternative calculation may be done considering that sown grasslands have higher dry matter (DM) productivity. According to Carneiro *et al.* (2005), productivity varies from 2,000 kg DM ha⁻¹ (Coruche, Portugal) to 9,000 kg DM ha⁻¹ (Quinta da França, Portugal). On average, about 60% of such production is due to legumes (Carneiro *et al.*, 2005). Therefore, and considering an emission factor of 0.001 kg N₂O-N kg⁻¹ DM, emissions would range from 1.2 to 5.4 kg N₂O-N ha⁻¹, or 0.3 to 1.5 t CO₂eq·ha⁻¹, with an average of 0.9 t CO₂eq·ha⁻¹.

In this paper we use the average of the two average values (0.8 t CO₂eq·ha⁻¹).

VALIDATION OF RESULTS

Results obtained may be validated using field data to confirm that the C and N balances close for each sub-system (verifying the equality in each Equation). The parameters we require are the overall production of SBPPRL and N content, which were obtained by Carneiro *et al.* (2005) and are shown in Table 4. These results are the average from the first 4 years after installation.

Table 4 – Dry matter production and average N content of SBPPRL biomass (Carneiro *et al.*, 2005).

Farm #	Total dry matter (kg ha ⁻¹)	Average N content (%)	Average N sequestered (kg ha ⁻¹)
2	9 040	2.42	220
3	5 660	2.47	140
4	10 595	2.81	300
5	3 940	2.50	100
6	8 765	2.72	240
7	6 720	2.81	190
8	4 300	2.47	100
Average	7 000	2.60	184

RESULTS

Results from the application of the emission factors in Table 2 to the changes in stocking rate considered are shown in Table 5. The doubling of the stocking rate will double emissions (1.4 instead of 0.7 t CO₂e ha⁻¹ year⁻¹), since there are no transfers and no changes in feed consumption.

Table 5 – CH₄, N₂O and CO₂e emissions from cattle.

	Breeding cows	
GHG	NG	SBPPRL
t CH ₄ ha ⁻¹	0.028	0.056
t CO ₂ e ha ⁻¹	0.701	1.403

Table 6 shows results for NGHGB for NG, and The C and N balances of SBPPRL and NG are quantified in Table 8. On average, the simplified C balance states that the overall plant production has to be equal to the SOM balance in soils, livestock respiration and emissions from enteric fermentation:

$$P_t^{CO_2} = C_K - \alpha C_{SOM} + F_{r,LW}^{CO_2} + F_{EF}^{CH_4} \quad (19)$$

For example, for SBPPRL, summing the three terms (notice that SOM is the average from the first four years), we obtain an estimated balance of production of 11.73 and 12.82 t CO₂e ha⁻¹ year⁻¹. Production, according to Table 4, was on average 7 t ha⁻¹. Considering that 58 % of production is carbon, and multiplying by 44 and dividing by 12 (respectively the molecular and atomic weights of CO₂ and C), we obtain 14.89 t CO₂e ha⁻¹ year⁻¹. Note that production is equal to the difference between photosynthesis and respiration.

Table 7 for SBPPRL. NGHGB is negative (sink) for both NG and SBPPRL. However, sink in SBPPRL is about three times that of NG, even though there are more emissions in this system than in NG. This is due to the fact that the average ΔC_{SOM} is higher for SBPPRL. Even in the first year, when SBPPRL loose carbon due to tillage and less production, they still increase the SOM pool more than NG. However, once the SBPPRL system becomes an emitter (more emissions from soils and cattle than carbon sequestration), which happens at the 6th or 7th year, it emits more than NG even in the most favourable scenario for SBPPRL.

Table 6 – NGHGB for NG.

Year	ΔC _{SOM}		C _{LW}	F _{r,LW} ^{CO₂}	C _{lime}	F _{EF} ^{CH₄}	F ₁ ^{N₂O}	NGHGB	
	MBD =	MBD =						MBD =	MBD =
1	-4.96	-5.54	0.18	0.50	0.00	0.70	0.00	-3.58	-4.15
2	-3.69	-4.12	0.18	0.50	0.00	0.70	0.00	-2.31	-2.74
3	-2.77	-3.10	0.18	0.50	0.00	0.70	0.00	-1.39	-1.72
4	-2.10	-2.34	0.18	0.50	0.00	0.70	0.00	-0.72	-0.96
5	-1.60	-1.79	0.18	0.50	0.00	0.70	0.00	-0.22	-0.40
6	-1.23	-1.37	0.18	0.50	0.00	0.70	0.00	0.15	0.01
7	-0.95	-1.06	0.18	0.50	0.00	0.70	0.00	0.43	0.32
8	-0.74	-0.83	0.18	0.50	0.00	0.70	0.00	0.64	0.55
9	-0.58	-0.65	0.18	0.50	0.00	0.70	0.00	0.80	0.73
10	-0.46	-0.51	0.18	0.50	0.00	0.70	0.00	0.92	0.87
Average	-1.91	-2.13	0.18	0.50	0.00	0.70	0.00	-0.53	-0.75

The C and N balances of SBPPRL and NG are quantified in Table 8. On average, the simplified C balance states that the overall plant production has to be equal to the SOM balance in soils, livestock respiration and emissions from enteric fermentation:

$$P_t^{CO_2} = C_K - \alpha C_{SOM} + F_{r,LW}^{CO_2} + F_{EF}^{CH_4}. \quad (19)$$

For example, for SBPPRL, summing the three terms (notice that SOM is the average from the first four years), we obtain an estimated balance of production of 11.73 and 12.82 t CO₂e ha⁻¹ year⁻¹. Production, according to Table 4, was on average 7 t ha⁻¹. Considering that 58 % of production is carbon, and multiplying by 44 and dividing by 12 (respectively the molecular and atomic weights of CO₂ and C), we obtain 14.89 t CO₂e ha⁻¹ year⁻¹. Note that production is equal to the difference between photosynthesis and respiration.

Table 7 – NGHGB for SBPPRL.

Year	ΔC_{SOM}		C_{LW}	$F_{r,LW}^{CO_2}$	C_{lime}	$F_{EF}^{CH_4}$	$F_1^{N_2O}$	NGHGB	
	MBD = 1.25 g cm ⁻³	MBD = 1.40 g cm ⁻³						MBD = 1.25 g cm ⁻³	MBD = 1.40 g cm ⁻³
1	-5.53	-6.18	0.18	1.00	0.24	1.40	0.80	-1.91	-2.56
2	-14.97	-16.72	0.18	1.00	0.00	1.40	0.80	-11.59	-13.33
3	-10.06	-11.23	0.18	1.00	0.00	1.40	0.80	-6.68	-7.85
4	-6.77	-7.56	0.18	1.00	0.24	1.40	0.80	-3.15	-3.93
5	-4.56	-5.09	0.18	1.00	0.00	1.40	0.80	-1.17	-1.70
6	-3.07	-3.43	0.18	1.00	0.00	1.40	0.80	0.31	-0.05
7	-2.07	-2.31	0.18	1.00	0.00	1.40	0.80	1.31	1.07
8	-1.40	-1.56	0.18	1.00	0.24	1.40	0.80	2.22	2.06
9	-0.95	-1.06	0.18	1.00	0.00	1.40	0.80	2.44	2.33
10	-0.64	-0.71	0.18	1.00	0.00	1.40	0.80	2.74	2.67
Average	-5.00	-5.58	0.18	1.00	0.07	1.40	0.80	-1.55	-2.13

Therefore, the balance closes with 79 or 86 % of accuracy. This means that production is higher than the sum of the outputs. For NG, we did not have production figures, and therefore we estimate that NG produce half of the biomass as SBPPRL, since the stocking rate is also half. Balance closure is lower for NG, at around 62 – 68 %.

The simplified version of the nitrogen balance is

$$P_t^N = \Delta N_{SOM} + F_1^{N_2O}. \quad (20)$$

According to Rodrigues *et al.* (2010), the C:N content of SOM in SBPPRL is around 10. The average SOM_N in the first four years is then 255 or 284 kg N ha⁻¹ year⁻¹. N emissions from legumes are 0.8 t CO₂eq·ha⁻¹, which is equal to 3 kg N₂O-N. The sum of both is about 258 or 284 kg N ha⁻¹ year⁻¹. According to Table 4, the average N in SBPPRL plants is 184 kg N ha⁻¹ year⁻¹. This means only 44 or 60 % accuracy. For NG, we used the same assumption for half of the production with the same N content. The percentage of closure is higher, at 88 – 100 %. However, for both grassland systems, output

is higher than estimated N in biomass. We can also calculate the balance for each sub-system and see where the closure error comes from. We only show results for SBPPRL.

The carbon balance for aboveground biomass states that production ($P_a^{CO_2}$) is equal to the sum of carbon loss via leaf senescence (C_s) and ingestion by animals (C_i), which in turn is equal to $1/0.7 C_i$. Average aboveground production is equal to total production divided by $1 + R:S$. We obtain $3.9 \text{ t CO}_2\text{e ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$. C_i is equal to $3.2 \text{ t CO}_2\text{e ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$ (82 % balance closure). This indicates that average production in SBPPRL may not be completely consumed by grazing animals (and thus a higher sustainable stocking rate is possible), or that the intake is higher than estimated in SBPPRL.

The nitrogen balance for aboveground biomass states that aboveground N is equal to N lost by leaves senescence and ingestion by animals. Assuming a C:N of biomass also equal to 25 (standard for grasses and legumes), then the sum of both outputs is equal to $183 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$, while the average N in SBPPRL plants is $184 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$ (100% closure).

Table 8 – C and N balances for SBPPRL and NG.

C balance in ($\text{t CO}_2\text{e ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$)			N balance ($\text{kg N ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$)		
Term	SBPPRL	NG	Term	SBPPRL	NG
$C_K - \alpha C_{SOM}$ (first 4 years)	9.33 - 10.42	3.38 - 3.77	ΔN_{SOM} (first 4 years)	255 - 284	92 - 103
$F_{EF}^{CH_4}$	1.40	0.70	$F_1^{N_2O}$	3	0
$F_{r,LW}^{CO_2}$	1.00	0.50			
$C_K - \alpha C_{SOM} + F_{r,LW}^{CO_2} + F_{EF}^{CH_4}$	11.73 - 12.82	4.58 - 4.97	$N_k + N_G + N_{LW} + F_1^{N_2O}$	258 - 284	92 - 103
$P_t^{CO_2} = F_P^{CO_2} - F_{r,plant}^{CO_2}$	14.89	7.44	P_t^N	184	92
% closure	79 - 86 %	62 - 67%	% closure	(-) 44 - 60%	(-) 88 - 100%

The carbon balance for belowground biomass states that production ($P_b^{CO_2}$) is equal to SOM accumulation in soils due to incorporation of roots (K_{roots}). Belowground production is equal to aboveground production multiplied by the R:S, and therefore is $10.9 \text{ t CO}_2\text{e ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$. However, K_{roots} is not obtained directly, and can only be calculated using the balance of the soil sub-system in Equation (4), which states that K_{roots} is equal to the overall SOM yearly accumulation minus the C entry from leaf senescence and faeces. In that case, $K_{roots} = 5.43 - 6.52 \text{ t CO}_2\text{e ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$ (58 – 63 % closure). This indicates that belowground production may be overestimated (R:S used is too high), or that SOM storage is underestimated.

The nitrogen balance for belowground biomass also requires N_k , the N output to soil, to be determined using the balance to soils, as the N stock is SOM minus the N entering soils from senescence, faeces and the N emitted as N_2O . The balance of these terms is $125 - 157 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$. In the belowground balance, this value must be equal to N in belowground production, which is obtained as N in aboveground production times the R:S, and therefore is $516 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$ (24 – 30 % closure). Note that this balance assumes that all N is stocked in SOM, since we did not account any more gases leaving the system.

Regarding the balance from animals, removing the null terms, it states that the ingested C is either respired, emitted as CH₄ or expelled as faeces. As indicated before, C_i is equal to 3.2 t CO₂e ha⁻¹ year⁻¹. The sum of the other terms is equal to 4.2 t CO₂e ha⁻¹ year⁻¹ (76% closure), which means that either ingestion is underestimated, or emissions are overestimated.

Finally, the N balance from livestock states that N ingestion is equal to N in faeces. Since N_i = 183 kg N ha⁻¹ year⁻¹, and N_f = 72 kg N ha⁻¹ year⁻¹, there is only 39 % closure. This means that not all terms were accounted, and ingested N is emitted or expelled from the animals in other forms.

DISCUSSION

In this paper we calculated the carbon balance of two grassland systems in Portugal, namely NG and SBPPRL. For SBPPRL, we obtained an average carbon sink (in 10 years) of 1.55 – 2.13 t CO₂ ha⁻¹ year⁻¹, depending on the mineral bulk density (1.25 or 1.40 g cm⁻³). NG also have a significant sink potential of 0.53 – 0.75 t CO₂ ha⁻¹ year⁻¹. These values are similar to those found by Soussana *et al.* (2007) and Byrne *et al.* (2007) in similar studies. There was a third system studied by Teixeira *et al.* (2010), which consist on the fertilization of NG. However, we did not consider it here, since it is an intermediate situation between the two systems we studied.

The sink potential is obtained from a high NEE, due to carbon sequestration and storage as SOM. The yearly sink may be as high as around 15 t CO₂ ha⁻¹ for SBPPRL. During this stage, NBP is negative, which means that more production is stored than exported. However, the sink effect phases out as SOM pools stabilize, and the NBP becomes positive. After around 8 years, pastures become emitters. Since the stocking rate is higher and legumes emit more, after eight years NG have a lower carbon balance than SBPPRL. Still, it is important to notice that we used one hectare as the functional unit in the calculation, since it is also the base for Kyoto reporting. If we had used kilogram of meat produced, quilogram of protein in feed, or Euro of meat sold, results could change. SBPPRL are richer in legumes than NG, and provide a better quality feed to livestock. Results of food chain monitoring done in the context of Project Extensivity (Ralha *et al.*, 2008) showed that meat from livestock fed in SBPPRL is of higher quality, and richer in saturated fatty acids.

Even though the functional unit used here is conservative, after 8 years SBPPRL are almost at 3% SOM (Teixeira *et al.*, 2010). Soils with such high SOM concentration are more productive and farms benefit from overall environmental effects (decreased soil erosion, increased water holding retention). From that point on, those other agronomic, economic and environmental benefits of the systems may justify its maintenance for a longer term.

Several studies, such as Soussana *et al.* (2007) and Byrne *et al.* (2007) have tried to determine a correct number for worldwide carbon sequestration potential via grassland management. Their results are similar in order of magnitude to those obtained in this paper.

We obtain two sets of values, one for each soil MBD. The lowest MBD (1.25 g cm⁻³) is the indicative in Portugal (Maria de Fátima Calouro, personal communication), but soils which are not tilled are more compact, and thus MBD is likely higher (1.40 g cm⁻³) (Mário Carvalho, personal communication). Unpublished results (Carlos Aguiar, personal communication) from tests in one of the SBPPRL plots in the sample, namely Quinta da França, show an average MBD of 1.55 g cm⁻³, with a standard deviance of 0.09 g cm⁻³ (results from samples ranging from 1.37-1.82 g cm⁻³). More compact soils are usually problematic, particularly in the upper layer due to livestock stomping (Greenwood *et*

al., 2001). In those conditions, a rigid layer is created that imposes a barrier for plant growth and water infiltration (Bot and Benitez, 2005). However, in these grasslands, plants are annual, and the root system renews every year, leaving aeration channels which maintain a macropore structure in soils crucial for production (Drewry *et al.*, 2007). Furthermore, field work done in the context of Project Extensity showed that SBPPRL increase soil biodiversity, particularly macrofauna (Henriques *et al.*, 2006). Earthworms and insects create holes from which water and other organic matter penetrates the soil, which balances the effect of increased MBD (Bot and Benitez, 2005).

The calculations made for the C and N balances of the overall system and of each sub-system (aboveground and belowground plant, soil and animal), showed that the percentage of balance closure is usually higher than 50 % but significantly lower than 100 %, and higher for C than for N balances. This is mainly due to the fact that we did not include all N emissions to the atmosphere. We also did not use a grassland-specific R:S, turning instead to the literature. But the R:S used (2.8) seems to be too high, which was the cause for some of the balances not closing. In general, the limitations in our approach seem to be conservative for SBPPRL, since results suggest that the sustainable stocking rate can be higher or animals can eat more, and emissions are overestimated.

Table 9 – % of closure for C and N balances for SBPPRL, and main explanations.

Balance (SBPPRL)	Closure (%)	Likely explanation(s)
C – overall	79 – 86	Production overestimated, or either SOM storage or emissions underestimated
N – overall	(-) 44 – 60	N in biomass underestimated
C – aboveground	82	Not all production is consumed, and thus a higher stocking rate is possible, or C intake is underestimated
N – aboveground	100	-
C – belowground	58 – 63	Belowground production overestimated (R:S too high), or SOM storage underestimated
N – belowground	24 – 30	There are many more emissions from soil (NH ₃ , N ₂ , etc.) which were not included
C – soil	-	Cannot be calculated (no measured K _{roots})
N – soil	-	Cannot be calculated (no measured N _K)
C – animal	(-) 76	Ingestion is underestimated, or emissions are overestimated
N – animal	39	Ingested N is emitted or expelled from the animals in other forms

One important assumption regards N₂O emissions. These emissions from soils change as legume percentage changes, as well as soil C:N ratios (Bot and Benitez, 2005; Ostle *et al.*, 2009). Legume percentage is known to be higher in the first years in SBPPRL, but C:N ratios decrease in pastures (Rodrigues *et al.*, 2010). These two effects have contradictory results in N₂O emissions, and the overall balance is unknown. Besides, calculations made for N balances suggest that N₂O emissions may be overestimated.

Some authors have already claimed that N₂O emissions, estimated using typical emission factors from IPCC (1997), could be overestimated. Li *et al.* (2005), modelled carbon sequestration en-

hancement strategies, and found that carbon dynamics influences nitrogen dynamics. They estimate that, when SOM increases, the increase in N₂O emissions diminishes or even eliminates the carbon sequestration. However, empirical studies like Crews and Peoples (2004), Kammann *et al.* (1998), Ledgard (2001) or Rochette and Janzen (2005) state that emission factors are systematically overestimated, and find values close to the lowest extreme of the interval presented here. These studies refer to mixes of grass and legumes, and therefore are a valid approximation of the system studied here. In equilibrium, it is very likely that fixed nitrogen is fully consumed by grasses.

CONCLUSIONS

The Copenhagen summit was the stage for a side event in which the Portuguese delegation presented a system which responds to FAO's calling for original solutions (Domingos *et al.*, 2009). In the European Union negotiations which followed the Kyoto Protocol, Portugal was allowed an increase in its emissions of 27% in relation to 1990. However, that limit was met in the late nineties, and a significant deficit was previewed for the accounting period of 2008-2012. Portugal had to find several additional measures to overcome the deficit. Among them was the decision to account for all optional land use, land use change and forestry (LULUCF) activities under Article 3.4 of the Kyoto Protocol, and particularly "grassland management", due to SBPPRL.

SBPPRL are a reply to FAO's (2009) calling for original solutions for carbon sequestration in grasslands. Their implementation potential is high in Portugal and other countries of similar soil and climate conditions (Mediterranean and other semi-arid regions). The Portuguese Program for Climate Change (PNAC, 2006) admits a potential of carbon sequestration of 5 t CO₂ ha⁻¹ year⁻¹ in 70,000 ha for grassland management. This adds up to 0.35 Mt CO₂e year⁻¹, about 10% of the deficit.

In order to help comply with the Kyoto target, the Portuguese Carbon Fund initiated in 2008 a programme for the support of emission reductions projects in Portugal. Under this programme, and recognizing that PNAC's (2006) estimates were below the implementation potential of these pastures, a project providing payments to farmers for the sequestration of carbon in grasslands is being financed with a total budget of 8.5 M€, and is expected to deliver an emission reduction of 0.91 Mt CO₂e until 2012. This was the project presented by Portugal at the Copenhagen summit (Domingos *et al.*, 2009). The project involves the sequestration in soil carbon resulting from the installation in 2009 and 2010 of about 42,000ha of SBPPRL, involving about 1,000 farmers in its implementation.

ACKNOWLEDGMENTS

We thank projects "AGRO 87 – Biodiverse Permanent Pastures Rich in Legumes", developed between 2001 and 2004, and "AGRO 71 – Recovery and Improvement With Pastures of Degraded Soil in Alentejo", from 1997 to 2004, both under the responsibility of some Research Departments of the National Institute for Agriculture and Fisheries Research. This work is supported by Project Biopast (PTDC/AGR – AAM/69637/2006) and by Fundação para a Ciência e Tecnologia by grant SFRH/BD/25399/2005 (to R. Teixeira).

REFERENCES

- AIRES, L.M.; PIO, C.A.; PEREIRA, J.S., 2008. Carbon dioxide exchange above a Mediterranean C3/C4 grassland during two climatologically contrasting years. *Global Change Biol.* **14**, 539-555.
- BOT, A.; BENITES, J., 2005. *The importance of soil organic matter: Key to drought-resistant soil and sustained food and production*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.

- CARNEIRO, J.P. *et al.* (eds), 2005. *Relatório Final do Projecto AGRO 87* (“Final Report of the Agro 87 Project”, in Portuguese). Estação Nacional de Melhoramento de Plantas, Universidade de Évora, Instituto Superior de Agronomia, Direcção Regional de Agricultura do Alentejo, Fertiprado, Laboratório Químico Agrícola Rebelo da Silva.
- COUPLAND, R.T., 1976. *Grassland Ecosystems of the World: Analysis of Grasslands and their Uses*. Cambridge University Press, Cambridge.
- CREWS, T.E.; PEOPLES, M.B., 2004. Legume versus fertilizer sources of nitrogen: ecological trade-offs and human needs. *Agric. Ecosyst. Environ.* **102**, 279-297.
- DOMINGOS, T.; TEIXEIRA, R.; RODRIGUES, N., 2009. Project Terraprima-Portuguese Carbon Fund: Carbon Sequestration in Sown Biodiverse Pastures. Side Event Presentation at the United Nations Climate Change Conference, December 10, Copenhagen.
- DREWRY, J.J., 2006. Natural recovery of soil physical properties from treading damage of pastoral soils in New Zealand and Australia: A review. *Agric. Ecosyst. Environ.* **114**, 159-169.
- DREWRY, J.J.; CAMERON, K.C.; BUCHAN G. D., 2007. Pasture yield and soil physical property responses to soil compaction from treading and grazing — a review. *Australian Journal of Soil Research* **46**, 237–256
- EEA, 2004. *Reports of the Technical Working Groups, Established Under the Thematic Strategy for Soil Protection, Volume III, Organic Matter*. VAN-CAMP, L. *et al.* (eds.). European Environmental Agency of the European Union, Copenhagen. Available at: http://eusoils.jrc.it/ESDB_Archive/Policies/STSWeb/start.htm.
- EHLERINGER, J.; MOONEY, H.A., 1983. Productivity of desert and Mediterranean-climate plants, in: ZIMMERMANN, M.H.; PIRSON, A. (eds.), *Encyclopaedia of Plant Physiology*, Springer-Verlag, pp. 205–231, Berlin.
- FAO/CIHEAM, 2008. Sustainable Mediterranean Grasslands and their Multi-Functions *Options Méditerranéennes, Serie A: Séminaires Méditerranéens, n° 79*.
- FAO, 2009. Grasslands: Enabling their potential to contribute to greenhouse gas mitigation. Submission to the UNFCCC by the Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. Available at: <http://www.fao.org/forestry/foris/data/nrc/UNFCCCgrassland25.pdf>.
- FORSTER, P. *et al.*, 2007. Changes in Atmospheric Constituents and in Radiative Forcing, in: SOLOMON, S.D. *et al.* (eds.), *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA.
- GREENWOOD, K.L.; McKENZIE, B.M., 2001. Grazing effects on soil physical properties and the consequences for pastures: a review. *Australian Journal of Experimental Agriculture* **41**, 1231-1250.
- HENRIQUES, T. *et al.*, 2008. Relatório final de monitorização da biodiversidade nas herdades-piloto (“Final report of biodiversity monitoring in pilot farms”). Project Extensity - Environmental and Sustainability Management Systems in Extensive Agriculture, Task 5 Report, Liga para a Protecção da Natureza, Castro Verde.
- INE, 2009. Instituto Nacional de Estatística (National Statistics Institute). <http://www.ine.pt>.
- IPCC, 1997. *Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. IPCC/OECD/IEA. HOUGHTON, J. T. *et al.* (eds.). Intergovernmental Panel on Climate Change, Paris. Available at <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/invs1.htm>

- IPCC, 2003. *Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry*. Institute for Global Environmental Strategies (IGES). PENMAN, J. *et al.* (eds.). Intergovernmental Panel on Climate Change, Hayama. Available at http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/lulucf/gpglulucf_unedit.html
- KAMMANN, C.; GRÜNHAGE, L.; MÜLLER, C.; JACOBI, S.; JÄGER, H.J., 1998. Seasonal variability and mitigation options for N₂O emissions from differently managed grasslands. *Environmental Pollution* **102**, 179-186.
- LEDGARD, S., 2001. Nitrogen cycling in low input legume-based agriculture, with emphasis on legume/grass pastures. *Plant and Soil* **228**, 43-59.
- LI, C.; FROLKING, S.; BUTTERBACH-BAHL, K., 2005. Carbon sequestration in arable soils is likely to increase nitrous oxide emissions, offsetting reductions in climate radiative forcing. *Climatic Change* **72**, 321-338.
- MAZZANTI, A.; LEMAIRE, G.; GASTAL, F., 1994. The effect of nitrogen fertilization upon the herbage production of tall fescue swards continuously grazed with sheep. II - Herbage consumption. *Grass Forage Sci* **49**, 352-359
- NEELY, C.; BUNNING, S.; WILKES, A., 2009. *Review of evidence on drylands pastoral systems and climate change: Implications and Opportunities for mitigation and adaptation*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- OSTLE, N.J. *et al.*, 2009. Integrating plant-soil interactions into global carbon cycle models. *Journal of Ecology* **97**, 851-863.
- PEREIRA, T.C.; SEABRA, T.; MACIEL, H.; TORRES, P., 2009. *Portuguese National Inventory Report on Greenhouse Gases, 1990-2007*. Submitted under the United Nations Framework Convention on Climate Change and the Kyoto Protocol. Portuguese Environmental Agency, Amadora. Available at: <http://www.apambiente.pt/politicasambiente/Ar/InventarioNacional/Paginas/default.aspx>.
- PINHEIRO, A.C.; RIBEIRO, N.A.; SUROVÝ, P., 2008. Economic implications of different cork oak forest management systems. *Int. J. Sustainable Society* **1**, 149-157.
- PNAC, 2006. *Programa Nacional para as Alterações Climáticas – avaliação do estado de cumprimento do Protocolo de Quioto*. Instituto do Ambiente, Centro de Estudos de Economia da Energia, dos Transportes e do Ambiente, Lisboa.
- RALHA, V. *et al.*, 2008. Relatório do 3º ano de monitorização da segurança e qualidade alimentar (“3rd year report of food and quality safety monitoring”). Project Extensivity - Environmental and Sustainability Management Systems in Extensive Agriculture, Task 5 Report, AESBUC, Porto.
- ROCHETTE, P.; JANZEN, H.H., 2005. Towards a revised coefficient for estimating N₂O emissions from legumes. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* **73**, 171-179.
- RODRIGUES, M.A. *et al.*, 2010. Evaluation of soil nitrogen availability by growing tufts of nitrophilic species in an intensively grazed biodiverse legume-rich pasture (unpublished).
- SANAULLUAH, M.; CHABBI, A.; LEMAIRE, G.; CHARRIER, X.; RUMPEL, C., 2009. How does plant leaf senescence of grassland species influence decomposition kinetics and litter compounds dynamics? *Nutr. Cycl. Agroecosyst.* 1385-1314.
- SOUSSANA, J.F. *et al.*, 2007. Full accounting of the greenhouse gas (CO₂, N₂O, CH₄) budget of nine European grassland sites. *Agric. Ecosyst. Environ.* **121**, 121-134.
- THORNLEY, J.H.M., 1998. *Grassland Dynamics: An Ecosystem Simulation Model*. CAB International, Wallingford, UK.

PRODUCCIÓN DE BELLOTA EN DEHESAS DE ENCINA DE LA COMARCA DE LOS PEDROCHES (CÓRDOBA) EN FUNCIÓN DE LA MORFOLOGÍA DE LA BELLOTA

M. D. CARBONERO MUÑOZ, I. CRISPÍN MURILLO, A. GARCÍA MORENO Y
P. FERNÁNDEZ REBOLLO

Dpto. Ingeniería Forestal, ETSIAM. Universidad de Córdoba. Campus de Rabanales 14071 Córdoba
(España) e-mail: ir1ferep@uco.es

RESUMEN

La variabilidad morfológica en encina dentro de una misma población es tremendamente alta, a pesar de la existencia de unas mismas condiciones edafoclimáticas. En el presente trabajo se analiza la variabilidad morfológica que presentó la bellota de encina durante la campaña 2008-09 en fincas de dehesa y su relación con la productividad. Para ello se seleccionaron nueve fincas, situadas en zonas con diferentes características ecológicas. En cada una de ellas se eligieron 40 árboles a los que se tipificó según la morfología del fruto en cuatro grupos claramente distintos mediante un análisis cluster. La cuantía de la cosecha difiere entre ellos aunque también se ve influenciada por las características ecológicas en las que el arbolado está enclavado.

Palabras clave: *Quercus ilex*, cosecha, semilla, tamaño, forma

INTRODUCCIÓN

La encina es uno de los árboles más emblemáticos de la Península Ibérica perteneciendo a un género (*Quercus*) con un alto grado de hibridación con otras especies del mismo, lo que propicia la existencia de diferentes variedades o formas botánicas. Entre las variables que influyen en el tamaño y morfología de la bellota, podrían citarse factores relacionados con las condiciones ecológicas del medio, genéticas y relativas al manejo. Toda esta variabilidad constituye una fuente de información muy interesante que puede utilizarse para entre otros objetivos, tratar de garantizar la sostenibilidad ambiental de este sistema, amenazado desde distintos frentes. En este trabajo se tratará de diferenciar grupos de árboles en función de la forma y tamaño de sus bellotas, estudiar su distribución para diferentes condiciones edafoclimáticas y analizar la productividad de los mismos.

MATERIAL Y MÉTODOS

Para la realización del estudio se eligieron 9 fincas de dehesa situadas en la comarca de Los Pedroches (Córdoba). De cada finca se seleccionaron dos parcelas, y en cada una se eligieron 20 árboles, por lo que en total fueron 360 pies. Su distribución puede consultarse en el trabajo presentado por los mismos autores para este congreso (Carbonero *et al.*, 2010). Cada parcela fue caracterizada ecológicamente según el fitoclima y el tipo de suelo en el que se haya enclavada distinguiéndose tres tipos de ambientes ecológicos: el ambiente ecológico 1 (A.E. 1) que se caracterizaba por tener unos suelos de textura arenoso-franca y un fitoclima IV3, el ambiente ecológico 2 (A.E. 2) que presenta unos suelos de textura arenoso-franca, y fitoclima IV4 y el ambiente ecológico 3 (A.E. 3) que posee unos suelos de textura franco-arenosa y un fitoclima IV4. Para la estimación de la producción de bellota de cada árbol se utilizó el método visual de aforo de montaneras desarrollado por Vázquez *et al.* (2001). Las variables utilizadas para medir la capacidad de producción del árbol fueron M (número medio de bellotas encontrado en un cuadrante de 20*20 cm), la producción de bellota (kg) obtenida conociendo

M, el peso medio de la bellota y diferentes características dasométricas del árbol (Carbonero *et al.*, 2010), y la productividad de bellota (g peso fresco/m²) derivada del cociente entre la producción de bellota del árbol en gramos y la superficie proyectada de la copa. Posteriormente a los aforos visuales se recogió bellota de la copa del árbol para su caracterización, habiéndose colectado de cada pie 5 semillas sin daños aparentes por picaduras o grietas. De cada semilla se obtuvo su peso fresco con cáscara (g), longitud (mm) y grosor (mm) máximo sin cascabillo y ratio longitud/grosor, promediándose estos valores para cada árbol. Para la clasificación de los árboles según el tipo de bellota se realizó un análisis cluster de K medias con las variables peso, longitud, grosor y ratio longitud/grosor mediante el programa STATISTICA 6.0. Para su realización se procedió a la estandarización de los valores de dichas variables. Para conocer el efecto del tipo de bellota y del ambiente ecológico sobre la productividad se empleó un análisis de la varianza, utilizando para la formación de grupos homogéneos el test de Sheffé cuando las varianzas eran homogéneas y el test C de Dunnett cuando no era éste el caso. La normalidad de los datos se testó mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov y la homocedasticidad mediante la prueba de Levene. En el caso de que los datos no cumplieran estas condiciones se procedió a su transformación logarítmica.

RESULTADOS

El análisis cluster separó a los árboles en cuatro grupos (figura 1). Los grupos 1, 3 y 4 presentan ratios longitud/grosor muy parecidos y difieren del grupo 2 que obtiene unos valores claramente superiores. Resaltar que el grupo 1 presenta los menores valores de peso, longitud y grosor, y el grupo 4 los mayores. Los grupos 2 y 3 presentan pesos similares pero difieren claramente en el resto de características.

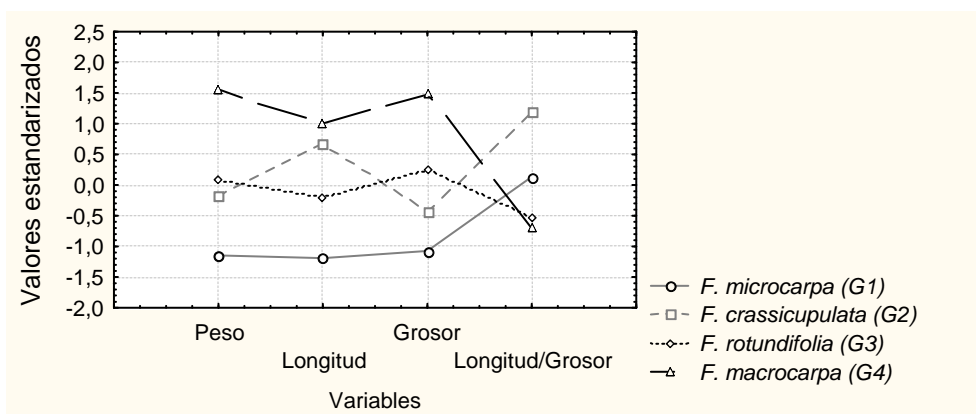


Figura 1. Clasificación de los árboles mediante las características morfológicas del fruto a través de un análisis cluster realizado con los valores estandarizados de las variables peso (g), longitud (mm), grosor (mm) y ratio longitud/grosor de la bellota

Si comparamos los valores medios de los parámetros morfológicos de la bellota con los que nos aporta la bibliografía (Vázquez *et al.*, 1992) se encuentra que el grupo 1, representado por 74 árboles (24% del total) presenta las características más parecidas a la forma botánica *microcarpa*, aunque con unos valores de peso y longitud ligeramente superiores y unos valores de grosor ligeramente inferiores (tabla 1). El grupo 2 se corresponde con la forma botánica *crassipulata* estando representado por 73 árboles (23,62%), cuyo peso y longitud medios se incluye dentro del rango que define la bibliografía, aunque la variable ratio es ligeramente inferior y la variable grosor es superior. El grupo 3

presenta las características más parecidas a la forma botánica *rotundifolia*, siendo la forma que mejor representada está en la zona con 104 árboles (33,65%). Las medias obtenidas de los parámetros morfológicos se encuentran dentro de los rangos que considera la clasificación botánica. El grupo 4 representado por 58 árboles (18,77%), presenta las características más parecidas a la forma botánica *macrocarpa* aunque el peso, grosor y longitud son ligeramente inferiores a los recogidos en la bibliografía y la única variable que se encuentra dentro de los valores de clasificación de la forma botánica (<3) es el ratio.

Tabla 1. Estadísticos descriptivos de las variables peso, longitud, grosor y ratio longitud/grosor mediante las que se caracterizaron las bellotas. Estos estadísticos se segmentan para los cuatro grupos de árboles que ofrece el análisis cluster. En la última columna se ofrecen los rangos descritos en la bibliografía de dichas variables para las formas botánicas de encina *microcarpa*, *crassicipulata*, *rotundifolia* y *macrocarpa* (adaptado de Vázquez *et al.*, 1992)

Grupo	N	Parámetro	Media	Mín.	Máx.	E.E.	Forma botánica	Parámetro
1	74	Peso (g)	2,34	0,90	3,19	0,06	<i>microcarpa</i>	Peso < 2,1
		Longitud (mm)	26,81	20,24	30,54	0,29		Longitud: 22-26
		Grosor (mm)	11,08	8,018	12,95	0,12		Grosor: 16-20
		Ratio	2,43	1,91	3,24	0,03		Ratio <3
2	73	Peso (g)	3,82	1,14	3,19	0,10	<i>crassicipulata</i>	Peso: 2,1-4,9
		Longitud (mm)	34,48	28,78	40,72	0,26		Longitud: 32-37
		Grosor (mm)	12,51	6,88	14,78	0,15		Grosor: 10-11,5
		Ratio	2,78	2,47	4,18	0,03		Ratio > 3
3	104	Peso (g)	4,22	3,04	5,41	0,06	<i>rotundifolia</i>	Peso: 2,1-7
		Longitud (mm)	30,89	24,08	35,03	0,22		Longitud: 30-40
		Grosor (mm)	14,00	12,44	15,72	0,08		Grosor: 12-17
		Ratio	2,21	1,67	2,48	0,02		Ratio <3
4	58	Peso (g)	6,50	5,26	10,40	0,12	<i>macrocarpa</i>	Peso >7
		Longitud (mm)	35,85	30,78	42,50	0,36		Longitud: 38-50
		Grosor (mm)	16,75	13,09	21,45	0,18		Grosor: 19-22
		Ratio	2,15	1,71	2,61	0,03		Ratio <3

Si se estudia la distribución de los cuatro grupos según los ambientes ecológicos (figura 2), se observa que la forma botánica más frecuente en los tres ambientes ecológicos es la *rotundifolia* (grupo 3).

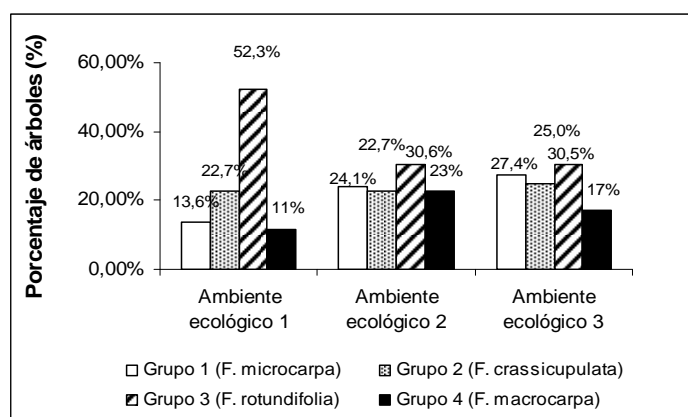


Figura 2. Porcentaje de árboles pertenecientes a las distintas formas botánicas para cada ambiente ecológico y para el total del arbolado

Esto puede deberse a que es la forma que presenta unos rangos de mayor amplitud en sus valores medios, integrando al 52,27% del arbolado analizado de las zonas más secas, al 30,5% del arbolado de las zonas más frescas y al 30,6% del arbolado de la zona con características intermedias. La

forma *microcarpa* aparece con mayor frecuencia en los ambientes ecológicos menos áridos, la forma *crassicipulata* aparece en una proporción muy parecida para los tres ambientes, mientras que la forma *macrocarpa* aparece más frecuentemente en el ambiente ecológico intermedio y en menor medida en el de mayor aridez.

Si examinamos la capacidad de producción se detecta una mayor productividad y producción para el grupo 4 (*F. macrocarpa*), aunque el que presenta un mayor valor de M (número medio de semillas) es el grupo 3 (*F. rotundifolia*). El grupo que presenta un valor más pequeño de M, de productividad y de producción es el 1 (*F. microcarpa*) (Tabla 2).

Tabla 2. Número medio de bellotas (M), productividad (gr peso fresco/m² de copa) y producción (kg) de bellota en función de la forma botánica (EE: Error Estándar)

Grupos o F. botánicas	N ¹	M		Productividad (g/m ²)		Producción (kg)	
		Media	E.E.	Media	E.E.	Media	E.E.
Grupo 1 (<i>F. microcarpa</i>)	74	1,11a	0,12	145a	16	9,914a	1,829
Grupo 2 (<i>F. crassicipulata</i>)	72	1,32ab	0,13	312b	49	19,129b	3,385
Grupo 3 (<i>F. rotundifolia</i>)	103	1,60b	0,13	380bc	32	23,513bc	2,012
Grupo 4 (<i>F. macrocarpa</i>)	58	1,26ab	0,13	451c	46	37,464c	5,078
Total	307	1,35	0,07	321	19	21,839	1,563

¹N: Número de árboles evaluados

Medias con la misma letra dentro de cada columna no difieren significativamente (p<0,05)

Si analizamos el valor de estas variables según ambientes ecológicos podemos observar que para el ambiente ecológico más árido (A.E. 1) no se detectan diferencias significativas en los parámetros productivos entre formas aunque se mantienen las tendencias generales descritas anteriormente (Tabla 3). En las zonas más frescas los menores valores de M, productividad y producción se encuentran en el grupo 1 (*F. microcarpa*), mientras que en el resto de grupos encontramos valores similares salvo para la variable producción que alcanza los mayores valores para el grupo 4 (*F. macrocarpa*). Para el A.E. 2 no se detectan diferencias en M, aunque sí en productividad y producción, con unos mayores valores para el grupo 4 (*F. macrocarpa*) y menores para el grupo 1 (*F. microcarpa*).

Tabla 3. Número medio de bellotas (M), productividad (gr peso fresco/m² de copa) y producción (kg) de bellota para cada una de las formas botánicas dentro del ambiente ecológico en el que están situadas (EE: Error Estándar)

A.E.	Grupos	N ¹	Peso (g)		M		Productividad (g/m ²)		Producción (kg)	
			Media	EE	Media	EE	Media	EE	Media	EE
1	G1 (<i>F. microcarpa</i>)	6	2,63a	0,24	1,71a	0,64	219a	81	19,410a	8,295
	G2 (<i>F. crassicipulata</i>)	10	3,43a	0,23	1,46a	0,58	450a	318	12,840a	6,342
	G3 (<i>F. rotundifolia</i>)	23	4,59b	0,12	1,87a	0,34	395a	67	24,939a	5,054
	G4 (<i>F. macrocarpa</i>)	5	6,91c	0,27	2,21a	0,93	681a	270	55,068a	29,546
2	G1 (<i>F. microcarpa</i>)	34	2,30a	0,09	1,16a	0,17	154a	25	11,133 ^a	3,460
	G2 (<i>F. crassicipulata</i>)	31	4,05b	0,18	1,39a	0,17	324ab	41	29,656b	7,173
	G3 (<i>F. rotundifolia</i>)	38	4,14b	0,10	1,38a	0,19	326ab	43	24,099b	3,064
	G4 (<i>F. macrocarpa</i>)	21	6,45c	0,25	1,23a	0,19	427c	66	47,188b	9,622
3	G1 (<i>F. microcarpa</i>)	34	2,34a	0,08	0,95a	0,15	123a	21	7,019 ^a	1,229
	G2 (<i>F. crassicipulata</i>)	31	3,72b	0,11	1,20ab	0,19	254b	40	10,895ab	1,661
	G3 (<i>F. rotundifolia</i>)	42	4,08b	0,09	1,65b	0,21	421b	59	22,232bc	3,076
	G4 (<i>F. macrocarpa</i>)	32	6,47c	0,14	1,13ab	0,15	430b	59	28,333c	4,785

¹N: Número de árboles evaluados

Medias con la misma letra dentro de cada columna y ambiente ecológico no difieren significativamente (p<0,05)

DISCUSIÓN

En general, los valores de peso, longitud, grosor y ratio obtenidos a través de la clasificación cluster son similares a los que ofrecen las clasificaciones botánicas. Los grupos 2 (*F. crassicuticulata*) y 3 (*F. rotundifolia*) presentan valores medios menos dispares y más similares a la clasificación botánica que los grupos 1 (*F. microcarpa*) y 4 (*F. macrocarpa*), que quizás por representar los extremos de la distribución son más sensibles a cualquier variación (Vázquez *et al.*, 1992). La clasificación realizada presenta las mismas características que la obtenida por Fernández *et al.* (2008) para bellotas de una finca de dehesa en Cardeña (Córdoba), y en el que se distingue una población de árboles con un mayor tamaño de peso, longitud y grosor de fruto (*F. macrocarpa*), otra con un menor tamaño (*F. microcarpa*) y una tercera, representada por una gran cantidad de arbolado con unos valores intermedios. En dicho trabajo existe también un grupo que se diferencia claramente por los altos ratios y el bajo peso y grosor, correspondiente a la forma *crassicuticulata*. En cuanto a la distribución de formas por ambientes se observa que la forma *rotundifolia* es la más representada en la comarca y domina en las zonas más secas sobre las restantes formas. Por el contrario la forma *microcarpa* está más representada en ambientes ecológicos más húmedos lo que está en consonancia con lo expuesto por Vázquez *et al.* (1992) que indica la existencia de poblaciones en áreas boscosas, occidentales y preferentemente situadas en Sierra Morena. Su presencia quizás será más frecuente en dehesas formadas más recientemente donde la presión de selección debido al tamaño del fruto no ha sido tan alta, pues existen numerosas citas que hablan de la selección por parte del hombre hacia pies más productivos y de bellota más grande y dulce (Costa *et al.*, 2001). También y según Jiménez (2009) la forma *macrocarpa* resulta más sensible a la sequía.

Un aspecto no muy estudiado ha sido la productividad de la encina según formas botánicas. En este trabajo los árboles con una bellota de mayor tamaño presentan una mayor productividad que aquellos con un tamaño más pequeño de los frutos, lo que no está en consonancia con los resultados aportados por Fernández Ranchal *et al.* (2008) para los que el arbolado más productivo era aquel de bellotas más pequeñas (*F. microcarpa*), y el menos productivo el de bellotas más alargadas (*F. crassicuticulata*). Estas discrepancias pueden deberse al escaso número de individuos considerado en el anterior estudio (50 árboles), lo que dada la variabilidad en la producción de esta especie es una cuestión de gran importancia. La mayor similitud entre productividades encontrada para las distintas formas en ambientes más áridos frente a ambientes más generosos en recursos podría explicarse debido a que la capacidad de producción está limitada e influenciada por factores relacionados con la mayor fertilidad y en especial con una mayor disponibilidad de agua en el suelo a lo largo de todo el ciclo productivo (Demchik y Sharpe, 2000). En cualquier caso sería deseable la incorporación de un mayor número de años de cara a confirmar las tendencias ofrecidas en este trabajo.

CONCLUSIONES

El arbolado ha sido clasificado en función de la morfología de la bellota en cuatro tipos similares a los que describen otros autores. Estos grupos presentan una productividad mayor para las formas con bellota de mayor tamaño, y se distribuyen en distintas proporciones en función de las características edafoclimáticas, predominando acusadamente el grupo 3 (*F. rotundifolia*) en ambientes más áridos y destacando la presencia del grupo 1 (*F. microcarpa*) en ambientes más fértiles y menos intervenidos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- CARBONERO, M. D.; CRISPÍN, I.; GARCÍA, A.; FERNÁNDEZ, P. 2010. Producción de bellota en dehesas de encina de la comarca de Los Pedroches (Córdoba) en función de la morfología de la bellota. En: *Actas de la IV Reunión Ibérica de Pastos y Forrajes* (pendiente de publicación)
- COSTA, M.; MORLA, C.; SAINZ, H. (Eds.) 2001. *Los bosques ibéricos*. Ed. Planeta, 598 pp. Barcelona (España).
- DEMCHIK, M.; SHARPE, W. 2000. The effect of soil nutrition, soil acidity and drought on northern red oak growth and nutrition on Pennsylvania sites with high and low red oak mortality. *For. Ecol. Manage.*, **136**, 199-207.
- FERNÁNDEZ, A.; CARBONERO, M.D.; FERNÁNDEZ, P. 2008. La producción y morfología de bellota. Influencia de la poda y de la variedad. Evolución a lo largo de la montanera. En: *La dehesa en el norte de Córdoba. Perspectivas futuras para su conservación*, BLÁZQUEZ, CARBONERO Y FERNÁNDEZ (Co.). Servicio de Publicaciones de la Universidad de Córdoba. Córdoba (España), 205-224.
- JIMENEZ, F. 2009. *Fertilización potásica en el crecimiento y estado hídrico de la encina. Influencia de la variedad y progenitor*. TPFC, UCO. Córdoba (España).
- VÁZQUEZ, F.M.; ESPÁRRAGO, F.; LÓPEZ, J.A.; JARAQUEMADA, F.; PÉREZ, M.C. 1992. Descripción de la especie *Quercus rotundifolia* Lam. y sus formas para Extremadura. *Colección Información Técnica Agraria, serie Agricultura* , **17**, 3-23.
- VÁZQUEZ, F.M.; RAMOS, S.; DONCEL, E.; CASASOLA, J.A.; BALBUENA, E.; BLANCO, J.; POZO, J. 2001. *Aforo de montaneras. Metodología*. Ed. Junta de Extremadura, 19 pp. Badajoz (España).

**ACORN PRODUCTION IN HOLM OAK DEHESAS FROM LOS PEDROCHES AREA
(CÓRDOBA) IN RELATION WITH ACORN MORPHOLOGY**

SUMMARY

There is a high seed-mass variation in holm oak even in an area with the same edaphoclimatic conditions, having been registered individual trees with different acorn size and shape to each other. This study examined variation in holm oak seed morphology and correlations with acorn crop during 2008-09 in dehesa farms. Nine farms were selected in areas with different ecologic conditions, and forty trees per farm were evaluated. It was carried out a cluster analysis with acorn morphological variables that found four groups of trees. There were found significant differences in acorn crop between groups, although ecological conditions affects groups productivity.

Key words: *Quercus ilex*, yield, seed, mass, shape

INFLUENCIA DE LOS FACTORES AMBIENTALES EN LA PRODUCTIVIDAD DE BELLOTA DE ENCINA EN LA COMARCA DE LOS PEDROCHES (CÓRDOBA)

M. D. CARBONERO MUÑOZ, I. CRISPÍN MURILLO, A. GARCÍA MORENO Y P. FERNÁNDEZ REBOLLO

Dpto. Ingeniería Forestal, ETSIAM. Universidad de Córdoba. Campus de Rabanales 14071 Córdoba (España) e-mail: ir1ferep@uco.es

RESUMEN

En el presente trabajo se estudia la relación de la producción de bellota con diferentes condiciones ambientales en la comarca de Los Pedroches (Córdoba). Para ello se seleccionaron nueve fincas situadas en zonas con diferentes características climáticas y edafológicas. Los resultados indican diferencias en la producción y su distribución dentro del arbolado en función del ambiente ecológico, detectándose unas mayores producciones de bellota, aunque un menor número de árboles productores en ambientes más áridos y pobres en recursos (24,859 kg/árbol de bellota y 73,3% de árboles productores) frente a ambientes más fértiles (17,625 kg/árbol de bellota y 92,5% de árboles productores). También en ambientes más áridos se detectan relaciones significativas entre el diámetro de tronco y copa y variables relacionadas con la productividad de bellota lo que podría indicar que en estas situaciones la mayor envergadura confiere una posición de ventaja a la hora de la fructificación.

Palabras clave: dehesa, cosecha, semilla, suelo, clima

INTRODUCCIÓN

La producción de bellota es una variable que se caracteriza por diferir tremendamente entre años, localidades geográficas y entre pies cercanos debido a la gran cantidad de factores que inciden sobre ella. Hoy en día constituye la función productiva más importante que aporta el arbolado en la dehesa ya que de ella depende la alimentación del cerdo Ibérico y por consiguiente, la rentabilidad de muchas explotaciones. No se puede despreciar tampoco su papel ecológico como alimento para la fauna silvestre durante un periodo del año en el que no abundan los recursos alimenticios. Estas razones unidas a las muchas incertidumbres que aún presenta esta variable justifican la necesidad de profundizar en el efecto que tienen diferentes factores sobre la productividad de la bellota en la dehesa, que en el caso concreto de este trabajo se centra en estudiar la influencia de dos factores ambientales como el fitoclima y el tipo de suelo sobre la misma.

MATERIAL Y MÉTODOS

Para la realización del estudio se eligieron 9 fincas de dehesa de la comarca de Los Pedroches (Córdoba), en cada una de las cuales se seleccionaron dos parcelas. Estas explotaciones se localizaron bajo tres ambientes ecológicos distintos: a) el ambiente ecológico 1 (A.E. 1) caracterizado por tener unos suelos de textura arenoso-franca y un fitoclima IV3, b) el ambiente ecológico 3 (A.E. 3) por poseer unos suelos de textura franco-arenosa y un fitoclima IV4, y c) el ambiente ecológico 2 (A.E. 2) por presentar unas características intermedias con suelos de textura arenoso-franca, y fitoclima IV4.

En relación a los fitoclimas, según Allué (1990), el fitoclima IV3 se caracteriza por tener una precipitación media anual entre 400-500 mm, y temperatura media anual en torno a los 16° C, y el fitoclima IV4 por recibir una precipitación media anual superior a 500 mm/año, y temperatura media

anual en torno a los 17° C. Si se estudia la distribución de los cuatro grupos según los ambientes ecológicos (figura 2), se observa que la forma botánica más frecuente en los tres ambientes ecológicos es la *rotundifolia* (grupo 3). Esto puede deberse a que es la forma que presenta unos rangos de mayor amplitud en sus valores medios, integrando al 52,27% del arbolado analizado de las zonas más secas, al 30,5% del arbolado de las zonas más frescas y al 30,6% del arbolado de la zona con características intermedias. La forma *microcarpa* aparece con mayor frecuencia en los ambientes ecológicos menos áridos, la forma *crassicipulata* aparece en una proporción muy parecida para los tres ambientes, mientras que la forma *macrocarpa* aparece más frecuentemente en el ambiente ecológico intermedio y en menor medida en el de mayor aridez.

C. Todas las fincas se incluirían dentro de la unidad 38 según el mapa de suelos de Andalucía (CSIC-IARA, 1989) que se caracteriza por una granulación gruesa, escasa capacidad de retención de agua, acidez, y bajos contenidos en fósforo y calcio asimilable, variando la textura.

En cada parcela se eligieron 20 árboles a los que se estimó la producción de bellota y a los que se midieron las variables altura total (metros), longitud de copa viva (metros), diámetro medio de la copa (metros) y peso medio de las bellotas de cada árbol (gramos). Así pues en total fueron 360 pies. El número de árboles muestreado dentro del fitoclima IV3 fue de 60 y de 300 para el fitoclima IV4. El número de árboles analizado en suelos de textura arenoso-franca fue de 200 y de 160 para suelos franco-arenosos. El muestreo según ambientes ecológicos quedó de la siguiente manera: 60 árboles analizados en A.E.1, 140 árboles en A.E.2 y 300 árboles en A.E.3.

La bellota se recogió de la zona exterior-media de la copa, habiéndose colectado de cada árbol 5 semillas sin daños aparentes por picaduras o grietas. Para la estimación de la producción de bellota se utilizó el método visual de aforo de montaneras desarrollado por Vázquez *et al.*, (2001). Para ello se realizó un muestreo por toda la copa del árbol, contando todas las bellotas existentes en un cuadrante imaginario de 20*20 cm. La estimación de la producción de bellota se realizó mediante la ecuación:

$$P = M * B * D * h * \Pi / 40$$

En ella P es la producción en kilogramos, D es el diámetro medio de la copa en metros, M el número medio de bellotas en un cuadrante de 20*20 cm, B es el peso medio de la bellota del árbol en gramos y h es la longitud de copa viva en metros. La productividad se obtuvo dividiendo la producción de bellota en gramos entre la superficie proyectada de la copa. Las medidas se realizaron durante el otoño 2008-09 caracterizado por unas condiciones meteorológicas similares a las de un año medio.

El análisis de las variables número medio de semillas (M), productividad y producción de bellota se realizó sobre aquellos árboles que mostraron producción este año de muestreo. El efecto del tipo de suelo y fitoclima, sobre dichas variables se efectuó mediante una comparación de medias (prueba T de Student), mientras que para testar el efecto del ambiente ecológico se empleó un análisis de la varianza, utilizando para la formación de grupos homogéneos el test de Sheffé cuando las varianzas eran homogéneas y el test C de Dunnett (SPSS, 2007) cuando no era éste el caso. Para determinar relaciones entre variables se han empleado los coeficientes de correlación de Pearson y Spearman (cuando no era posible garantizar las condiciones de normalidad en los datos), siendo el nivel de confianza exigido para aceptar resultados significativos del 95%. La normalidad de los datos se testó mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov y la homoscedasticidad mediante la prueba de Levene. Si los datos no cumplían estas condiciones se procedió a su transformación logarítmica.

RESULTADOS

Para la campaña 2008-2009, el valor medio de la productividad de bellota para los árboles con producción superior a cero alcanza un valor de $321 \pm 19 \text{ g/m}^2$, el de la producción $21,981 \pm 1,570 \text{ kg}$, y el número medio de bellotas en marco (M) es de $1,33 \pm 0,07$. En cuanto al porcentaje de árboles productores fue del 89,7%, por lo que presentaron producción 323 de los 360 árboles analizados (Tabla 1). El número de árboles con valores de producción y productividad superior a cero es sin embargo de 307, ya que sólo en ellos se pudo recoger bellota.

Tabla 1. Número medio de bellotas (M), productividad (gr peso fresco/m² de copa) y producción (kg) de bellota en función de la textura del suelo en el que están situados los árboles (EE: Error Estándar). En la última columna aparecen el porcentaje de árboles productores

Textura del suelo	N	M		N	Productividad (g/m ²)		Producción (kg)		% Productores
		Media	EE		Media	EE	Media	EE	
Arenoso-franco	175	1,41a	0,09	168	327a	28	25,586b	2,484	87,5
Franco arenoso	148	1,23a	0,09	139	313a	27	17,625a	1,670	92,5

Medias con la misma letra dentro de cada columna no difieren significativamente (p<0,05)

En relación al tipo de fitoclima, se detecta un mayor número de bellotas bajo fitoclima IV3 (M=1,79 t=2,073; p= 0,043), y aunque las diferencias no llegan a ser significativas los valores medios de esta variable también son superiores para árboles sobre suelos de textura arenoso-franca (M= 1,41; t=1,294; p= 0,197) y bajo A.E 1 (M= 1,79; F= 2,053; .p= 0,130) (Tablas 1, 2 y 3).

Tabla 2. Número medio de bellotas (M), productividad (gr peso fresco/m² de copa) y producción (kg) de bellota en función del fitoclima en el que están situados los árboles (EE: Error Estándar).

Fitoclima	N	M		N	Productividad (g/m ²)		Producción (kg)		% Productores
		Media	EE		Media	EE	Media	EE	
Fitoclima IV3	44	1,79b	0,25	44	416a	85	24,859a	4,726	73,3
Fitoclima IV4	279	1,25a	0,06	263	305a	18	21,500a	1,655	93,0

Medias con la misma letra dentro de cada columna no difieren significativamente (p<0,05)

Para la variable productividad no se detectan diferencias significativas en función del fitoclima, textura del suelo y ambiente ecológico aunque los valores medios son siempre superiores para el fitoclima IV3 (416 g/m^2 ; t=1,282; p= 0,206), suelos de textura arenoso-franca (327 g/m^2 ; t=0,355; p= 0,723) y A.E. 1 (416 g/m^2 ; F= 2,109; .p= 0,123) (Tablas 1, 2 y 3)

Tabla 3. Número medio de bellotas (M), productividad (gr peso fresco/m² de copa) y producción (kg) de bellota en función del ambiente ecológico en el que están situados los árboles (EE: Error Estándar). En la última columna aparecen el porcentaje de árboles productores

Ambiente ecológico	N	M		N	Productividad (g/m ²)		Producción (kg)		% Productores
		Media	EE		Media	EE	Media	EE	
1	44	1,79a	0,25	44	416a	85	24,859ab	4,726	73,3
2	131	1,27a	0,09	124	296a	23	25,843b	2,929	93,6
3	148	1,23a	0,09	139	313a	27	17,625a	1,670	92,5

Medias con la misma letra dentro de cada columna no difieren significativamente (p<0,05)

La producción de los árboles en suelos de textura arenoso-franca es superior al resto (25,586 kg frente a 17,625 kg), aunque los mayores valores se detectan dentro del A.E. 2 (25,843 kg), que

presenta unas condiciones intermedias de fertilidad y un arbolado de mayor envergadura, y los menores para el A.E. 3 (17,625 kg), (Tablas 1, 2 y 3). Se ha detectado un menor porcentaje de árboles productores sobre suelos de textura arenoso-franca (87,5%), bajo fitoclima IV3 (73,3 %), y por tanto los situados en el A. E. 1. Es también en este ambiente donde se observa una mayor concentración de la producción sobre un menor número de pies productores, pues el 80% de la producción es aportada por el 30,1 % del arbolado frente al 36,0% y 37,3% encontrados para A.E. 2 y A. E. 3 (Figura 1).

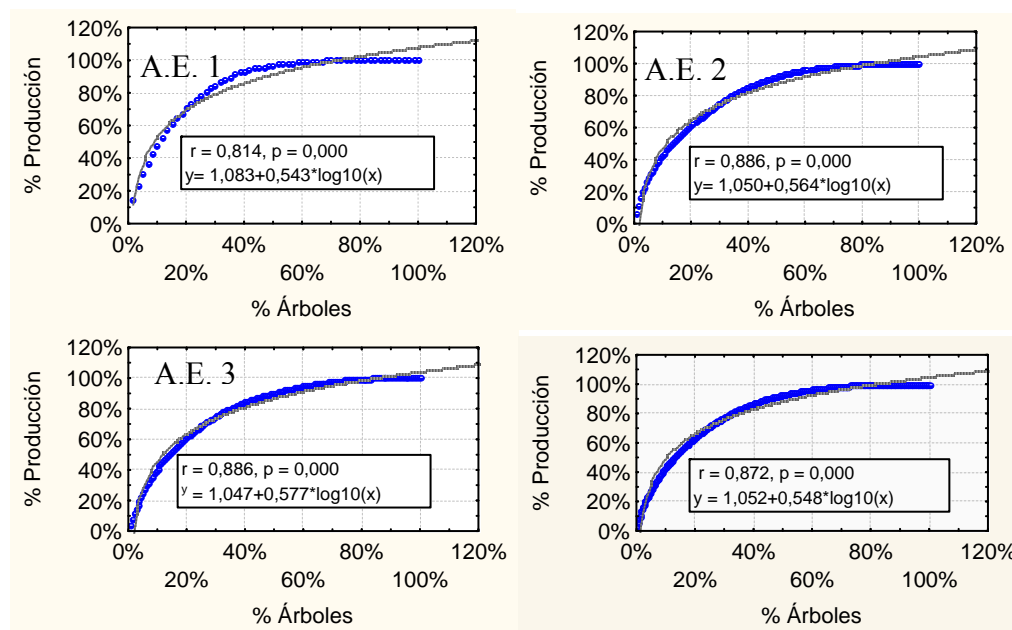


Figura 1. Porcentaje de la producción (kg) de bellota acumulada aportada por el arbolado para cada uno de los ambientes ecológicos y para el total de los árboles

Se han detectado relaciones positivas entre la producción de bellota y el diámetro de tronco y copa, y entre el diámetro de copa y la productividad (Tabla 4). Parece lógico pensar que pies con mayor envergadura aportan una mayor producción, lo que ocurre para todos los ambientes, aunque como puede verse por el bajo valor del coeficiente de correlación no necesariamente aportan un mayor número de bellotas o una mayor productividad por superficie.

Tabla 4. Coeficientes de correlación de Pearson y Spearman (S) entre el Diámetro de copa (DC) (m), Diámetro del tronco (DN) (m), Número medio de bellotas (M), productividad (g/m²) y producción (kg) en total y para cada ambiente ecológico

Ambiente ecológico	DN-M	DN – Productividad	DN – Producción	DC-M	DC-Productividad	DC-Producción
1	0,344*	0,213	0,380*	0,323* (S)	0,304* (S)	0,440**
2	0,137	0,220*	0,496**	0,148 (S)	0,256** (S)	0,587**
3	-0,124	-0,045	0,315**	-0,075 (S)	-0,058 (S)	0,377**
Total	0,018	0,085	0,356**	0,094	0,131* (S)	0,484**

El símbolo “**” indica relaciones significativas (p<0,01); “*” (p<0,05)

Los árboles situados en el A.E. 1 presentan una menor longitud de copa viva y un menor diámetro de copa (4,0 m y 8,2 m), frente a los mayores valores arrojados por el A. E. 2 (5,5 m y 9,5 m). (Tabla 5). No se detectan sin embargo diferencias significativas para la variable diámetro de tronco

($F=1,017$; $p=0,363$). Para el A.E. 1, más limitado en recursos se encuentran relaciones significativas entre el diámetro de tronco y copa y M, y entre el diámetro de copa y la productividad (Tabla 4), mientras que para el A.E. 2 y A.E. 3, más húmedos no se detectan estas relaciones o son de una menor intensidad, lo que podría indicar que ante una situación de mayor aridez una mayor envergadura sí parece estar relacionada con una mayor capacidad de producción por superficie de copa.

Tabla 5. Longitud de copa (m), Diámetro de copa (m) y diámetro normal del tronco (m) de los árboles muestreados en total y según ambientes ecológicos

Ambiente ecológico	N	Longitud de copa (m)		Diámetro de copa (m)		Diámetro de tronco (cm)	
		Media	EE	Media	EE	Media	EE
1	60	4,0a	0,2	8,2a	2,4	41,1a	13,9
2	140	5,5b	0,2	9,5b	2,6	40,6a	11,4
3	160	5,2b	0,2	8,4a	2,5	45,5a	16,6
Total	360	5,1	0,1	8,8	2,6	42,9	14,5

Medias con la misma letra dentro de cada columna no difieren significativamente ($p<0,05$)

DISCUSIÓN

Existe constancia de que dentro de una masa de *Quercus* unos pocos pies concentran una gran parte de la capacidad productiva total (Koenig *et al.*, 1994). Así Montoya (1993) indica que dentro de un encinar el 20 % de los árboles suele aportar el 60 % de la cosecha, y Greenberg (2000) afirma que independientemente de la especie, los árboles buenos productores son siempre menos de la mitad de la población. La mayor concentración de la producción en ambientes más áridos puede responder a la necesidad de que en estas condiciones la semilla producida presente una alta capacidad de supervivencia e instalación. Esto se consigue con la ocurrencia de unas esporádicas altas producciones que superen a la capacidad de consumo por parte de los predadores existentes, y/o maximizando la viabilidad de la bellota (Koenig *et al.*, 1994). La mayor disparidad de las producciones individuales encontrada para el A. E. 1, podría deberse según apuntan Kelly y Sork, (2002), a que en hábitats menos fértiles y productivos y más imprevisibles, la variabilidad intraanual e interanual (vecería) aumenta, ya que el tiempo requerido para recuperarse de una alta cosecha se incrementa, y se hace necesario contar con diferentes estrategias que aseguren la supervivencia de la semilla en caso de ocurrencia de sucesos drásticos como la desincronización parcial de las producciones.

La correlación encontrada entre diámetro de tronco y producción ha sido citada por Montoya (1993) que indica que las mayores producciones en encina se producen a partir de un determinado diámetro de tronco hasta un punto que coincide con el declive del árbol. La relación existente entre el diámetro de copa, la productividad y muy especialmente la producción es coherente con lo expuesto por Dey (1995) para el que pies con mayores superficies de copa arrojan una mayor producción de bellota. La mayor fortaleza de las relaciones entre diámetro de tronco y copa y las variables relacionadas con la producción de bellota para ambientes más áridos, podría explicarse ya que pies con una posición de dominancia debido a su mayor envergadura disponen de más ventajas a la hora de obtener recursos, mejorando por tanto sus posibilidades de fructificación (Dey, 1995).

CONCLUSIONES

La producción de bellota, su distribución entre el arbolado y el porcentaje de árboles productores varían en función de las condiciones ecológicas del ambiente en el que se encuentran los árboles.

Ambientes más áridos y pobres en recursos concentran la producción en un menor número de árboles, que sin embargo muestran unos valores medios mayores. También en ambientes más áridos, el mayor tamaño de los pies parece aportar una posición de ventaja a la hora de la fructificación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- ALLUE ANDRADE, J.L.1990: *Atlas fitoclimático de España. Taxonomías*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Ed. INIA, 221 pp. Madrid (España)
- CSIC-IARA.1989. *Mapa de suelos de Andalucía*. Ed. Consejería de Agricultura y Pesca, Junta de Andalucía, 90 pp. Sevilla (España)
- DEY, D.C. 1995. Acorn production in red oak. Ontario Forest Research Institute. *Forest Research Information Paper*, **127**, 1-22.
- GREENBERG, C.H. 2000. Individual variation in acorn production by five species of southern Appalachian oaks. *Forest Ecology and Management*, **132**, 199-210.
- KELLY, D.; SORK, V.L. 2002. Mast Seeding in Perennial Plants: Why, How, Where? *Annual Review of Ecology and Systematics*, **33**, 427-447.
- KOENIG, W.; MUMME, R.; CARMEN, W.; STANBACK, M. 1994. Acorn production by oaks in Central Coastal California: Variation within and among years. *Ecology*, **75** (1), 99-109.
- MONTOYA, J. M. 1993. *Encinas y encinares*. Ed. Mundi-Prensa, 131 pp. Madrid (España).
- SPSS, Inc. 2007. *SPSS Base 16.0. User's Guide*. Chicago (EEUU)
- VÁZQUEZ, F.; RAMOS, S.; DONCEL, E.; CASASOLA, J.; BALBUENA, E.; BLANCO, J.; POZO, J.; 2001. *Aforo de montaneras. Metodología*. Ed. Junta de Extremadura, 19 pp. Badajoz (España).

INFLUENCE OF ENVIRONMENTAL CONDITIONS ON ACORN YIELD (*Q. ilex*) IN LOS PEDROCHES (CÓRDOBA)

SUMMARY

The number of seeds produced by *Quercus* can vary markedly because of intrinsic factors as masting, and extrinsic factors for example the weather. This works explores acorn production depending on different environmental conditions in Los Pedroches (Córdoba). Nine dehesa farms were selected in areas with different climate and soil characteristics. On average, there is a bigger acorn crop in areas with a lower rainfall (24,859 kg/tree and 73.3% acorn producers) opposite areas with a higher fertility (17,625 kg/tree and 92.5% acorn producers). As well, in those areas, correlations between acorn productivity and trunk and crown diameter have been found. Maybe, in arid environments a bigger size involves greater advantages for reproductive aspects.

Key words: dehesa, yield, seed, soil, fitoclimate

ESTADO NUTRITIVO DE LA ENCINA EN LAS DEHESAS Y SU RELACIÓN CON LA PRODUCCIÓN DE BELLOTA Y CON EL ESTADO DE VIGOR DEL ÁRBOL.

A. M. GARCÍA MORENO, J.R. LEAL MURILLO, M.D. CARBONERO MUÑOZ Y
P. FERNÁNDEZ REBOLLO.

Departamento de Ingeniería Forestal. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos y de Montes. Universidad de Córdoba. Avd. Menéndez Pidal s/n. 14080 Córdoba (España)

RESUMEN

El presente trabajo trata de caracterizar el estado nutritivo del arbolado en la dehesa de la comarca de Los Pedroches, y analiza las relaciones de dicho contenido en nutrientes de la hoja con la producción de bellota y con el estado de vigor del árbol. Para ello durante octubre de 2007 se recogieron muestras de hoja de 126 árboles situados en nueve fincas de dehesa de las que se obtuvo el contenido en macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg) y en micronutrientes (B, Cu, Fe, Mn, Zn) mediante análisis químico. Asimismo, se estimó para cada árbol la producción de fruto y el estado de vigor medido evaluado mediante el grado de defoliación. Los resultados denotan que el estado nutritivo de la encina en las dehesas se encuentra en niveles aceptables. Asimismo se encontraron relaciones entre el contenido foliar de P, Mg y Mn y el vigor del árbol; y del contenido foliar de K y con la producción de bellota y con el contenido hídrico relativo de la hoja.

Palabras clave: nutrientes foliares, defoliación, contenido hídrico.

INTRODUCCIÓN

El arbolado de *Quercus* se considera el elemento esencial que caracteriza a la dehesa, ya que contribuye a la sostenibilidad económica de las explotaciones por la producción de bellota, a la vez que favorece la diversidad y estabilidad de los pastos y el suelo. Actualmente, los cambios en los modelos productivos tendentes a una intensificación ganadera, junto a los climáticos, parecen debilitar al arbolado de las dehesas y propiciar la incidencia de plagas y enfermedades, mermando las producciones de bellota y acelerando en algunos casos la pérdida de individuos. El contenido en nutrientes minerales en las plantas determina en gran medida la productividad y las respuestas a los cambios en los factores ambientales, por ello en el caso de las dehesas, conocer los intervalos adecuados de concentración de los nutrientes en las hojas de la encina podría ser un elemento de gran ayuda para mantener dichas formaciones vegetales en un estado nutricional idóneo con el que lograr buenas producciones de bellota y mayor resistencia a los procesos de decaimiento del encinar. Entre todos los nutrientes destaca el potasio dado su importante papel en el llenado de frutos y en los mecanismos de regulación del estado hídrico (Benlloch-González, 2007). El presente trabajo tiene por objeto conocer el estado nutritivo de la encina en la dehesa; establecer las posibles relaciones de los distintos nutrientes con la defoliación del arbolado y con la producción de bellota; y determinar el papel del potasio en el contenido hídrico de la hoja.

MATERIAL Y MÉTODOS

Durante el mes de octubre de 2007 se recogieron muestras de hojas de 126 encinas adultas procedentes de nueve localizaciones en la Comarca de los Pedroches, situada en el norte de la provincia de Córdoba. Para la obtención de cada muestra se cortaron varias ramas, situadas en la cara sur y

zona interna media de la copa de cada árbol, de las que se seleccionaron los brotes del año, sin daños por defoliadores y preferentemente libres de frutos. De cada uno de los brotes se tomaron de la zona intermedia tres hojas expandidas, limpias de impurezas y patógenos, obteniéndose finalmente una muestra de 30 hojas por árbol, que se depositaron en bolsitas de plástico con cierre hermético para su traslado al laboratorio. Cada muestra fue desecada a 65 °C durante 48 horas en una estufa de ventilación forzada, molida y homogeneizada. Se determinaron macro y micronutrientes foliares en el laboratorio Agroalimentario de la Consejería de Agricultura y Pesca en Córdoba mediante métodos químicos oficiales. Asimismo, se estimó para cada árbol en octubre de los años 2006 y 2007 la producción de fruto mediante el método visual de aforo de montaneras desarrollado por Vázquez *et al.*, (2001) y modificado por Carbonero *et al.*, (2008) y el estado de vigor medido como el grado de defoliación de la copa del árbol según los procedimientos recogidos en Fernández y Carbonero (2004).

Paralelamente, con el objeto de evaluar la relación entre la concentración de potasio y el estado hídrico de la hoja, en una de las fincas se escogieron 10 individuos de los que se tomaron muestras foliares de la manera descrita anteriormente. Una vez en el laboratorio cada muestra fue extraída de la bolsa y pesada, obteniéndose así el peso fresco, después se metieron en botes con los peciolos inmersos en agua desionizada durante 48 horas y se pesaron, obteniéndose el peso de turgencia, por último, se introdujeron en una estufa de ventilación forzada durante 48 horas, para obtener así el peso seco. De cada muestra se determinó la humedad (%) y el contenido hídrico relativo, CHR (%), calculado como cociente entre el contenido de agua en hoja fresca con respecto al contenido de agua de la hoja en turgencia.

El establecimiento de las relaciones entre los distintos factores estudiados se realizó mediante el cálculo del coeficiente de correlación de Pearson y regresión lineal.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de los análisis foliares se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. : Contenido medio, error estándar, valores máximos y mínimos de nutrientes en la hoja de encina en la dehesa del norte de la provincia de Córdoba.

Nutrientes	Valores Medios	Error Estándar	Mínimo	Máximo	Nivel deficiente*	Nivel adecuado*
N (%)	1,31	0,013	1,00	1,90	1,4	1,5-2,0
P (%)	0,10	0,002	0,06	0,15	0,05	0,1-0,3
K (%)	0,57	0,015	0,29	1,44	0,4	> 0,8
Ca (%)	0,70	0,017	0,25	1,39	0,3	> 1,0
Mg (%)	0,18	0,005	0,08	0,36	0,08	> 0,1
B (ppm)	21,49	0,81	7	50	-	19-150
Cu (ppm)	4,50	0,11	1	8	-	> 4
Fe (ppm)	93,73	3,41	46	240	-	-
Mn (ppm)	665,67	28,77	120	1600	-	> 20
Zn (ppm)	18,95	0,38	7	29	-	> 10

* niveles descritos para el olivo en Barranco *et al.*, 2008

En términos generales, los contenidos de los distintos macronutrientes N, P, K, Ca y Mg pueden considerarse dentro de la normalidad, ya que tanto los niveles medios, como máximos y mínimos se asemejan a los publicados en el estudio Forest Foliar Condition in Europe (Stefan *et al.*, 1997) para

la encina. Sin embargo, si comparamos con otros estudios en esta misma especie, tenemos que los contenidos medios de N, K y Ca son menores, y los de P y Mg mayores que los niveles obtenidos en individuos adultos en dehesa en verano (Moreno y Obrador, 2007). Los resultados de Pardos (1999) en individuos de cinco años muestran niveles de N, P y K menores para las muestras de hoja recogidas en verano y niveles similares a los de este estudio para las muestras recogidas en octubre. En individuos procedentes de repoblaciones los niveles de N, P y K en hoja fueron menores y los de Ca y Mg mayores comparativamente (Valdecantos, 2001). En cuanto a los niveles de los micronutrientes existen pocas referencias para la encina, salvo el estudio Forest Foliar Condition in Europe (1995) que publica, para el Fe, Mn y Zn, rangos de contenidos más amplios que los aportados por este trabajo.

Resulta poco factible establecer conclusiones sobre limitaciones nutricionales exclusivamente con datos de concentración de nutrientes foliares, sin embargo, si consideramos los niveles críticos descritos para la especie mediterránea leñosa más estudiada, el olivo (Barranco *et al.*, 2008), los árboles estudiados serían deficitarios en N, se encontrarían en una situación cercana a la deficiencia el P, K y Ca, y en un nivel adecuado el Mg. En el caso de los micronutrientes, todos superan el umbral de contenido adecuado, exceptuando el Fe, para el que no se ha descrito un nivel crítico ya que este elemento tiende a acumularse en las hojas hasta en momentos de deficiencia.

Cabe resaltar la dificultad para comparar niveles nutricionales ya que los estudios existentes adolecen de homogeneidad entre ellos. Factores como la especie, la edad de los individuos, la orientación y edad de las hojas que forman la muestra, el efecto de determinados tratamientos o condiciones ambientales controladas, pueden provocar variaciones en los contenidos de nutrientes foliares. Finalmente, la época de muestreo es un factor especialmente importante en el caso de nutrientes minerales de alta movilidad como son el N, P y K.

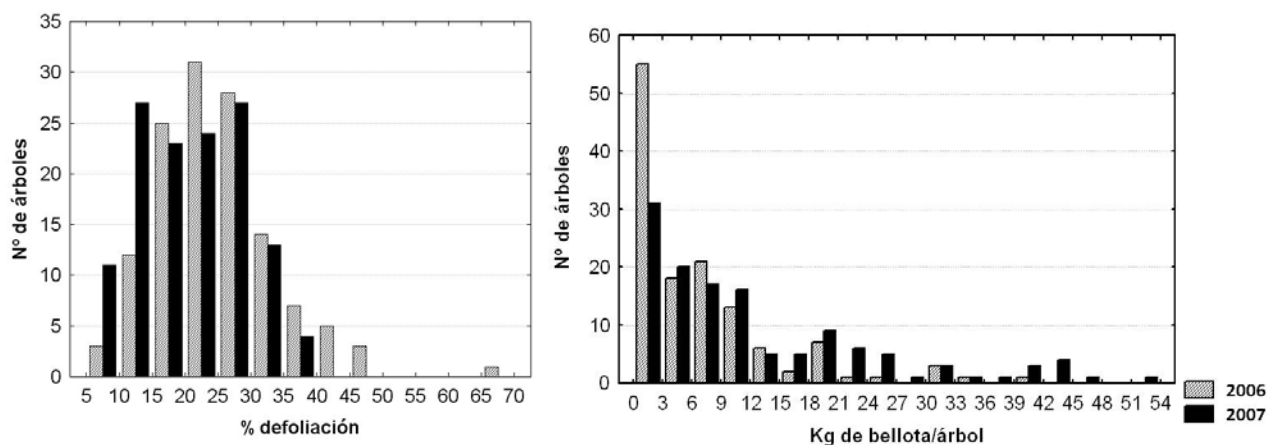


Figura 1: Histograma del grado de defoliación y de la producción de bellotas de las encinas muestreadas para los años 2006 y 2007

La figura 1 muestra la defoliación de la copa y la producción de bellota para los años 2006 y 2007. Se observa que la mayoría de los individuos tiene una defoliación comprendida entre el 15 y el 30%, siendo la defoliación media del año 2006 del 27,3% y del año 2007 del 23,3%. Con respecto a la producción de bellota, se aprecia que gran parte de los individuos son poco productivos, comprendidos en el intervalo de cero a tres kg de bellota/árbol. La producción media del arbolado del año 2006 fue de 7,2 kg y la del año 2007 de 12,3 kg de bellota.

Las relaciones existentes entre los distintos nutrientes y la defoliación del arbolado (tabla 2), con coeficientes de correlación bajos aunque significativos, muestran que los árboles que en 2006 presentaban defoliaciones altas al año siguiente tienen menor contenido en fósforo foliar y mayor contenido de magnesio. La defoliación registrada en 2007 se relaciona con el contenido en Mn denotando que cuanto mayor ha sido el grado de defoliación para las encinas menor ha sido la concentración de éste en las hojas. Estudios realizados en dehesas andaluzas por Carbonero *et al.* (2004), han constatado que los árboles con un fuerte grado de defoliación, recuperan en menor tiempo su copa cuando vegetan en suelos que tienen unas dotaciones normales o altas de fósforo, potasio y calcio.

Tabla 2: Coeficientes de correlación de Pearson obtenidos para la defoliación y la producción de bellota de las encinas de los años 2006 y 2007 con respecto al contenido foliar de nutrientes.

	N	P	K	Ca	Mg	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Defoliación 2006	-0,0068	-0,2443*	-0,0319	-0,1712	0,2012*	0,0305	-0,1119	0,1561	-0,1616	-0,0554
Defoliación 2007	-0,1039	-0,1261	0,0705	-0,1409	-0,0931	-0,0325	-0,1487	-0,0974	-0,1953*	0,0951
Producción 2006	0,0550	0,0831	-0,0946	0,1108	-0,1160	-0,1063	0,0674	-0,0929	0,0605	-0,0180
Producción 2007	-0,0072	0,0894	-0,2872*	0,2188	-0,0524	-0,0863	-0,0040	-0,0970	0,0310	0,1097

* Correlaciones significativas

Existe una relación, baja pero significativa, entre la producción de fruto en la encina y el contenido de potasio foliar, por lo que podemos sugerir que los individuos con mayor producción de bellota son los que presentan menores concentraciones para dicho elemento, circunstancia que ya ha sido puesta de manifiesto para otras especies como el olivo.

Las muestras de hojas fueron tomadas en octubre del 2007, momento en el que el llenado de la bellota ya se encuentra en fase avanzada y por tanto, los árboles con una producción de fruto elevada habrán movilizadado una cantidad importante del potasio foliar, haciendo que éste se encuentre en baja concentración en hoja. En este sentido, el potasio representa casi la mitad del contenido de cenizas de la bellota, siendo el nutriente que tiene más peso en su composición (Fernández *et al.*, 2005). En cambio, los árboles con bajas producciones de fruto movilizarán poco potasio, pudiendo permanecer éste en las hojas.

Con respecto al estado hídrico de la planta, se observa que de las dos variables estudiadas el CHR tiene una mayor relación con la cantidad de potasio foliar que la humedad (figura 2), ya que se obtuvo una correlación significativa positiva mayor ($r = 0,6508^*$) y un mejor ajuste lineal ($r^2 = 0,4235$; $p < 0,05$). Estos resultados sugieren que las plantas con mayor contenido de potasio pueden soportar mejor el estrés hídrico de la temporada seca de verano. Este efecto ya fue observado por Arquero (2004) en el olivo, las plantas bien nutridas en potasio presentaron una mayor eficiencia en el uso del agua y un mejor estado hídrico que las plantas mal nutridas en potasio, registrando también una menor pérdida de agua por transpiración. La figura 2 nos muestra que el potasio osciló entre los valores de 0,32 – 0,94 %. Sólo se encontró una muestra con valores de potasio en la hoja inferiores al 0,4 %, valor que en otras especies, como el olivo, se considera cercana al nivel crítico (Barranco *et al.*, 2008). Teniendo en cuenta que los datos del olivo se obtuvieron al comienzo del verano, momento en el que se determina el estado nutritivo de la vegetación, y la gran movilidad del potasio en la planta, estos resultados sugieren que los árboles no eran deficientes en potasio, ya que el contenido de potasio en

las hojas, en primavera y en el verano, épocas en las que se define la producción, es mayor que en el otoño.

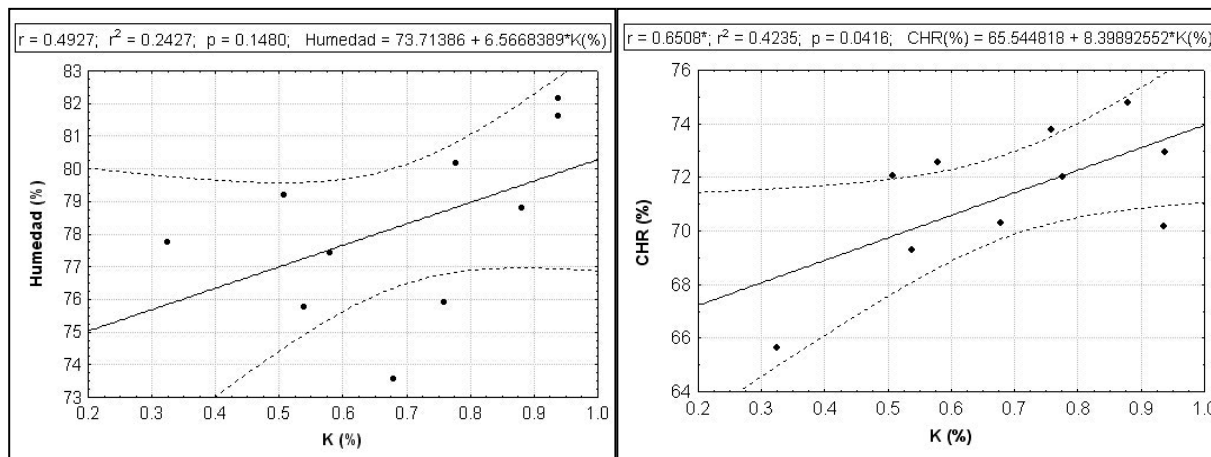


Figura 2. Relación de la concentración de potasio sobre el contenido hídrico relativo de la hoja
CONCLUSIONES

El estado nutritivo de la encina en las dehesas muestreadas, en general y considerando la época de muestreo, se encuentran en niveles aceptables. Las relaciones encontradas del P, el Mg y el Mn con la defoliación denotan cierta implicación de éstos nutrientes en el estado de vigor del árbol. Las relaciones obtenidas entre el K foliar con la producción de fruto y con el contenido hídrico, manifiestan su incidencia en el logro de buenas producciones de bellota y en la mejora del estado hídrico del árbol.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARQUERO QUÍLEZ, O., 2004. Efecto del potasio sobre el crecimiento y estado hídrico del olivo. Tesis Doctoral. Departamento de Agronomía. 210 pp. Córdoba (España).

BARRANCO, D.; FERNÁNDEZ-ESCOBAR, R.; RALLO, L., 2008. El cultivo del olivo. Ediciones Mundi-Prensa, 846 pp. Madrid (España).

BENLLOCH-GONZÁLEZ, M.; ARQUERO, O.; FOURNIER, J.M.; BARRANCO, D.; MANUEL BENLLOCH, M., 2007. K+ starvation inhibits water-stress-induced stomatal closure. *Journal of Plant Physiology*, **165**, 623-630.

CARBONERO, M. D.; BLÁZQUEZ, A.; FERNÁNDEZ, P., 2004. Producción de fruto y grado de defoliación como indicadores de vigor en *Quercus ilex* y *Quercus suber*. Influencia de diferentes condiciones edáficas en su evolución. En: *Actas de la XLIV Reunión Científica de la S.E.E.P.*, 715-720, Salamanca (España)

CARBONERO, M.D.; FERNANDEZ, A.; BLÁZQUEZ, A.; GARCÍA, A.M.; CALZADO, C.; FERNÁNDEZ, P., 2008. Los métodos de aforo de la producción de bellota en encina. Un análisis comparativo. En: *Actas de la XLVII Reunión Científica de la S.E.E.P.*, 575-582, Córdoba (España)

FERNÁNDEZ, P.; CARBONERO, M.D., 2004. Control y seguimiento de los Programas Agroambientales en la Comunidad Autónoma Andaluza. Evaluación de la medida Fomento y conservación de la dehesa en Andalucía (1999-2003). Departamento de Ingeniería Forestal. Universidad de Córdoba. 136 pp. Sevilla (España)

FERNÁNDEZ, I.; GÓMEZ, A.; MORENO P.; FERNÁNDEZ, P.; DE PEDRO, E.; DÍAZ, E.; SÁNCHEZ, L., 2005. Características de las bellotas de encina (*Quercus ilex*) en diferentes zonas del Valle de los Pedroches (Córdoba). Inventario bromatológico. *Actas de la XLV Reunión Científica de la S.E.E.P.*, SERIDA, España, pp. 391-398.

MORENO, G.; OBRADOR, J.J., 2007. Effects of tres and understorey management on soil fertility and nutritional status of holm oaks in Spanish dehesas. *Nutr Cycl Agroecosyst*, **78**, 253-264.

PARDOS MÍNGUEZ, M., 1999. Crecimiento y desarrollo en una plantación de encinas micorrizadas. Aspectos fisiológicos de un patrón para la reforestación de tierras agrícolas marginales en Aragón. *Teruel* 87 (1), 121-146

STEFAN, K.; FÜRST, A.; HACKER, R.; BARTELS, U., 1997. Forest Foliar Condition in Europe. 207 pp. Brussels (Belgium).

VALDECANTOS DEMA, A., 2001. Aplicación de fertilizantes orgánicos en la repoblación de zonas forestales degradadas de la Comunidad Valenciana. Tesis de Doctorado. Facultad de Ciencias. Universidad de Alicante, 198 pp. Alicante (España).

VAZQUEZ, F.M.; RAMOS, S.; DONCEL, E.; CASASOLA, J.A.; BALBUENA, E.; BLANCO, J.; POZO, J., 2001. *Aforo de montaneras. Metodología*. Ed. Consejería de Agricultura y Medio Ambiente, 19 pp. Mérida (España)

NUTRITIONAL STATUS OF THE HOLM OAK IN THE DEHESAS AND ITS RELATION WHIT ACORN PRODUCTION AND TREE HEALTH.

SUMMARY

The present work tries to characterize the nutritional status of the holm oak, and analyzes the relations between nutrient content of the leaf with acorn production and tree health in dehesa farms from Los Pedroches. In October 2007, 126 leaf samples were collected from trees in nine different dehesa farms. These leaf samples were analyzed by means of conventional chemical methods to get macronutrients contents (N, P, K, Ca, Mg) and micronutrients contents (B, Cu, Fe, Mn, Zn). In addition, acorn production and tree health (measured by defoliation rate) were estimated in each tree. The results show that the nutritional state of holm oak in dehesas gets acceptable levels. There are correlations between health tree and some nutrients (P, Mg and Mn), moreover, there are correlations between K content and acorn production, and K content and relative water content of the leaf.

Key words: nutrient content, defoliation, water content

EFECTO DE LA COLOCACIÓN DE TERRONES DE SAL SOBRE EL RAMONEO DEL ESTRATO ARBUSTIVO EN ÁREAS PASTO- CORTAFUEGOS DE ANDALUCÍA

J. RUIZ-MIRAZO, A.B. ROBLES Y J.L. GONZÁLEZ-REBOLLAR

Grupo de Pastos y Sistemas Silvopastorales Mediterráneos;

Estación Experimental del Zaidín, Consejo Superior de Investigaciones Científicas;

C/ Profesor Albareda 1, E-18008 Granada (España); jabier.ruiz@eez.csic.es

RESUMEN

En este trabajo se evaluó la efectividad de colocar terrones de sal en los cortafuegos para atraer a herbívoros domésticos y silvestres e incrementar, indirectamente, el consumo de la vegetación, lo que disminuiría el riesgo de incendios. La experiencia se instaló con un mismo diseño replicado en seis cortafuegos de Andalucía, aunque únicamente fue exitosa en dos de ellos. En éstos, se evaluaron los parámetros de tasa de consumo, altura, cobertura y fitovolumen del estrato arbustivo, diferenciando tres situaciones: 1) adyacente a la sal, 2) situada a 50 m de la anterior en el mismo lado del cortafuegos y 3) situada en el lado opuesto del cortafuegos. En ambos cortafuegos la tasa de consumo fue significativamente diferente entre las situaciones 1-2-3, donde se registraron valores promedio de 2,9-2,5-1,4 y 4,1-3,1-2,8 (respectivamente). Las variables de cobertura, altura y fitovolumen no mostraron diferencias significativas entre situaciones debido a la gran variabilidad registrada entre réplicas y a la limitada duración del estudio (un año). Estos resultados apuntan a que, en algunos lugares, la sal puede resultar efectiva para atraer al ganado e incrementar el consumo del matorral.

Palabras clave: silvopastoralismo, incendios, tasa de consumo, suplemento, distribución

INTRODUCCIÓN

La distribución natural de los animales en pastoreo es una consecuencia de las elecciones que el animal o el rebaño realiza tras evaluar las características de los recursos pasícolas disponibles. Esta evaluación se basa tanto en factores abióticos (topografía, viento, disponibilidad de agua, etc.) como bióticos (raza animal, cantidad y calidad del pasto, presencia de insectos molestos, etc.). La desigual conjunción de factores que se produce a lo largo del territorio tiene por consecuencia una irregular distribución natural de los animales, que habitualmente se aleja del óptimo fijado por los criterios de gestión (Bailey, 2005). En efecto, la modificación de la distribución del ganado en pastoreo, así como de las especies cinegéticas, se considera necesaria para una serie de objetivos de gestión, como la protección de zonas sensibles, el ajuste de la carga ganadera a la capacidad sustentadora de los pastos o la concentración de animales en zonas que interesen sobrepastorear, como los cortafuegos.

El pastoreo de los rebaños y los vallados son las prácticas tradicionales que más ampliamente se han aplicado para conseguir estos objetivos, si bien pueden resultar excesivamente costosas o ecológicamente cuestionables. Otras alternativas empleadas habitualmente son la atracción del ganado con suplementos alimenticios, la creación de más puntos de agua o la realización de mejoras de pastos (Bailey, 2005; Bailey y Welling, 1999; Eliceits y Mandaluniz, 2008; Ganskopp, 2001). Estas alternativas de menor coste optan por modificar las características de las zonas de pastoreo para que los propios animales las prefieran, si bien su efectividad no está plenamente determinada.

La Red de Áreas Pasto-Cortafuegos de Andalucía (RAPCA) es un programa científico-técnico mediante el que se está poniendo en marcha y evaluando el empleo del pastoreo con ganado doméstico como técnica aplicable para controlar el desarrollo del matorral en los cortafuegos y reducir el riesgo de incendios. Aunque aún se cuenta con pastores para este cometido, se consideró de interés evaluar si la alternativa de situar terrones de sal en los cortafuegos podría aplicarse con éxito en este programa. Al ser atraídos por la sal, se supuso que los animales, tanto domésticos como silvestres, estarían un mayor tiempo en las áreas cortafuegos, lo que redundaría en el deseado mayor consumo de la vegetación.

El objetivo de este trabajo fue cuantificar el efecto de la colocación de terrones de sal sobre el consumo del estrato arbustivo en distintas localizaciones de áreas pasto-cortafuegos.

MATERIAL Y MÉTODOS

Esta experiencia se estableció en tres montes de los municipios de Aldeire (Granada), Canillas de Albaida (Málaga) y Los Barrios (Cádiz), que contaban con distintas características ambientales y de gestión ganadera. En noviembre de 2006 se colocaron los primeros terrones de sal en dos cortafuegos distintos de cada uno de los tres montes, para un total de seis zonas experimentales. En cada una de ellas, se ubicaron cuatro réplicas de terrones de sal, situadas en una de las fajas auxiliares laterales de los cortafuegos y distanciadas unos 100 m. Cada réplica estaba constituida por tres terrones de sal colocados en triángulo (Figura 1). La sal empleada fue un suplemento mineral estándar para alimentación animal (NaCl 98%), en terrones de 10 kg de peso. Por tanto, la dosis inicial de sal fue de 120 kg por cortafuegos.

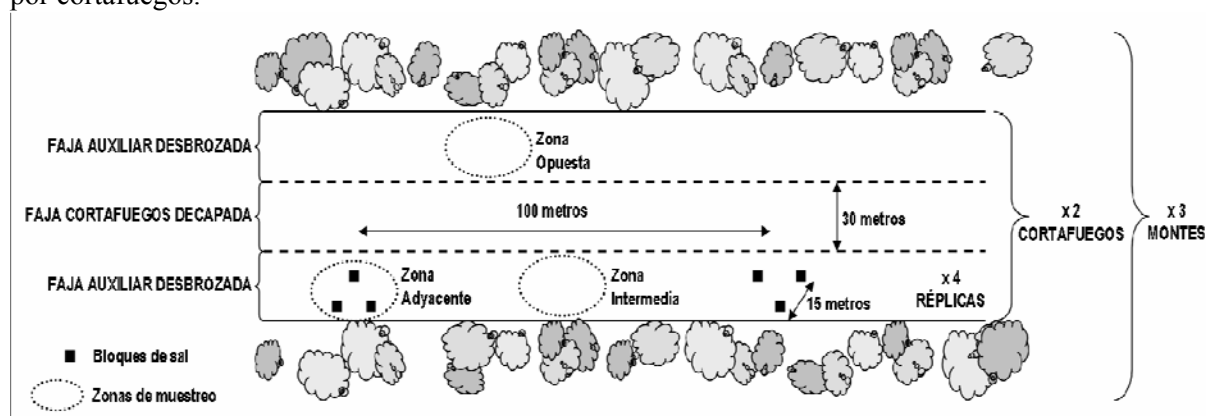


Figura 1. Diseño experimental: ubicación de los terrones de sal y zonas de muestreo

En julio de 2007 (ocho meses después) se efectuó una revisión de los terrones de sal para observar su evolución. Se pesaron los terrones con una báscula de campo y se repusieron los necesarios para compensar el consumo registrado. La evaluación final del efecto de la presencia de la sal sobre el estrato arbustivo se realizó en noviembre de 2007, al año de iniciarse el ensayo, para lo que se emplearon los parámetros de tasa de consumo, altura, cobertura y fitovolumen del estrato arbustivo. Las mediciones se efectuaron en tres situaciones alrededor de cada triángulo de terrones: 1) Adyacente, en las inmediaciones de la sal; 2) Intermedia, a unos 50 m en el mismo lado del cortafuegos; y 3) Opuesta, al otro lado del cortafuegos. En cada una de esas zonas de muestreo se realizaron tres transectos lineales paralelos, tipo *line-intercept*, de 25 m de longitud y 5 m de separación entre ellos. Para cada arbusto y macolla herbácea de gran talla contactada, se anotó la especie de la que se trataba, la longitud de su

contacto con el transecto y su altura promedio a lo largo de esa longitud (con precisión centimétrica), así como la tasa de consumo observada en la planta, siguiendo la escala de 0 (consumo nulo) a 6 (consumo completo) propuesta por Etienne y Rigolot (2001).

La cobertura arbustiva se calculó como el porcentaje (%) de la longitud de los transectos ocupada por matorrales y grandes macollas herbáceas. Las alturas y las tasas de consumo de cada individuo fueron ponderadas por la longitud que ocupaba en el transecto, para que el cálculo de los promedios de estas variables recogiera adecuadamente la importancia relativa de cada individuo en el estrato. El fitovolumen arbustivo (m^3/ha) fue estimado como el producto del porcentaje de cobertura y la altura ponderada.

El análisis estadístico se realizó con el *software SPSS statistics 17.0*. Se asumió la normalidad de los datos y se certificó su homocedasticidad con el test de *Levene* antes de realizar los Análisis de la Varianza. Como estimador de posición, se empleó el M-estimador de *Huber* (con parámetro $b=1,34$) en lugar de la media aritmética, para amortiguar así la presencia de valores anómalos e incrementar su robustez.

RESULTADOS

La primera revisión realizada llevó a abandonar los ensayos iniciados en Cádiz y Málaga. En el primero de los casos, el pastor que aprovechaba la zona achacó a la sal el elevado índice de abortos de su lote de cabras en pastoreo, por lo que la continuidad de la experiencia no era posible. En el segundo caso, las observaciones realizadas indicaron la ausencia de un pastoreo perceptible en ninguna de las zonas, a pesar de que los guardas afirmaran que se trataba de lugares frecuentados por cabra montés. El desgaste de los terrones de sal observado (su peso promedio era de 4,72 kg en julio de 2007) se debía al lavado por lluvia, como denotaban la ausencia de formas de consumo por lameteo y la solidificación de sal en el suelo y en otros restos orgánicos del entorno.

La evaluación final, por tanto, sólo pudo completarse en los dos cortafuegos (C1 y C2, en adelante) del monte de Aldeire. Ambos se encontraban a una altitud de unos 1800 m, en una repoblación de *Pinus sylvestris* L. acompañada por un piornal en el sotobosque. En C1, la comunidad evaluada carecía de arbolado y estaba dominada por *Thymus serpylloides* Bory, *Genista versicolor* Boiss., *Artemisia campestris* L. y *Festuca scariosa* (Lag.) Asch. & Graebn. Las fajas auxiliares de C2, por su parte, presentaban un arbolado de densidad media y un sotobosque de piornal más evolucionado, con dominancia de *G. versicolor*, *Cytisus galianoi* Talavera & P.E. Gibbs, *Erinacea anthyllis* Link y *A. campestris*. El pastoreo lo realizaron tanto ganado vacuno pastando en libertad como cabras monteses. El C1 era, además, pastado ocasionalmente por un rebaño de ganado ovino en tareas de prevención de incendios.

En la primera revisión, a los ocho meses, el consumo de la sal había sido de 109 kg (90%) y de 120 kg (100%) en C1 y C2, respectivamente. En los cuatro meses restantes hasta la evaluación final, se produjo un consumo completo de la sal repuesta (111 y 120 kg, respectivamente). En ambos cortafuegos se apreció un fuerte incremento de las señales de presencia del ganado en el entorno de la sal. En C2 se observaron agujeros en las posiciones de los terrones, que indicaban que la tierra a su alrededor también había sido consumida.

Las mediciones realizadas en la evaluación final (Tabla 1) indicaron la inexistencia de diferencias estadísticamente significativas entre las posiciones Adyacente, Intermedia y Opuesta en los

parámetros de porcentaje de cobertura, altura ponderada y fitovolumen del estrato. Sin embargo, sí se observaron diferencias en la tasa de consumo ponderada, que registró los valores más altos en las zonas Adyacentes a la sal. El consumo mínimo se observó en las zonas Opuestas (al otro lado de los cortafuegos), mientras que las zonas Intermedias se asemejaron a las zonas Adyacentes en C1 y a las Opuestas en C2.

Tabla 1. Efectos del ramoneo sobre el estrato arbustivo de tres zonas próximas a los terrones de sal: cobertura (%), altura ponderada (cm), volumen (m³/ha) y tasa de consumo ponderada (rango 0-6). Estimador central (mínimo-máximo). n=4 por zona.

Zona de muestreo	Cobertura (%)	Altura ponderada (cm)	Volumen (m ³ /ha)	Tasa de consumo ponderada (0-6)
Cortafuegos 1				
Adyacente	17,1 (6,7-28,8)	35,9 (25,2-37,5)	615 (169-1079)	2,93 (2,7-3,1) ^a
Intermedia	20,1 (15,3-26,8)	33,3 (22,8-44,5)	703 (349-1073)	2,55 (1,0-3,1) ^a
Opuesta	22,6 (18,5-26,6)	25,7 (12,7-45,8)	611 (314-845)	1,37 (0,7-1,7) ^b
Significación	NS	NS	NS	<i>P</i> = 0.001
Cortafuegos 2				
Adyacente	18,8 (10,9-24,9)	29,1 (19,3-40,4)	538 (230-898)	4,09 (3,9-4,2) ^a
Intermedia	23,2 (17,4-25,3)	39,3 (25,6-67,8)	991 (446-1469)	3,07 (2,7-3,6) ^b
Opuesta	23,6 (20,6-33,5)	31,2 (30,1-50,9)	718 (647-1703)	2,85 (2,1-3,0) ^b
Significación	NS	NS	NS	<i>P</i> = 0.012

NS: diferencias estadísticamente no significativas entre zonas (*P*>0,20); superíndices distintos denotan diferencias estadísticamente significativas entre zonas de un mismo cortafuegos.

DISCUSIÓN

Nuestros ensayos apuntan a que la sal es un atrayente para el ganado que puede resultar efectivo para incrementar el consumo del matorral, si bien no en todas las ocasiones. La existencia de una carga inicial suficiente de herbívoros en el monte (como la registrada en el ensayo de Granada) parece ser necesaria para ello. En un entorno con una atribuida, pero indeterminada, cantidad de ungulados silvestres y ausencia de ganado doméstico (la zona experimental de Málaga), la colocación de sal en los cortafuegos resultó completamente inefectiva, ya que no se registró apenas ramoneo en los cortafuegos. Ensayos realizados por otros autores (Bailey y Welling, 1999; Ganskopp, 2001) también apuntaron a una baja o nula efectividad de la sal para atraer consistentemente al ganado. La oferta natural de sal en el monte, una cuestión no estudiada en este trabajo, podría ser otra posible causa del fracaso.

Por su parte, la atribución al consumo de sal del elevado número de abortos registrado en una piara de cabras de la provincia de Cádiz es un enigma que, a pesar de las consultas realizadas, no pudimos esclarecer totalmente. El único argumento plausible sería la carencia de un punto de agua dulce donde los animales hubieran podido compensar una desmedida ingesta de sales. Esta es una situación que no se produce habitualmente, ya que la sal suele suministrarse en el aprisco. En nuestro caso, sólo uno de los cortafuegos donde se colocaron terrones de sal en este monte carecía de agua en las proximidades, pero ni siquiera toda la sal ofrecida había sido consumida a los ocho meses de su colocación. Además, las intoxicaciones por sal descritas suelen deberse a que el agua disponible es salada y sus

efectos se concentran sobre el sistema nervioso, principalmente. Por tanto, puede considerarse muy poco probable que un exceso de sal fuera la causa de estos abortos registrados.

A diferencia de los casos anteriores, los resultados obtenidos en el ensayo de Granada mostraron la utilidad de emplear sal, ya que ésta fue ávidamente consumida por los animales. Las tasas de consumo ponderadas fueron entre 1,25 y 1,50 puntos mayores en las zonas de muestreo Adyacentes que en las Opuestas. Éstas últimas no pueden considerarse estrictamente un control, ya que se encontraban también en el entorno de la sal. Sin embargo, el hecho de que su tasa de consumo fuera consistentemente inferior indicó con claridad que la sal había servido para incrementar la presión de pastoreo en una de las dos fajas auxiliares del cortafuegos. En todo caso, este efecto fue particularmente acusado en el entorno directo de los terrones, y se difuminó parcialmente a unos 50 m de ellos, en las zonas denominadas Intermedias. Ganskopp (2001) empleó una precisión inferior (250 m alrededor del punto de sal) y descartó la influencia de este suplemento en la distribución de ganado. Por su parte, Bailey y Welling (1999) observaron niveles de pastoreo homogéneos en anillos de 20, 50, 100 y 200 m de distancia del punto de suplementación. En su estudio, los incrementos de pastoreo se produjeron al emplear un suplemento de melazas deshidratadas, mientras que el entorno de la sal no se mostraba más pastoreado que el control. Nuestros resultados de la provincia de Granada, con incrementos locales del nivel de pastoreo, contradicen lo observado en estos trabajos, si bien las condiciones ambientales y las técnicas de evaluación empleadas (posicionamiento por GPS, densidad de deposiciones, pesaje del pasto herbáceo, etc.) difieren totalmente. Existen otros estudios, como el realizado en brezales-tojales atlánticos por Eliceits y Mandaluniz (2008), que sí registraron incrementos notables y rápidos en las señales de presencia de varios tipos de ganado debido a la distribución de sal en los pastos.

Los parámetros de cobertura del suelo, altura ponderada y fitovolumen que utilizamos en este trabajo no permitieron observar diferencia alguna entre las zonas de muestreo. Las tres variables han sido frecuentemente empleadas para caracterizar el pastoreo del estrato arbustivo (Étienne y Rigolot, 2001; Jauregui *et al.*, 2007) pero en nuestro estudio presentaron una variabilidad muy alta entre las cuatro réplicas, lo que impidió la confirmación estadística de las ligeras tendencias observadas. Consideramos que los incrementos de intensidad de pastoreo detectados por la tasa de consumo son muy claros, pero posiblemente habría sido necesario un período más largo que un año para que se hubieran traducido en una reducción más ostensible en los valores de estas variables. Y aunque la caracterización con transectos lineales, que sumaban 75 m en cada punto de muestreo, puede considerarse detallada, la variabilidad entre las distintas réplicas fue muy alta, fruto de la heterogeneidad espacial. Para evitarla, habría sido más adecuado establecer unos transectos permanentes para medir estas variables antes de la colocación de los terrones de sal y, así, poder volver posteriormente al mismo lugar a efectuar nuevas mediciones y detectar diferencias en el crecimiento observado.

Al comparar los dos cortafuegos evaluados, en C1 se observaron valores algo inferiores de cobertura, altura y fitovolumen que en C2. Este último presentó un mayor nivel de consumo del estrato arbustivo debido, probablemente, a una mayor carga de ganado vacuno y cabra montés, y a pesar de que no era pastoreado por el rebaño de ovejas que aprovechaba C1. Estas divergencias entre zonas aparentemente similares de un mismo monte indican la dificultad de completar estudios en condiciones de manejo real y la poca utilidad que habría tenido el emplear un cortafuegos cercano como control, ya que esta zona habría estado sujeta, como mínimo, a una carga de herbívoros inicial distinta.

La cantidad de sal empleada en este ensayo equivalió a unos 90 kg por hectárea y año, para un total de 460 kg distribuidos en unas 5 ha del mismo monte, y produjo los incrementos de ramoneo aquí recogidos. Aunque no fue posible diferenciar la cantidad de sal realmente consumida de la desgastada por efecto de los agentes meteorológicos, su consumo completo podría indicar que fue insuficiente para cubrir la demanda de los animales en pastoreo.

CONCLUSIONES

El empleo de terrones de sal mostró su efectividad para aumentar la tasa de consumo del estrato arbustivo en un monte pastoreado por ganado vacuno, ovino y cabra montés. En cambio, su aplicación en otro monte sin ganado doméstico resultó completamente inefectiva.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAILEY, D.W., 2005. Identification and creation of optimum habitat conditions for livestock. *Range-land Ecology & Management*, **58**, 109-118.
- BAILEY, D.W.; WELLING, G.R., 1999. Modification of cattle grazing distribution with dehydrated molasses supplement. *Journal of Range Management*, **52**, 575-582.
- ELICEITS, P.; MANDALUNIZ, N., 2008. Empleo de la sal como herramienta para la gestión ganadera en pastos de montaña. En: *Pastos, clave en la gestión de los territorios: Integrando disciplinas*, SEEP (Ed.), Junta de Andalucía. Sevilla, 493-498.
- ÉTIENNE, M.; RIGOLOT, É., 2001. *Méthodes de suivi des coupures de combustible*. Éd. de la Cardère, 64 pp. Morières (Francia).
- 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.
- JAUREGUI, B.M.; CELAYA, R.; GARCIA, U.; OSORO, K., 2007. Vegetation dynamics in burnt heather-gorse shrublands under different grazing management with sheep and goats. *Agroforestry Systems*, **70**, 103-111.

EFFECT OF PLACING SALT-BLOCKS ON SHRUB STRATUM BROWSING IN GRAZED FUELBREAKS OF ANDALUSIA (SPAIN)

SUMMARY

This study aims to evaluate the effectiveness of placing salt-blocks in fuelbreaks to attract domestic and wild herbivores. This would indirectly increase vegetation consumption and reduce fire hazard. The experiment was set up in six fuelbreaks of Andalusia following the same replicated design, but was only successful in two of them. These fuelbreaks were evaluated in terms of shrub stratum height, cover, phytovolume and utilization rate, and three situations were compared: 1) salt adjacent, 2) 50 m away from the previous one, on the same side of the fuelbreak, and 3) on the opposite side of the fuelbreak. In both fuelbreaks, the utilization rate was significantly different among situations 1-2-3, which registered mean values of 2.9-2.5-1.4 and 4.1-3.1-2.8 (respectively). Shrub cover, height and phytovolume did not show significant differences among situations, due to the high variability observed among replicates and to the limited duration of the study (one year). These results indicate that, in certain places, salt can effectively attract livestock and increase shrub consumption.

Key words: silvopastoralism, wildfires, utilization rate, supplement, distribution

MODELIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE PASTOS HERBÁCEOS EN UNA DEHESA DEL CENTRO PENINSULAR

R. BENAVIDES¹, S. ROIG², R. ALONSO PONCE³ Y C. LÓPEZ-CARRASCO⁴

¹ Centro de Investigación Forestal. INIA ² Depto. Silvopascicultura. Universidad Politécnica de Madrid. ³ CESEFOR. JCYL ⁴ CIA Dehesón del Encinar. JCCM.

RESUMEN

La modelización de la dinámica y producción de los pastos es un objetivo clave para la gestión de los sistemas agroforestales, tanto por la importancia económica de su producción directa como por su papel en objetivos de conservación. Sin embargo, la modelización de esta producción es una tarea compleja debido a la gran cantidad de factores influyentes en ella y a la enorme variabilidad y diversidad características de los pastos herbáceos. El objetivo de este trabajo es analizar y modelizar la producción de pastos en una dehesa de encina del centro Peninsular. El estudio se ha localizado en el CIA Dehesón del Encinar (Toledo), en una dehesa de baja densidad (17 pies/ha). Como primera aproximación a un modelo más complejo, se han empleado técnicas geoestadísticas para modelizar la producción de los pastos herbáceos a partir de los datos georreferenciados de producción de materia seca en dos años de características meteorológicas extremas (2008 y 2009). Las técnicas geoestadísticas y el uso de los sistemas de información geográfica se muestran como herramientas eficaces en el análisis y predicción de producciones de pastos y en la gestión de estos sistemas agroforestales.

Palabras clave: pastos mediterráneos, geoestadística, pastos herbáceos, interacción árbol-pasto, sistemas agroforestales

INTRODUCCIÓN

Los sistemas agrosilvopastorales son sistemas complejos, diversos y muy variables, ejemplo de gestión multifuncional. La modelización de su dinámica, funcionamiento y producciones tiene un gran interés para científicos y gestores ya que la construcción de estos modelos tiene múltiples aplicaciones: predicción de producciones, análisis de dependencia de factores climáticos, edáficos o de gestión, simulación de distintos escenarios de gestión, cambio climático, etc. No obstante, debido a sus singulares características constituyen hoy en día un verdadero reto a la hora de construir estos modelos empíricos o de procesos.

En la construcción de modelos de producción de pastos en sistemas silvopastorales encontramos varias dificultades que los distinguen de otras formaciones arbóreas o agrícolas, entre otras: la insuficiencia de datos de origen sobre producción o crecimiento, una enorme variabilidad ecológica a pequeñas escalas, el elevado número de factores influyentes en la producción en los sistemas silvopastorales, la heterogeneidad de elementos productivos, variabilidad de condiciones ecológicas en el tiempo, etc. Los modelos de producción de pastos más recientes existentes en la literatura científica se han desarrollado con una orientación ecológica, con el objetivo de analizar los procesos de la producción. Su principal inconveniente es la gran cantidad de parámetros que es necesario estimar para realizar el cálculo de las producciones, lo que hace difícil exportarlos fuera de las regiones de origen y que sean poco asequibles a usuarios fuera del mundo científico (técnicos, productores, ganaderos) (Roig y Benavides, 2010).

Uno de los objetivos del proyecto de investigación SUM2006-00034 es construir un modelo de producción en el sistema dehesa para analizar y estimar la producción de pastos, incluyendo todos los elementos del sistema silvopastoral y que dependa de un número reducido de parámetros: modelo digital del terreno (MDT), variables edáficas, datos meteorológicos, modelo de sombras (influencia del arbolado), etc. En una primera aproximación, en este trabajo se analiza la producción de pastos herbáceos a través de un modelo geoestadístico.

MATERIAL Y MÉTODOS

El experimento se llevó a cabo en el CIA “Dehesón del Encinar”, localizado en Oropesa, Toledo, durante los años 2008 y 2009, en una dehesa de encinas con densidad baja de arbolado (17 pies/ha) y pendientes suaves. El clima es continental mediterráneo, con una precipitación anual media (septiembre a agosto) en los últimos 20 años de 607,1 mm y temperatura media anual de 15,1 °C. El suelo es franco-arenoso, pH ácido, bajo contenido en MO, N y moderado en P (López-Carrasco *et al.*, 1999). La vegetación herbácea de la parcela se corresponde con pastos de anuales subnitófilos (posí-os), de la clase fitosociológica *Stellarietea mediae* y el orden *Sisymbrietalia officinalis* (San Miguel, comunicación personal), donde encontramos *Ornithopus compressus* L., *Trifolium glomeratum* L., *Trifolium ceernum* Brot., *Vulpia geniculata* (L) Link., *Holcus lanatus* L., *Thaenatherum caput-medusa* (L.) Nevski, *Echium plantagineum* L., *Spergula arvensis* L., *Crepis capillaris* (L.) Wallr, *Tolpis barbata* (L.) Gaerth y *Anthemis arvensis* L., entre las especies más abundantes. Se trata de un área que se dejó de cultivar para forraje a partir de 1993 y que se ha venido pastoreando habitualmente con ovino talaverano o vacuno avileño negro-ibérico hasta la actualidad.

Se realizó un muestreo de la producción de pasto herbáceo en una parcela de 5 ha, en zonas fuera de las copas del arbolado, en los meses de mayo de 2008 y 2009, coincidiendo con el pico de máxima producción. En cada campaña, se cortaron 33 marcos (50 cm x 50 cm) en tres transectos paralelos en la parcela de estudio. El muestreo en los transectos recoge un amplio gradiente de disponibilidad de recursos y fertilidad por toda la parcela (Fig. 1). Todos los puntos de muestreo están georreferenciados. El ganado estuvo excluido de la parcela de septiembre de 2007 a mayo de 2009. La hierba de cada marco de muestreo se llevó al laboratorio, donde se pesó en fresco y en seco una vez desecada a 80 °C, durante 24 horas.

La geoestadística es una rama de la estadística que 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; Goovaerts, 1997. Un estudio geoestadístico tiene tres pasos principales:

(1) Un estudio exploratorio preliminar en el que se analiza la estructura espacial de la variable a través de la semivarianza ($\hat{\gamma}(h)$), que mide la diferencia de los componentes de un par de datos separados por una distancia h :

$$\hat{\gamma}(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{a=1}^{N(h)} [z(u_a) - z(u_a + h)]^2$$

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 en los lugares u_a y u_a+h respectivamente. El variograma es la representación gráfica de la semivarianza en función de la distancia entre observaciones y nos proporciona información del comportamiento espacial de una variable. Esta función se representa promediando la semivarianza para todos los pares de observaciones separados por una distancia h , obteniéndose así el valor de la semivarianza en función de la distancia, se denomina semivariograma o variograma experimental. Para modelizar los variogramas experimentales presentes en un área de estudio, éstos se ajustan a un modelo teórico esférico (Govaerts, 1999) mediante el método de mínimos cuadrados, que determina la variación espacial de la variable. Este ajuste se caracteriza por tres parámetros necesarios para la predicción de la variable en los puntos no muestreados: el efecto pepita (varianza en el origen), meseta (valor máximo de la varianza) y alcance (distancia donde se alcanza la meseta, y a partir de la cual los datos dejan de estar autocorrelacionados).

(2) El krigeado o *kriging* 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].

$$z^*(u) = \sum_{a=1}^{n(u)} \lambda_a(u) z(u_a) \quad [1] \quad \sum_{a=1}^{n(u)} \lambda_a(u) = 1 \quad [2] \quad \sigma_E^2 = Var\{Z^*(u) - Z(u)\} \quad [3]$$

donde $\lambda_a(u)$ 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.

(3). Validación. Se utiliza el método de validación conocido como jack-knife o validación cruzada 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. A continuación se comparan los datos observados con los hallados utilizando dos estadísticos (Cressie, 1993): el Error Medio Normalizado (EMN) que si se aproxima a cero indica que nuestros errores son insesgados, y la Raíz del Error Medio Normalizado al Cuadrado (REMNC) que si se aproxima a 1 se puede decir que el ajuste del variograma es bueno y que la estimación del error teórica es fiable:

$$EMN = \frac{1}{n} \sum_{a=1}^n \left\{ \frac{(Z(u_a) - \hat{Z}(u_a))}{\sigma_a(u_a)} \right\} \quad REMNC = \left[\frac{1}{n} \sum_{a=1}^n \left\{ \frac{(Z(u_a) - \hat{Z}(u_a))}{\sigma_a(u_a)} \right\}^2 \right]^{1/2}$$

Una vez verificadas las bondades de los modelos, se comparan los errores de predicción de cada uno de los modelos. En este trabajo hemos utilizado también el Error Medio Absoluto cometido

$$EMA = \frac{1}{n} \sum_{a=1}^n |\hat{Z}(u_a) - Z(u_a)|$$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se ha analizado la correlación espacial de la variable a través del cálculo y ajuste de los variogramas (Figura 2 y Tabla 1). A continuación se obtuvieron los modelos de predicción (Figura 3) con una precisión de 1 mx1 m para ambos años. Los modelos recogen la gran diferencia de producción entre el 2008 y 2009. La abundancia de lluvias de 2008 se reflejó en una abundante producción de pastos en toda la parcela (producción de pastos entre 0,88 y 5,43 t/ha) mientras que el año 2009, muy seco, marcó diferencias de calidad de estación en la parcela (producción de pastos entre 0,36 y 1,26

t/ha). En los dos casos las mayores producciones se encuentran en la zona norte de la parcela, asociada a situaciones topográficas convexas. Estas diferencias se registran para cualquier año y diversas producciones en la dehesa ya estudiadas, como los pastos herbáceos y de montanera (López-Carrasco y Roig, 2009; López-Carrasco *et al.* 2009).

Tabla 1. Parámetros de los variogramas ajustados para un Krigeado Ordinario para datos de producción de pasto de primavera en el 2008 y 2009 mediante un modelo esférico.

Año	Pepita (t/ha) ²	Meseta (t/ha) ²	Alcance (m)
2008	0,000	1,574	58 982
2009	0,039	0,150	68 736

Los estimadores de la bondad de nuestros modelos, muestran que los modelos teóricos obtenido son bastante insesgados al obtenerse un EMN cercano a cero, y que nuestro ajuste del variograma también es bastante bueno al obtenerse valores de REMNC cercanos 1. Comparando los errores medios y medios absolutos obtenidos (EMA) en los puntos de muestreo (comparación de valores estimados y los observados), apreciamos errores más pequeños en el muestro de 2009 frente al 2008, hecho que puede deberse a valores de la variable menores. En el caso del año 2009, parece que el modelo infravalora la producción al ser el EMN y el error medio negativo, mientras que en 2008 parece que se sobreestima.

Tabla 2. Parámetros de validación del modelo. EMN: Error medio normalizado; REMNC: Raíz del error medio normalizado al cuadrado. EMA: Error medio absoluto.

Año	EMN (proximo a 0)	REMNC (proximo a 1)	error medio (t/ha)	EMA (t/ha)
2008	-0,0065	1,2204	-0,0154	1,0991
2009	0,0100	1,1638	0,0070	0,3204

El error medio cometido en ambos años es inferior o similar a 0,01 t/ha, lo que nos indica de nuevo que nuestros modelos son bastante insesgados. Sin embargo, el error medio absoluto muestra valores más importantes, que suponen en ambos casos errores que suponen en torno al 43% de los datos medios observados, poniendo de nuevo de relieve la dificultad de modelizar la producción de sistemas tan complejos como los pastos herbáceos.

En una próxima etapa en la construcción de modelos de producción con técnicas geoestadísticas, y con el propósito de disminuir dichos errores, se incluirán en este sistema los datos influencia del arbolado, así como datos edáficos, topográficos, análisis de las producciones con datos meteorológicos detallados, etc.

CONCLUSIONES

El modelo geoestadístico empleado, a pesar de su sencillez, ha permitido un ajuste razonable a los datos de partida, y la generalización de los datos discretos a toda la parcela de estudio. Nuevas variables auxiliares (datos meteorológico, edafológicos, topográficos, distancia al arbolado) se considerarán en análisis posteriores con la idea de mejorar esta metodología de estimación de producción de pastos.

AGRADECIMIENTOS

El trabajo se enmarca dentro del proyecto SUM2006-00034-CO2: *El sistema agroforestal dehesa como sumidero de carbono: hacia un modelo conjunto de la vegetación y el suelo.*

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CRESSIE, N. A. C. 1993. *Statistics for Spatial Data*. Wiley, New York. 900 pp.

GOOVAERTS, P. 1997. *Geostatistical for Nature Resources Evaluation*. Oxford University Press. New York. 483 pp.

GOOVAERTS, P. 1999. Geostatistics in soil science: state-of-the-art and perspectives. *Geoderma* **89**: 1-45

ISAAKS, E. H.; SRIVASTAVA, R. M. 1989. *Applied Geostatistics*. Oxford University Press, New York. 561 pp.

LÓPEZ-CARRASCO, C.; RODRÍGUEZ, R.; ROBLEDO, J.C., 1999. Efecto de la fertilización fosfórica en la transformación a pastizal de un cultivo forrajero en la Campana de Oropesa (Toledo). *Actas de la XXXIX Reunión Científica de la SEEP*, 407-412.

LÓPEZ-CARRASCO, C.; HOYOS, P.; ROIG, S. 2009. Multiproduction at Spanish Mediterranean holm oak dehesas: temporal and spatial variation of acorn yield. *EFIMED Meeting*, Marrakech, Mayo 2009. Libro de resúmenes, 48.

LÓPEZ-CARRASCO, C.; ROIG, S. 2009. Efecto de la disposición espacial del arbolado sobre los pastos herbáceos en una dehesa toledana: producción de materia seca. En: *La multifuncionalidad de los pastos: producción ganadera sostenible y gestión de los ecosistemas*, REINÉ, R. et al. (Eds.). Gráficas Alós. Huesca, 565-572.

ROIG, S.; BENAVIDES, R. 2010. Models for pasture production: an approach in a Mediterranean silvopastoral systems. *Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales*. En revisión.

MODELLING HERBACEOUS PASTURE PRODUCTION IN A DEHESA OF CENTRAL SPAIN

SUMMARY

Modelling pasture production and dynamics is a key objective for agroforestry systems management for economic and conservation purposes. However, this is a complex task due to the large number of influencing factors and the characteristic diversity and heterogeneity of this production. The objective of this work is to analyze and model the pasture production in a *dehesa* of Central Spain. The study site is located in the Dehesón del Encinar (Toledo) state, in a low density *dehesa* (17 trees/ha). A first geostatistical approximation is used with data from two contrasted sampling years: 2008 and 2009. Sampling data include zones under tree influence and pasture without any canopy cover. Geostatistical techniques and GIS result to be efficient tools for analyzing and predicting pasture production as well as for agroforestry systems management.

Key words: Mediterranean pastures, geostatistical, herbaceous pastures, tree-pasture interaction, agroforestry systems.

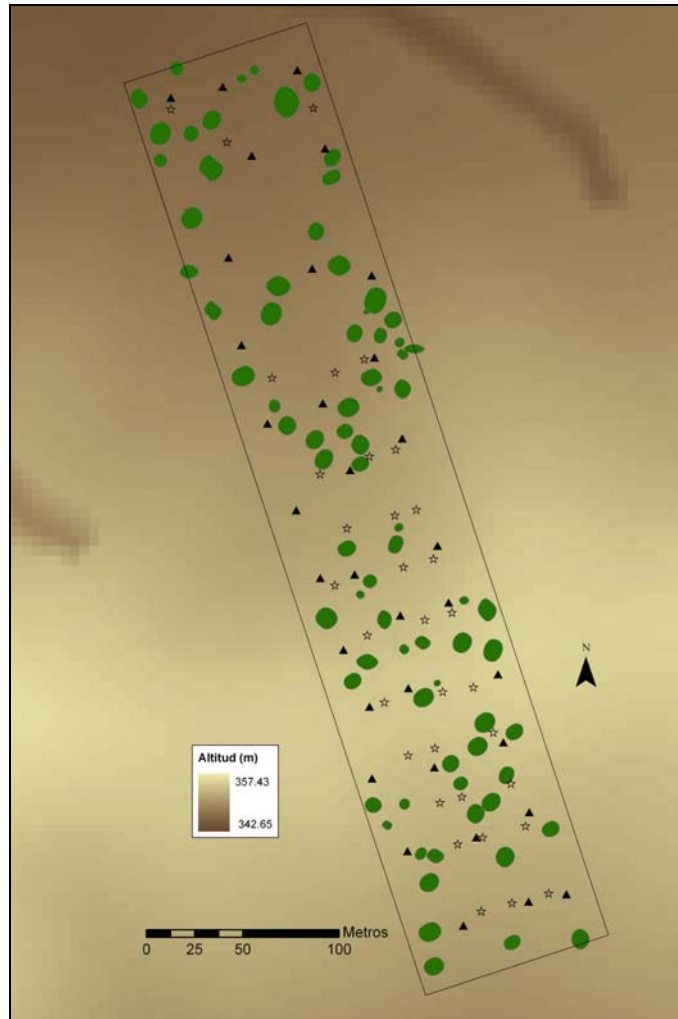


Figura 1. Parcela en estudio (sobre MDT) con los puntos de muestreo en el año 2008 (triángulos negros) y en el 2009 (estrellas blancas). Los círculos son las proyecciones de las copas de los árboles en la parcela

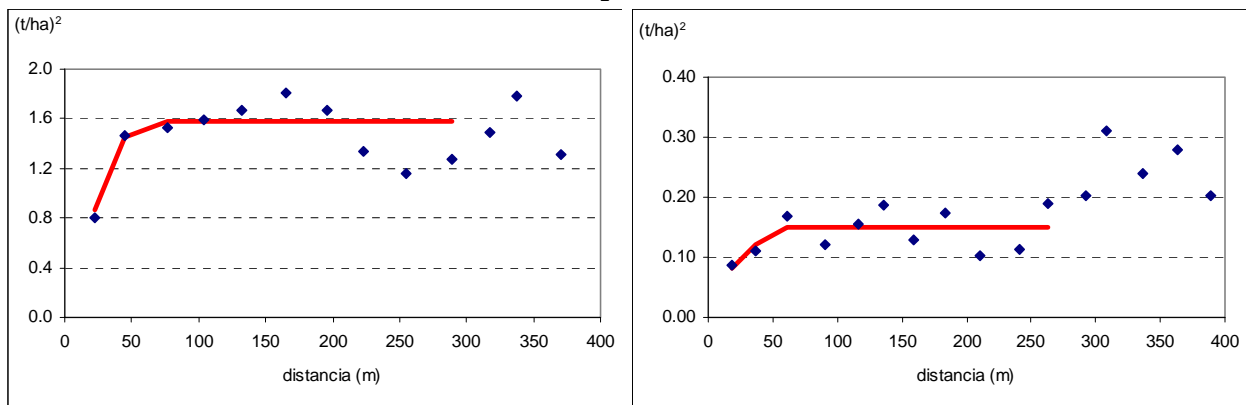


Figura 2. Variograma de la producción de pasto en el año 2008 (izda) y 2009 (dcha)

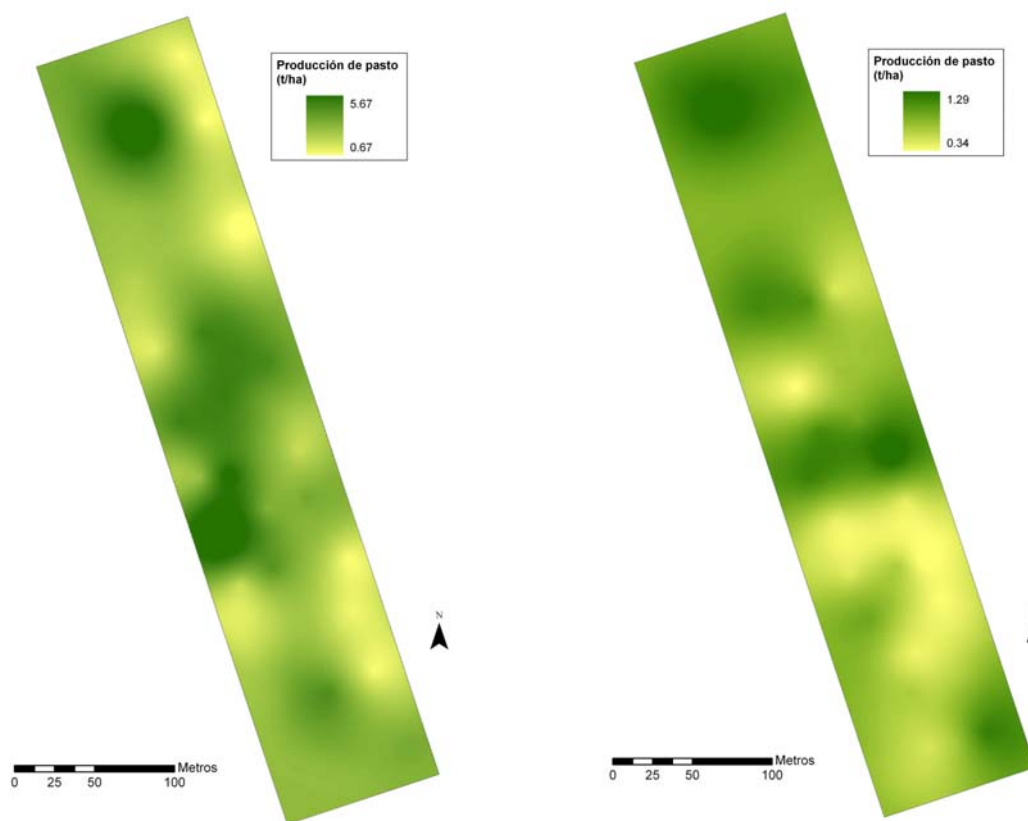


Figura 3. Modelo de la producción de pastos en el 2008 (izda) y 2009 (dcha) utilizando un Krigado Ordinario

PRODUCCIÓN DE PASTO Y CRECIMIENTO DE *PINUS RADIATA* D. DON EN SISTEMAS SILVOPASTORALES ENCALADOS Y FERTILIZADOS CON LODOS DE DEPURADORA URBANA. EFECTO RESIDUAL

A. RIGUEIRO-RODRÍGUEZ, P. ASENSIO-CARPENTE, S. RODRÍGUEZ-BARREIRA, M. R.
MOSQUERA-LOSADA.

Departamento de Producción Vexetal. Escola Politécnica Superior. Universidad de Santiago de Compostela. 27002-Lugo. España.

e-mail: mrosa.mosquera.losada@usc.es; antonio.rigueiro@usc.es

RESUMEN

Los incendios forestales se relacionan con los parámetros climáticos y con la cantidad de combustible vegetal que hay en el sotobosque, su inflamabilidad y su combustibilidad. En este sentido la implantación de sistemas de manejo que ayuden al empradizamiento del sotobosque reducen la combustibilidad de los montes, a la vez que facilitan las tareas de extinción de incendios. La mejora de la fertilidad edáfica favorece el desarrollo de las especies herbáceas frente a las leñosas, reduciendo el riesgo de incendios, a la vez que contribuye a mejorar la producción pascícola y forestal. El objetivo de este estudio ha sido evaluar el efecto del encalado, la fertilización inorgánica y la fertilización con 4 dosis de lodo de depuradora urbana (que implicaban 0, 160, 320 y 480 kg N total ha⁻¹) durante tres años (1998, 1999 y 2000) sobre la producción de pasto en el sotobosque y el crecimiento del arbolado en el año 2002, en un sistema silvopastoral con pino insigne establecido sobre un suelo muy ácido del municipio de Pol (Norte de Lugo, Galicia, España). Se observó que la mejora de la fertilidad favoreció el crecimiento de los pinos, provocando el cierre de copas y el incremento de la proporción de acículas en el suelo. La cobertura y producción del tapiz herbáceo se relacionaron, como era de esperar, negativamente en relación con la proporción de acículas y material senescente en el suelo y el crecimiento del arbolado. La reducción de la densidad inicial o la ejecución de clareos y claras es indispensable para mejorar la respuesta del arbolado y el pasto a la fertilización.

Palabras clave: sistema agroforestal, pH ácido

INTRODUCCIÓN

En los últimos años en Galicia se ha registrado un abandono de la actividad agropecuaria. Muchos pequeños agricultores, ante el escaso futuro de sus explotaciones y alentados por la administración pública mediante ayudas económicas, han establecido plantaciones forestales en sus tierras de cultivo. Con motivo de este cambio de uso de la tierra se ha constatado un incremento de la superficie forestal y consecuentemente un mayor número de incendios y de gastos destinados a la prevención de éstos. Por otro lado, Galicia es una región esencialmente ganadera, hablando en términos económicos. La compra de concentrados para la alimentación animal supone el 58% del coste de los consumos intermedios totales (Contas Económicas da Agricultura 2003, Xunta de Galicia). Los sistemas silvopastorales, al combinar arbolado y pastoreo coincidentes en el tiempo y en el espacio resultan una buena alternativa para reducir el componente herbáceo y de matorral, a través del pastoreo, reduciendo así los gastos de prevención de incendios, a la vez que se alimenta al ganado, disminuyéndose también

los gastos en alimentación complementaria y mejorando el rendimiento económico de los terrenos forestales. La mejora de la producción de pastos se produce a través de la fertilización, por ello al aplicar al suelo fertilización orgánica a base de lodos de depuradora urbana, por un lado mejoramos las características físico-químicas del suelo, favoreciendo el crecimiento del arbolado y el pasto de calidad, y por otro se está dando salida al residuo cumpliendo con las expectativas del 2º Plan Nacional de Lodos de Depuradora Urbana (2007-2015), que pretende valorizar el 70% de este residuo por vía agrícola.

En este trabajo el objetivo fue evaluar el efecto de la fertilización con lodos, la fertilización inorgánica y el encalado, sobre el crecimiento de *Pinus radiata* D. Don y del pasto sembrado bajo la plantación forestal.

MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se localiza en una finca ubicada en el término municipal de Pol (Lugo); situada a una latitud 477957 UTMX-29, longitud 635250 UTMY-29, y a una altitud de 450 m sobre el nivel del mar. La experiencia se inició en el año 1997, mostrándose en este trabajo los resultados correspondientes al año 2002.

El ensayo comenzó con el desbroce del matorral existente en una masa de *Pinus radiata* D. Don de cinco años de edad, procediendo después a la instalación de 27 parcelas de superficie 96 m² (12 m x 8 m) en un diseño de bloques al azar con tres réplicas, incluyendo cada parcela 25 árboles, en distribución de 5x5 árboles (marco de plantación 3 m x 2 m). A continuación se aplicó un encalado, con 2,5 t ha⁻¹ de CaCO₃ en 12 de las parcelas (las que serían fertilizadas con los tratamientos NF, LB, LM y LA que se explican más adelante). Seguidamente fueron fertilizadas todas las parcelas con 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅ y 200 kg ha⁻¹ de K₂O, procediendo entonces a la siembra con 25 kg ha⁻¹ de *Lolium perenne* cv Brigantia, 10 kg ha⁻¹ de *Dactylis glomerata* cv Artabro y 4 kg ha⁻¹ de *Trifolium repens* cv Huia. Como ya hemos indicado la siembra se llevó a cabo bajo cubierta de *Pinus radiata* D. Don, de 5 años de edad y con una densidad de 1667 árboles ha⁻¹.

En las 12 parcelas encaladas y en otras 12 no encaladas se establecieron distintos tratamientos que consistían en la aplicación de 4 dosis de lodo: 0, 160, 320 y 480 kg N ha⁻¹, que se corresponden con los tratamientos NF, LB, LM, LA respectivamente. Estos tratamientos de fertilización orgánica se aplicaron de forma consecutiva los años 1998, 1999 y 2000. En las otras 3 parcelas no encaladas, se instaló un tratamiento adicional denominado MIN, consistente en la aplicación de 500 kg ha⁻¹ del complejo 8:24:16, tratamiento que equivaldría a la fertilización anual aplicada tradicionalmente en la zona a las praderas. Los tratamientos de fertilización iniciados en 1997 y que se prolongaron hasta el año 2000 se realizaron anualmente en cobertera.

Para favorecer la mineralización del lodo acumulado en cobertera, en el año 2001 se realizó una fertilización inorgánica que consistió en la aplicación de 250 kg ha⁻¹ de complejo 8:24:16 en las parcelas con tratamiento LB, LM, LA, y de 500 kg ha⁻¹ en las parcelas con tratamiento MIN, excluyendo subparcelas de 1 m² por parcela, las cuales ejercieron la función de testigos. Esa fertilización se repitió en el año 2002.

El lodo empleado en la fertilización procede de la estación depuradora de aguas residuales de Lugo, gestionada por la empresa GESTAGUA, S.A. Para garantizar el cumplimiento del R.D.1310/1990, antes de la aplicación del lodo en el suelo se realizó un análisis para determinar las

concentraciones de nutrientes y metales pesados. Los niveles medios de los elementos presentes en el lodo aplicado en cada uno de los años (1998, 1999, 2000) se muestran en las tablas 1 y 2. Se trata de un lodo de buena calidad, que presenta concentraciones de metales más bajas que las permitidas (R.D. 1310/1990) y por lo tanto posee buenas características para su empleo como fertilizante.

Tabla 1. Materia seca (MS, %), pH en agua, materia orgánica (MO, %), N (%), relación C/N, P, K, Ca, Mg, Na (mg kg⁻¹) de los lodos de depuradora empleados.

Año	MS	pH	MO	N	C/N	P	K	Ca	Mg	Na
1998	25,00	6,94	49,00	3,21	8,85	0,93	0,25	0,67	0,54	0,08
1999	25,00	6,94	39,26	3,21	7,09	0,52	0,25	0,69	0,43	0,02
2000	23,54	6,94	44,12	4,23	6,05	1,68	0,26	0,65	0,65	0,14

Tabla 2. Contenido de Fe, Zn, Cu, Mn, Pb, Cr, Ni, Hg, Cd (mg kg⁻¹) de los lodos de depuradora.

Año	Fe	Zn	Cu	Mn	Pb	Cr	Ni	Hg	Cd
1998	19-500	821	244	228	203	39	21	1,5	5
1999	16-141	746	154	164	94,7	141	30	1,5	1
2000	22-942	1320	241	292	184	74	49	1,5	1,5

En el año 2002 se procedió a la recogida de muestras de pasto mediante siega. Se realizaron tres cortes anuales en los meses de mayo, junio y noviembre. En cada corte, se tomaron 4 muestras de pasto al azar, en cuadrados de 0,09 m² (0,3m x 0,3 m), en cada una de las parcelas, con cizallas manuales. Después de los muestreos se cosecharon todas las parcelas. En 2003 se midió el diámetro normal (forcípula) y la altura total (pértiga telescópica) de los 9 árboles interiores de cada parcela.

RESULTADOS

En la figura 1 se muestran las producciones anuales de fitomasa aérea del sotobosque (t MS ha⁻¹) para los distintos tratamientos, en el año 2002, diferenciando pasto, acículas y material senescente. La producción de pasto durante este año varió entre 0,66 y 2,64 t MS ha⁻¹, la de material senescente entre 0,22 y 0,84 t MS ha⁻¹ y la de acículas entre 0,3 y 2,01 t MS ha⁻¹. El encalado parece reducir la producción anual de pasto, incrementando la presencia de acículas en los tratamientos de dosis media de lodo (LM) y de no fertilización (NF), en comparación con las parcelas no encaladas, en las que fue mayor la proporción de pasto.

En cuanto a los tratamientos de fertilización, en el año 2002 la producción de pasto fue significativamente mayor en el tratamiento NF, mientras que el mayor contenido de acículas durante ese año se asocia con los tratamientos de dosis alta de lodo (LA) y mineral (MIN).

En concordancia con la proporción de acículas, en la figura 2, se muestra como la altura y el diámetro del arbolado se ven incrementados en las parcelas encaladas, y como el tratamiento LA y MIN en las parcelas no encaladas producen valores de los parámetros mayores a los observados en el tratamiento NF.

En la figura 2 se muestra el diámetro normal y la altura total del arbolado para los distintos tratamientos. El crecimiento diamétrico y en altura se ve favorecido por el encalado de forma importante en las parcelas no fertilizadas. En las parcelas fertilizadas con dosis media de lodo, el encalado incrementa ligeramente la altura y reduce, también ligeramente, el diámetro. En los otros tres tratamientos de fertilización el efecto del encalado sobre el crecimiento en altura y diámetro del arbolado es menor.

En general, en los tratamientos NF, LA y MIN el crecimiento diamétrico y en altura de los pinos es mayor que en los otros tratamientos, tanto si se encala como si no.

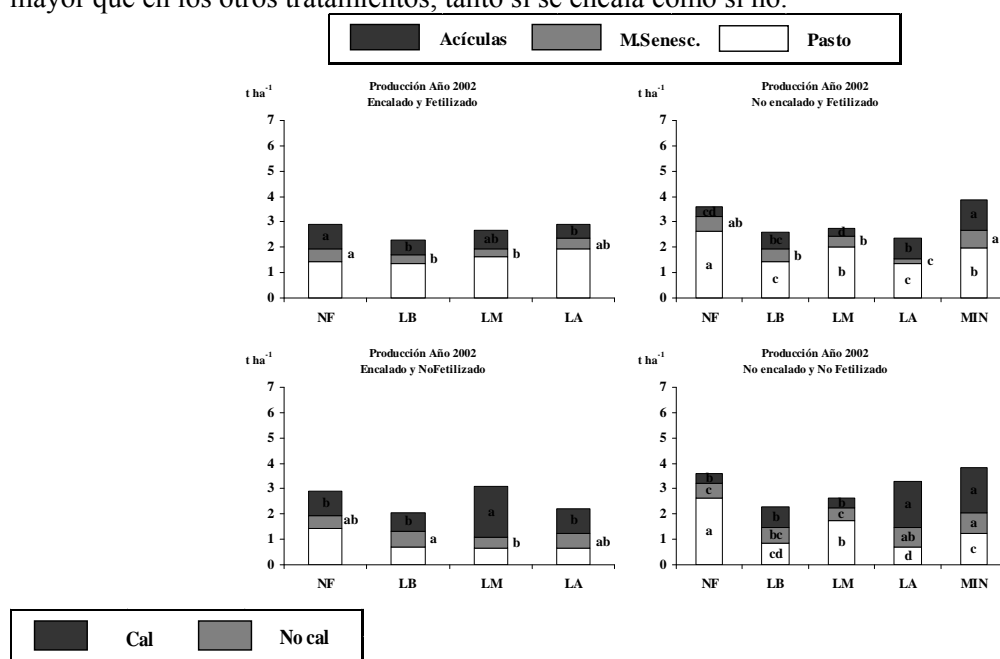


Figura 1. Producción de fitomasa aérea del sotobosque. NF: No fertilización; LB: dosis baja (0,16 t N ha⁻¹); LM: dosis media (0,32 t N ha⁻¹); LA: dosis alta (0,48 t N ha⁻¹); MIN: 500 kg ha⁻¹ 8:24:16. Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos de fertilización para cada dosis de cal.

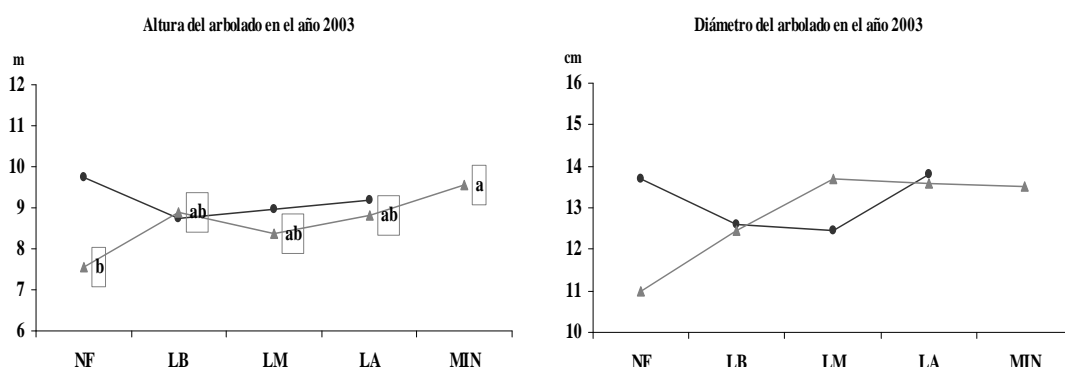


Figura 2. Altura total y diámetro normal del arbolado, según el tratamiento aplicado. NF: No fertilización; LB: dosis baja (0,16 t N ha⁻¹); LM: dosis media (0,32 t N ha⁻¹); LA: dosis alta (0,48 t N ha⁻¹); MIN: 500 kg ha⁻¹ 8:24:16. Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos de fertilización para cada dosis de cal.

DISCUSIÓN

La producción de pasto en nuestra experiencia se sitúa dentro del intervalo de la producción media en terrenos de monte de Galicia (0,5-6 t MS ha⁻¹), si bien resulta baja al compararla con la producción media en terrenos agrícolas, entre 6 y 12 t MS ha⁻¹ (Rigueiro *et al.*, 1999). El efecto negativo del encalado sobre la producción pascícola lo relacionamos con la mejora que produce sobre el desarrollo del arbolado, especialmente en el tratamiento de no fertilización, que limita el crecimiento del pasto en el sotobosque y deposita una mayor cantidad de acículas sobre el suelo. Silva (1993) estimó la producción de pasto bajo *Pinus radiata* D. Don entre 1,4 y 2,8 t MS ha⁻¹.

En general, las mayores producciones de pasto, en el año del estudio, aparecen asociadas al tratamiento de NF, especialmente cuando no se encala, y las menores a los tratamientos de dosis baja (LB), dosis media (LM) y dosis alta (LA) de lodo, cuando se encala y no se fertiliza (NF), y LB, LA y MIN (mineral) cuando ni se encala ni se fertiliza, inversamente a lo que ocurre con las proporciones de acículas y material senescente. En los tratamientos que se corresponden con un mayor crecimiento del arbolado, dada la elevada densidad, se produce con rapidez la tangencia de copas, llegando menos radiación solar al sotobosque y acumulándose más acículas en el mismo, factores que conllevan una merma notable en la producción de pasto. En la disminución de la producción de pasto también influye la reducción de la fertilidad edáfica como consecuencia del incremento de la acidificación del suelo que provoca la descomposición de las acículas (Mosquera-Losada *et al.*, 2006).

CONCLUSIONES

El encalado mejoró, en general, el crecimiento del arbolado en altura y diámetro, en comparación con las parcelas no encaladas. El mayor desarrollo del arbolado se relacionó, como era de esperar, con una reducción de la producción total de pasto, al establecerse relaciones de competencia entre los dos estratos de vegetación. Asimismo, en los tratamientos de no fertilización y encalado y dosis alta y mineral con y sin encalado se obtuvo el mayor desarrollo del arbolado y, consecuentemente, una merma en la producción de pasto, que alcanza su máxima producción con el tratamiento no fertilización sin encalado. Por tanto, se puede decir que la respuesta del arbolado a los distintos tratamientos aplicados está relacionada con la que experimenta el estrato herbáceo y viceversa. La productividad del sistema agroforestal se ve limitada por las elevadas densidades de plantación empleadas en la repoblación de los montes gallegos.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio fue desarrollado gracias a la financiación de varios proyectos de la Xunta de Galicia y del Ministerio de Educación y Ciencia. Nuestro agradecimiento a Divina Vázquez-Varela, María Teresa Piñeiro López, José Javier Santiago-Freijanes y Pablo Fernández-Paradela, que colaboraron en los trabajos de campo y de laboratorio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- MOSQUERA-LOSADA, M.R.; FERNÁNDEZ-NÚÑEZ, E.; RIGUEIRO-RODRÍGUEZ, A., 2006. Pasture, Tree and Soil Evolution in Silvopastoral Systems of Atlantic Europe. *For. Ecol. Manage.* **232**, 135-145.
- RIGUEIRO-RODRÍGUEZ A.; MOSQUERA-LOSADA, M.R.; LÓPEZ-DÍAZ M.L., 1999. *Silvopastoral systems in prevention of forest fires in the forests of Galicia (NW Spain)*. Agroforestry forum. **9(3)**: 3-7.
- SILVA, F.J., 1993. *Prácticas agroforestales en pinares y eucaliptales atlánticos, I: Producción del sotobosque*. Congreso Forestal Español. Lourizán (Pontevedra). Ponencias y Comunicaciones. Tomo II.

PASTURE PRODUCTION AND TREE GROWTH OF *PINUS RADIATA* D. DON IN SILVOPASTORAL SYSTEM LIMED AND FERTILIZED WITH SEWAGE SLUDGE. RESIDUAL EFFECT

SUMMARY:

Forest fires are related to climatic parameters and the amount of fuel plant in the understory. In this sense the introduction of adequate management will allow an herbaceous layer development which would reduce the combustibility of forests. The improvement of soil fertility favours the development of the herbaceous species, reducing the risk of fire, and improving pasture and forest production. The aim of this study was to evaluate the effect of the lime, inorganic fertilization and fertilization with four doses of urban sewage sludge (which implies 0, 160, 320 and 480 kg N ha⁻¹) over three years (1998, 1999 and 2000) on understory production and the growth of trees in 2002, in a silvopastoral system with *Pinus radiata* D. Don established on a highly acidic soil from (Pol, North of Lugo). It was observed that the fertility improvement favoured pine trees growth causing canopy closure and the increment of the proportion of pine leaves over the soil. The closure and production of the herbaceous layer were negatively related, as expected to the proportion of needles and senescent material in the soil and the growth of trees.

The reduction in the initial density or the execution of clear and clearcut is essential to improve the response of trees and grass to the fertilization.

Keywords: silvopastoral system, fertilization, pasture and tree yield

SISTEMAS SILVOPASTORALES EN PREVENCIÓN DE INCENDIOS EN GALICIA: RED DE EXPERIENCIAS PILOTO DE TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA

A. RIGUEIRO-RODRÍGUEZ, J. J. SANTIAGO-FREIJANES, R. MOUHBI, S. MURR, E.
FERNÁNDEZ-NÚÑEZ, M. GARCÍA-FERNÁNDEZ Y M. R. MOSQUERA-LOSADA

Departamento de Producción Vexetal. Escola Politécnica Superior. Universidad de Santiago de Compostela. 27002-Lugo. España.

e-mail: mrosa.mosquera.losada@usc.es; antonio.rigueiro@usc.es

RESUMEN

En el marco de un convenio de colaboración entre la Consellería de Medio Rural y la Universidad de Santiago de Compostela se está estableciendo una red de parcelas demostración en las cuatro provincias gallegas de cara a transferir tecnología al sector en relación con la utilización de sistemas silvopastorales para prevenir incendios forestales y valorizar el monte, ya que estos sistemas tienen una gran importancia desde un punto de vista científico, económico, social y ambiental. Estos sistemas son formas de gestión del territorio forestal que nos permiten reducir el riesgo de incendios, a la vez que se incrementa la producción del monte. En este trabajo se describen los sistemas establecidos en cuatro montes ubicados en las cuatro provincias gallegas y se analizan previsiones de la evolución de la vegetación y de la carga ganadera. Las especies más abundantes en el sotobosque de las masas arboladas estudiadas corresponden a los siguientes grupos: ericáceas, helecho común, silvas o zarzas y tojos, si bien su proporción relativa de esos grupos se relaciona con la edad del arbolado, la especie arbórea y el grado cobertura de la masa.

Palabras clave: sistemas silvopastorales, transferencia de tecnología

INTRODUCCIÓN

Galicia es la región española con mayor número de incendios forestales, ya que en ella se producen el 50% de de los focos y se quema el 25% de la superficie que arde anualmente en el territorio nacional. Este hecho se justifica en parte por la elevada proporción de superficie forestal que posee esta región (próxima al 70% de su superficie, Xunta de Galicia 2001), que representa aproximadamente el 25% de la superficie forestal española. Existe cierto paralelismo entre lo que sucede en Galicia y en el norte de Portugal, donde se ha quemado en los últimos 10 años el 45% de su superficie forestal, mientras que en Galicia ha ardido cerca del 20% en el mismo período, más de las 400 000 ha en las que se incrementó el monte arbolado en la década de los 90 (Xunta de Galicia 2001). Por otra parte, el esfuerzo inversor dedicado a tareas de prevención, detección y extinción de incendios en la comunidad autónoma gallega se acerca ya al 2% del presupuesto de la comunidad autónoma.

Además de la alta tasa de intencionalidad, la presencia de combustible vegetal en nuestros montes, al igual que sucede en el norte de Portugal, favorece la iniciación y la propagación de los incendios. Si comparamos estas zonas con el área mediterránea española y portuguesa, observamos que las precipitaciones anuales son notablemente superiores en aquellas, lo que no reduce el riesgo de incendios, debido a la distribución estacional de las lluvias, que provoca un gran desarrollo del matorral durante el período de precipitaciones de primavera, secándose luego, durante el período de verano, cuando arden. Por ello es importante dedicar importancia a la prevención de estos siniestros reduciendo

do y ordenando el combustible vegetal. El control del sotobosque puede realizarse a través del desbroce manual, mecánico, químico o mediante quemas controladas, técnicas inviables a gran escala debido a su coste, a la reducida eficacia a medio plazo y a sus efectos ambientales. El empleo de sistemas silvopastorales para ese fin puede considerarse como una técnica con una gran inversión inicial derivada del cercado, pero eficaz desde un punto de vista de la prevención de incendios a largo plazo, al provocar un reemplazo del estrato arbustivo por un estrato herbáceo, y que permite incrementar la rentabilidad del monte. A la hora de introducir ganado en el monte, es importante que se cubran básicamente sus necesidades nutritivas con la vegetación presente en el mismo, y que sea posible la presencia de una cabaña ganadera de cierta entidad para mejorar la rentabilidad del monte. En este sentido la Xunta de Galicia en colaboración con la Universidad de Santiago de Compostela ha iniciado un estudio sobre el establecimiento de sistemas silvopastorales en montes vecinales en mano común, bajo diferentes masas arboladas de distinta edad, ubicadas en las cuatro provincias gallegas, con el objeto de crear montes piloto que permitan dar a conocer estas técnicas y realizar transferencia de tecnología al sector agroforestal sobre las mismas, reconociendo el beneficio que supondrá que se implanten de forma más o menos generalizada en nuestros montes, con el objeto de reducir el riesgo de incendios e incrementar su rentabilidad en el marco de una gestión sostenible.

MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se está desarrollando en varias localidades de la comunidad autónoma de Galicia, en distintas masas forestales, cuyas principales características se pueden ver en la Figura 1.

Parroquia/Concello	Sp	D	Edad	S
Carballo/Friol (LU)	<i>Pr</i>	1190	25	78,88
	<i>Ps</i>	1039	50	91,34
S. Xoan Lagostelle /Guitiriz (LU)	<i>Ps</i>	800	50	21,52
	<i>Ps+U</i>	800		21,01
Toca/Samos (LU)	<i>Qr</i>	1800	22	27,10
	<i>Pr</i>	1600	13	13,6
Bande (OU)	<i>Pp</i>	1800	14	0,47
	<i>Pp</i>	1250	11	4,00
Mouriscados/Mondariz (PO)	<i>Pp</i>	1660	15	4,40



Figura 1. Ubicación geográfica de los montes donde se desarrollan las experiencias, D Densidad (pies ha⁻¹) Sp: Especie dominante principal (*Pr*: *Pinus radiata*, *Ps*: *Pinus sylvestris*; *U*: *Ulex europaeus*; *Qr*: *Quercus robur*; *Pp*: *Pinus pinaster*. S: superficie zona actuación. Entre paréntesis las provincias en donde se realizan los estudios (LU: Lugo, OU: Ourense, PO: Pontevedra). Edad (años), S (hectáreas)

Las localidades fueron seleccionadas teniendo en cuenta su representatividad y la existencia de acuerdos entre las comunidades vecinales y la Consellería de Medio Rural para el establecimiento de sistemas silvopastorales. Los montes están cercados y ya se introdujeron los animales o se introducirán

en plazo breve. En este trabajo se presentan los resultados correspondientes al estudio inicial sobre la vegetación del sotobosque y se discute la potencialidad de su uso forrajero.

Para el estudio inicial de la vegetación se han realizado varios transectos de 50 metros en las diferentes parcelas, tomando nota a intervalos de 5 metros de las especies presentes, aunque en este trabajo se presentan los resultados correspondientes a unas agrupaciones vegetales que hemos establecido. A partir de los resultados obtenidos se realizó un análisis del tipo de vegetación existente en cada caso a través de porcentajes de cobertura.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 2, se muestran los resultados correspondientes a los porcentajes de cobertura de especies o agrupaciones presentes en los sotobosques de las masas arboladas presentes en los distintos montes estudiados. A partir de los diferentes gráficos podemos observar que en las masas de *Pinus radiata* y *Pinus sylvestris* en estado de latizal el componente mayoritario de la vegetación del sotobosque son las zarzas o silvas (*Rubus* spp.), que cubren cerca del 72% del sotobosque en la masa establecida en el municipio de Guitiriz.

En general, este tipo de vegetación es dominante en las masas más desarrolladas del estudio y en las que la cobertura del arbolado está próxima al 100%. La abundancia de las zarzas hace recomendable la utilización de animales que puedan aprovechar este recurso, como la cabra o el burro, ya que otras especies como el ganado vacuno u ovino, de carácter herbívoro, o el caballo, de carácter más lignívoro, presentan poca apetencia por esta especie, lo que limita su capacidad para reducir, en estos casos, el combustible vegetal del sotobosque, y reduce la carga ganadera que podría sustentar el sistema. Sería importante elevar la proporción de especies herbáceas en el sotobosque, lo que probablemente sucederá de forma natural a medio-largo plazo, una vez que el ganado entre en las parcelas y vaya castigando las especies leñosas, hasta agotarlas y hacerlas desaparecer en parte, siendo ocupado su espacio por las especies herbáceas presentes. La proporción de silva en las otras masas es siempre inferior al 10%, siendo su proporción especialmente baja en el caso de la masa de roble de Toca.

El tojo, la otra especie que aparece en todas las masas, se encuentra más ligada a las más jóvenes, lo que es lógico, si tenemos en cuenta que el tojo es una especie heliófila, a diferencia de la que es esciadófila. De hecho, en las masas adultas, el tojo aparece fundamentalmente en zonas con baja densidad de arbolado, en claros y en los bordes de las masas. En los montes del sur de Galicia (Ourense y Pontevedra), en los que la presencia de tojo supera el 30% de cobertura del sotobosque es muy adecuado introducir “cabalo galego do monte” o cabra, ya que les gusta y lo controlan bien.

Otro grupo que aparece en todas las localidades son los brezos o ericas, si bien, hay grandes diferencias de composición específica entre las masas estudiadas, ya que en la zona de Toca (Lugo), Ourense y Pontevedra entran fundamentalmente especies del tipo *Erica arborea* y *Erica australis*, asociadas a *Pterospartum tridentatum*, y en el resto de los montes estudiados brezos de porte más bajo, las queirogas o carrascos, Como *Erica cinerea*, *Erica umbellata* y *Calluna vulgaris*. En estos casos sería adecuado introducir animales lignívoros, sobre todo la cabra, aunque algunas razas rústicas de ganado vacuno, como la cachena, también pueden hacer un buen papel. No obstante, la introducción de cerdo celta en la masa de roble es adecuada, al ser la bellota un recurso adecuado para este tipo de ganado, que se complementaría con el rizoma del helecho, pteridófito presente en elevada proporción en esta masa. De hecho, la eliminación del helecho es muy difícil con otro tipo de animales, ya que es

poco o nada apetecido por la cabra, el caballo o el ganado vacuno, pudiendo incluso causarles enfermedades. El helecho es una especie que limita mucho la productividad potencial forrajera del monte, debido a su escasa palatabilidad, su nocividad para los animales y a la sombra que proyecta sobre el suelo, que limita el desarrollo de otras especies herbáceas de mejor calidad.

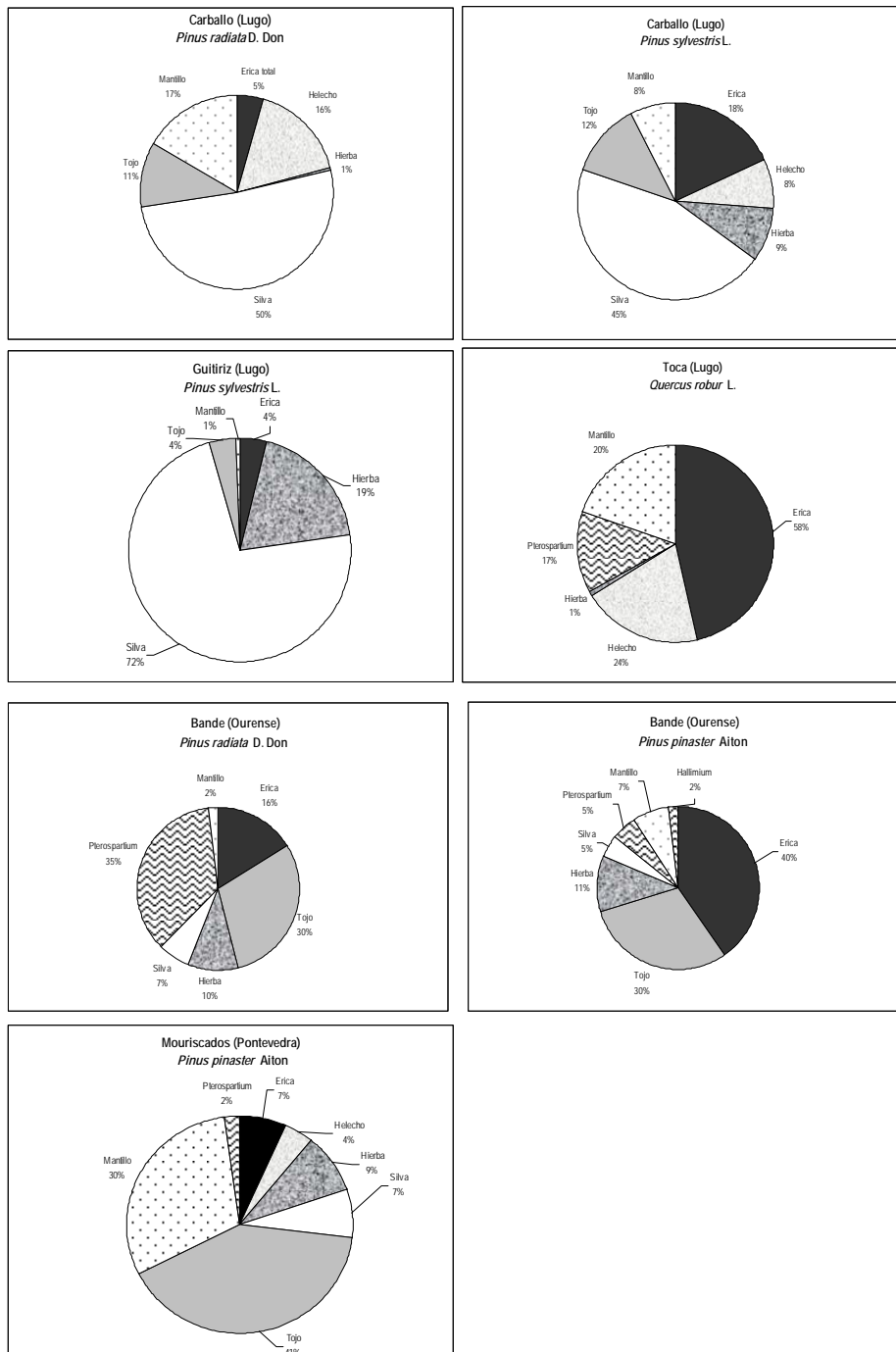


Figura 2. Relación porcentual de la contribución de los diferentes grupos de vegetación al sotobosque de los ensayos llevados a cabo en Galicia

Finalmente, también es destacable la presencia de superficie del sotobosque cubierta por mantillo en las diferentes masas, que resta productividad al monte, ya que limita el desarrollo de vegeta-

ción, sobre todo especies herbáceas, sobre él. La introducción de ganado es posible que contribuya a incorporar este mantillo al suelo, ya que provoca un aumento de los insumos de N (heces y sobre todo orina) y reduce la relación C/N, muy elevada en las acículas, con lo cual se reduciría la superficie del sotobosque cubierta por mantillo y se incrementaría la ocupada por vegetación pastable.

CONCLUSIONES

Las especies más abundantes en el sotobosque de las masas arboladas estudiadas corresponden a los siguientes grupos: ericáceas, helecho común, silvas o zarzas y tojos, si bien su proporción relativa de esos grupos se relaciona con la edad del arbolado, la especie arbórea y el grado cobertura de la masa.

AGRADECIMIENTOS

A la Consellería de Medio Rural de la Xunta de Galicia y a los propietarios de los montes comunales en mano comun participantes en este estudio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

XUNTA DE GALICIA, 2001. *O monte Galego en cifras*. Xunta de Galicia
<http://mediorural.xunta.es/forestal/mtecifras/mtecifras.php>

SILVOPASTORAL SYSTEMS AS A FOREST FIRE PREVENTION TOOL: DISSEMINATION NETWORK

SUMMARY

A contract between the autochthonous ministry of Rural Environment (Xunta de Galicia) and the University of Santiago de Compostela has been signed in order to establish a demonstration rural network all over the four Galician provinces in order to allow technology transfer about silvopastoral system use to prevent from forest fires and to increase the forest economic value, as these systems have an important scientific, economic, social and environment value. These systems are forest land management forms which allow to reduce fire risk and, at the same time, increases the forest production. This study deals with the description of the Systems establishes in four forest areas of the four Galician counties and the evolution of the vegetation and the stocking rate are analysed. The most representative species of the understorey are of the following botanic groups: Ericacea, Rubus, Pteridium and Ulex, but the relative proportion of these groups depended on the tree species and age, and the canopy cover in the forest area.

Keywords: silvopastoral system, technology transfer

ESTABLECIMIENTO DE SISTEMAS SILVOPASTORALES MEDIANTE SIEMBRA DE PRATENSES EN SUELOS INCENDIADOS CON FERTILIZACIÓN DE LODOS DE DEPURADORA DE INDUSTRIA ALIMENTARIA

J. J. SANTIAGO-FREIJANES, M. R. MOSQUERA-LOSADA MR,
A. RIGUEIRO-RODRÍGUEZ

Departamento de Producción Vegetal. Escuela Politécnica Superior. Universidad de Santiago de
Compostela. 27002-Lugo. España

e-mail: mrosa.mosquera.losada@usc.es; antonio.rigueiro@usc.es

RESUMEN

La elevada incidencia de los incendios forestales en nuestra comunidad autónoma, en la que en las últimas décadas ardió anualmente como promedio cerca del 2% de su superficie forestal, hace que sea muy importante la recuperación de los suelos incendiados con el objeto de prevenir riesgos derivados de la erosión. El empleo de residuos como sustancias que recuperen y mejoren estos suelos es además una vía adecuada para una eliminación más ecológica de los mismos. El objetivo de este estudio fue evaluar durante un período de un año la evolución de la vegetación en un suelo incendiado de la provincia de Lugo después de la aplicación de diferentes dosis de lodos procedentes de industria alimentaria y la siembra con especies pratenses. Los principales resultados muestran una recuperación más rápida de la vegetación en los suelos en los que se aplicó el residuo.

Palabras clave: cobertura, densidad, CEAMSA

INTRODUCCIÓN

Los incendios forestales son un problema importante en la comunidad autónoma de Galicia, en donde ardió aproximadamente el 16% del área quemada en toda Europa en la última década. La elevada tasa de intencionalidad, la rápida recuperación y crecimiento del matorral y los estíos anormalmente secos provocan que el combustible vegetal, que se acumula más rápidamente en nuestra región en comparación con otras, se queme de forma más frecuente que, por ejemplo, en el ámbito Mediterráneo, lo que explica que en Galicia se produzcan anualmente, por término medio, casi la mitad de los incendios forestales de España. Esto hace que las labores de prevención sean indispensables (Rigueiro-Rodríguez *et al.* 2008).

No obstante, una vez que el incendio se ha producido, es muy importante recuperar la zona degradada lo antes posible, ya que en general, el suelo queda desprovisto de materia orgánica y de vegetación, y corre un alto riesgo de degradación por erosión, mermando por tanto el potencial productivo de la zona y pudiendo ocasionarse riadas y problemas de inundaciones en las zonas bajas tras las primeras lluvias, además de causar aterramientos en ríos y embalses y problemas a la fauna acuática y anfibia. Para evitar estos males se debe proceder lo antes posible a establecer una cubierta vegetal, cuya instalación se facilita si se mejora la fertilidad del suelo y si se realiza una siembra. En este estudio se planteó establecer un pasto herbáceo, con el objeto de reducir el problema de la erosión y facilitar la incorporación del ganado a la zona para así reducir el riesgo futuro de incendios, dado que el tapiz herbáceo presenta en general una menor fitomasa y combustibilidad que el matorral, el cual,

sin ninguna intervención, se recupera bien en estas zonas (Rigueiro-Rodríguez *et al.* 2006), aunque de forma más lenta que un tapiz herbáceo artificial, suponiendo un mayor riesgo de pérdida de suelo por erosión, un peligro futuro de nuevos incendios y un menor valor pascícola.

La mejora de la fertilidad del suelo, con el objeto de crear un medio apto para el establecimiento y posterior desarrollo del pasto herbáceo que se desea implantar, se puede conseguir a través del empleo de sustancias encalantes y fertilizantes (Mosquera *et al.* 2006). En este sentido, el empleo de residuos procedentes de industrias agroalimentarias mejora la fertilidad edáfica de los suelos de monte gallegos, generalmente muy ácidos y pobres en nutrientes, a través de su potencial neutralizante (suelen presentar pH próximos a la neutralidad) y de su potencial fertilizante, al poseer en su composición nutrientes que se liberan de forma lenta tras el proceso de mineralización. En el estudio que presentamos se evalúa el residuo producido por la empresa alimentaria CEAMSA, sita en As Gándaras (Porriño, Pontevedra), que procesa algas marinas para la extracción de carragenatos, generando un residuo de origen orgánico con pH alto, cuya posible utilización como neutralizante y fertilizante en el suelo pretendemos estudiar. Es conocido el empleo tradicional de algas en las zonas costeras gallegas como material fertilizante.

El residuo que produce CEAMSA es, a priori, interesante para su empleo como enmienda neutralizante y comofertilizante, ya que contiene importantes cantidades de macronutrientes esenciales y una reducida presencia de metales pesados, lo que permite su empleo en suelos ácidos, en los que la biodisponibilidad de éstos metales se incrementa notablemente. Estas características nos hacen pensar que su uso agrícola es, en principio, adecuado. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de diferentes dosis del residuo producido por CEAMSA en la recuperación de suelos forestales incendiados.

MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se desarrolló en los años 2007 y 2008 en la provincia de Lugo, en concreto en una parcela del monte vecinal de la parroquia de Gaibor (43°11'N, 7°40'W), situada a 450 m de altitud, en el término municipal de Begonte, gestionado por la Xunta de Galicia a través de un convenio con la comunidad propietaria, que ardió en el verano de 2007, con un fuego intenso.

Esta experiencia se estableció en el otoño de 2007 siguiendo un diseño de bloques al azar con tres réplicas y seis tratamientos. Las parcelas experimentales se establecieron en una zona de pendiente. Las dimensiones de las mismas fueron de 5 m²x10 m², con el lado más largo siguiendo líneas de pendiente. Antes del rebrote de la vegetación se procedió a establecer tres tratamientos consistentes en el depósito de residuo a unas dosis de 0, 20 y 40 t ha⁻¹. Los otros tres tratamientos consistieron en la siembra de 50 kg ha⁻¹ de raigrás italiano y la misma cantidad de raigrás inglés en combinación con las mismas dosis de residuo previamente mencionadas (0, 20 y 40 t residuo ha⁻¹). Se realizaron muestreos visuales mensuales con el objeto de estimar la cobertura (proporción de suelo cubierta de vegetación) y la densidad (número de individuos por metro cuadrado). Se estimaron también las pérdidas de suelo mediante estacas colocadas en los extremos superiores e inferiores de las parcelas.

El residuo utilizado presentaba un pH elevado (9,27), de ahí su más que probable efecto positivo en suelos ácidos. Los análisis del residuo (media de un año y medio) muestran unas concentraciones altas de K (0,37%), Na (0,28%), Ca (1,33%) y Mg (0,52%), además de 16,84 mg/kg de Mn y 0,06% de Fe. Los niveles de N (0,15% N) y P son sin embargo bajos. En relación a los

metales pesados presentaba 3,99 mg Cr/kg, 0,01 mg Cu/kg, 3,74 mg Zn/kg, 5,9 microgramos de Hg/kg, y cantidades inferiores a 0,01 mg/kg de Cd y Pb. Estos valores de metales pesados están muy por debajo de los señalados como máximos por la legislación vigente (RD 1310/90) para el empleo de lodos en agricultura.

RESULTADOS

El diagrama ombrotérmico del período de estudio puede verse en el Figura 1. La precipitación de los meses de otoño fue de las más bajas en los últimos años siendo, sin embargo, los de primavera especialmente húmedos.

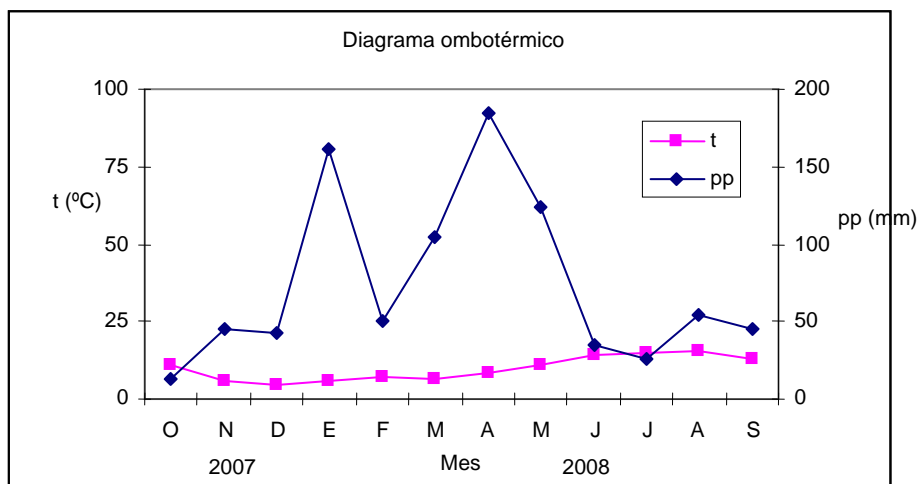


Figura 1. Diagrama ombrotérmico de la zona de estudio durante el otoño de 2007 y el período de enero a septiembre de 2008.

La evolución del tapiz vegetal, en términos de cobertura y densidad, en los seis tratamientos evaluados, consistentes en el aporte de tres dosis de residuo de alga (0, dosis media y dosis alta) y la siembra o no con especies pratenses comerciales, se muestra en la Figura 2. Se observa que a medida que pasa el tiempo se incrementa la cobertura, pero disminuye la densidad. Se encontró un efecto claro de los tratamientos sobre el desarrollo de la cubierta vegetal. Inicialmente el aporte de semilla es el factor principal para que se produzca una mayor cobertura. Posteriormente, es la fertilización la que adquiere una mayor relevancia en la mejora de la cobertura del suelo, al presentar los tratamientos con dosis medias y altas de residuo una mayor cobertura y densidad en comparación con los no fertilizados al final del estudio (Figura 2).

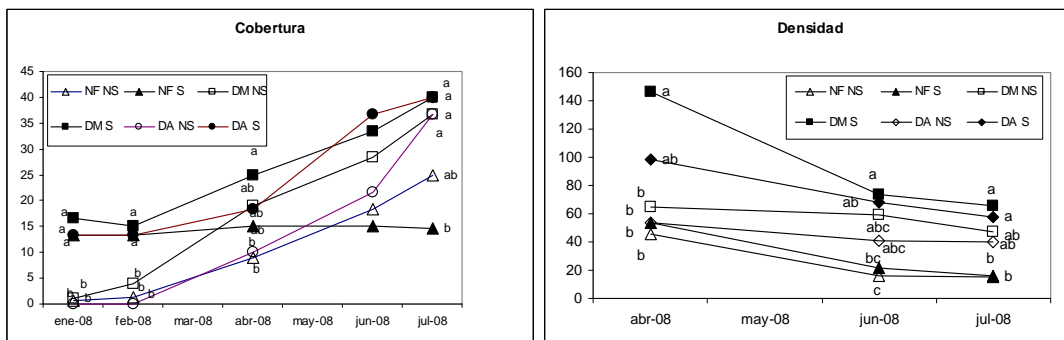


Figura 2. Porcentaje de cobertura del suelo y densidad de planta (individuos por metro cuadrado) en las parcelas sometidas a diferentes tratamientos. NF: No fertilización; DM: Dosis media; DA: Dosis alta; S: siembra; NS: no siembra.

DISCUSIÓN

Parece claro que el aporte de semilla de especies pratenses heliófilas y colonizadoras sobre el suelo incendiado favorece el rápido establecimiento de una cobertura herbácea, que no existiría de otro modo en tan corto plazo. Sin embargo, la ausencia de fertilización con el residuo de algas, provoca que la cobertura permanezca en torno a un 15% un año después de realizada la siembra, lo que puede relacionarse con el hecho de que las especies sembradas son exigentes en nutrientes. El aporte del residuo de CEAMSA favorece a largo plazo la cobertura del terreno, que llega a alcanzar valores del 40%.

En relación al número de plantas por unidad de superficie se encontró que en ausencia de fertilización la densidad inicial y final es muy reducida, independientemente de que se siembre o no. No obstante, el aporte de dosis medias y altas del residuo de algas, unido al aporte de semilla, mejora significativamente la densidad de plantas en el suelo a lo largo del estudio.

Los resultados de los estudios de erosión en el ensayo no fueron relevantes, debido a la ausencia de lluvias intensas durante el tiempo en el que se desarrolló, por lo que no hubo arrastres importantes de suelo.

CONCLUSIONES

El residuo de algas favoreció el establecimiento temprano de un tapiz herbáceo en los suelos incendiados, y en un año anormalmente seco, lo que realza el éxito del estudio.

En consecuencia, los resultados consideramos que son relevantes, especialmente en Galicia, debido al elevado número de incendios forestales que se producen anualmente en nuestra región.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio fue desarrollado gracias a la financiación de varios proyectos de la Xunta de Galicia y del Ministerio de Educación y Ciencia. Nuestro agradecimiento a Divina Vázquez-Varela, María Teresa Piñeiro López, y Pablo Fernández-Paradela, que colaboraron en los trabajos de campo y de laboratorio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

MOSQUERA-LOSADA, M.R.; PINTO-TOBALINA, M.; RIGUEIRO-RODRÍGUEZ, A., 2006. The herbaceous component in temperate silvopastoral systems. En *Silvopastoralism and sustainable land Management*, M.R. MOSQUERA-LOSADA, J. MCADAM, A. RIGUEIRO-RODRÍGUEZ (Eds)., CAB Internacional, Wallingford, UK: 93-101.

RIGUEIRO-RODRÍGUEZ, A.; MOSQUERA-LOSADA, M.R.; ROMERO-FRANCO, R., GONZÁLEZ-HERNÁNDEZ, M.P.; VILLARINO-URTIAGA, J.J., 2006. Silvopastoral systems as a forest fire prevention technique. En: *Silvopastoralism and sustainable land management* M.R. MOSQUERA-LOSADA, J. MCADAM, A. RIGUEIRO-RODRÍGUEZ (Eds)., CAB Internacional, Wallingford, UK: 380-388.

RIGUEIRO-RODRIGUEZ, A.; SANTIAGO, J.J.; FERNÁNDEZ, E.; MOSQUERA, M.R., 2009 Sistemas biológicos de prevención de incendios forestales: los sistemas silvopastorales En: *La defensa contra incendios forestales. Fundamentos y experiencias* R. VÉLEZ MUÑOZ (Ed) MCGRAW-HILL/INTERAMERICANA DE ESPAÑA, S.A.U., Madrid, España:447-451.

SILVOPASTORAL SYSTEM ESTABLISHMENT AFTER SOWING IN FIRED SOILS AND FERTILIZATION WITH AGROINDUSTRY RESIDUES

SUMMARY

The high incidence of forest fires in Galicia, a region where around the 2% of its forest area is burnt, makes extremely important to recover the burnt soil with the aim to prevent erosion risks. The use of waste as substances to recover and improve these soils is also an appropriate and ecological way to disposal of disposal these residues. The aim of this study was to assess over a period of a year of evolution of cover vegetation in a fired area of Lugo province after applying different doses of sludge coming from food industry and seeding grass species. The main results show a more rapid recovery of vegetation initially if pasture is sown and later in time if the residue is applied

Keywords: cover, density, CEAMSA

EFECTO DE LA APLICACIÓN DE ENMIENDAS CALIZAS Y LODOS DE DEPURADORA URBANA SOBRE LA FERTILIDAD DEL SUELO EN SISTEMAS SILVOPASTORALES ESTABLECIDOS CON *PINUS RADIATA*

R. CUIÑA-COTARELO, M.R. MOSQUERA-LOSADA, E. FERNÁNDEZ-NÚÑEZ Y
A. RIGUEIRO-RODRÍGUEZ

Departamento de Producción Vegetal. Escuela Politécnica Superior. Universidad de Santiago de Compostela. 27002- Lugo.

mrosa.mosquera.losada@usc.es; antonio.rigueiro@usc.es

RESUMEN

Los suelos del monte gallego son pobres y con fuerte tendencia a la acidez, por lo que se debe incrementar la fertilidad de los mismos para el establecimiento y desarrollo del arbolado y del pasto. Ésto se puede conseguir usando residuos orgánicos procedentes de depuradoras urbanas, los cuales incrementan la productividad potencial del pasto y del arbolado a bajo coste, si bien su empleo debe ser cuidadosamente valorado, ya que estos terrenos suelen presentar un pH ácido, en donde los metales pesados son más solubles, incrementándose la posibilidad de consumo por la planta y su llegada al hombre a través de la cadena trófica. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto residual del encañado y de la aplicación, en distintas fechas, de tres dosis de lodo de depuradora urbana sobre el suelo y crecimiento del arbolado en un sistema silvopastoral establecido en un terreno de monte repoblado con *Pinus radiata* D. Don. Los resultados obtenidos reflejaron que la aplicación combinada de cal y lodo incrementaron el pH del suelo y la capacidad de intercambio catiónico, produciendo una mejora del crecimiento del arbolado, que también se produce cuando la competencia pasto-arbolado se reduce al aplicar dosis bajas de lodo.

Palabras clave: sistema silvopastoral, siembra de: *Dactylis glomerata* L.; *Lolium perenne* L. y *Trifolium repens* L.

INTRODUCCIÓN

La agrosilvicultura es una práctica ancestral en todo el mundo que consiste en la combinación de un componente leñoso (árboles o arbustos) con cultivos y/o animales en la misma unidad de gestión de tierra, estableciéndose entre los componentes interacciones de tipo ecológico y/o económico (Nair, 1989; Mosquera-Losada *et al.*, 2007).

Los suelos de monte gallegos se caracterizan por presentar una acidez elevada, lo que limita notablemente el crecimiento del arbolado y la producción pascícola potencial del sotobosque. A la hora de instalar sistemas silvopastorales es necesario tener muy en cuenta la producción de pasto, el cual debe ser la base para cubrir las necesidades alimenticias de los animales que se van a introducir, pero también la competencia del pasto con el arbolado, pues aquél puede limitar inicialmente el desarrollo de los árboles. No obstante, esta situación se invierte con el paso del tiempo, ya que a medida que se desarrolla el arbolado, su efecto sobre la producción de pasto se incrementa, de manera que esta última se va reduciendo (Mosquera-Losada *et al.*, 2006; Peri *et al.*, 2007). Una vez conocida la especie forestal, su distribución y su densidad, el aumento de la rentabilidad de un sistema silvopastoral debe basarse en la producción de pasto, que en los montes gallegos se ve limitada por la baja fertilidad del suelo.

El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto residual del encalado y de la aplicación, en distintas fechas, de tres dosis de lodo de depuradora urbana sobre la producción, composición botánica y calidad del pasto, así como los cambios que se producen en las propiedades químicas del suelo, en un sistema silvopastoral establecido en un terreno de monte repoblado con *Pinus radiata* D. Don.

MATERIAL Y MÉTODOS

El ensayo que nos ocupa está localizado en el monte comunal de San Breixo, perteneciente a Parga, en el municipio de Guitiriz (Lugo), situado a una latitud de 43° 0,92', longitud de 7° 46,9' y a una altitud de 550 m sobre el nivel del mar.

En el año 1997 se realizó una plantación con *Pinus radiata* D. Don a una densidad de 1667 árboles por hectárea (marco de plantación 2 m x 3 m), tras efectuar una corta a hecho de árboles de la misma especie con una edad aproximada de 30 años. La vegetación existente antes de iniciar el estudio era principalmente matorral (*Erica cinerea* L., *Calluna vulgaris* L., *Pterospartum tridentatum* Spach., *Rubus* spp., etc), aunque también se identificaron algunas especies herbáceas (*Avenula sulcata* J. Gay ex Delastre, *Agrostis curtisii* Kerguelen, *Holcus mollis* L. etc), todas ellas frecuentes en nuestros montes.

En octubre de 1999 se inició el presente estudio, para lo que se establecieron 39 parcelas o unidades experimentales de 12 m x 8 m (96 m²) constituidas por 25 árboles (5 x 5), dispuestos en un cuadrilátero. El diseño experimental era de bloques al azar con tres réplicas. Se realizó una siembra a voleo tras la ejecución de un desbroce mecanizado sin realizar laboreo posterior, ya que éste procedimiento había dado buen resultado en otras zonas del monte.

En cada una de las parcelas, después de la aplicación del tratamiento de encalado, se sembró la siguiente mezcla: 25 kg ha⁻¹ de *Lolium perenne* L. var. Brigantia, 4 kg ha⁻¹ de *Trifolium repens* L. var. Huia y 10 kg ha⁻¹ de *Dactylis glomerata* L. var. Artabro.

Se aplicaron 13 tratamientos distintos en los que existe combinación de encalado (C) (2,5 t ha⁻¹ de caliza dolomítica molida) y no encalado, con dos dosis de lodo de depuradora que implicaban 50 (B: baja) y 100 kg (A: alta) de N total ha⁻¹, aplicadas, en tres fechas diferentes (1: principios de febrero 2: principios de marzo y 3: principios de abril). Finalmente se estableció un tratamiento control en el que no se aplicaba encalado ni fertilizante (NF). La fertilización con lodo se realizó durante los años 2000, 2001, 2002, 2003 y 2004.

El lodo usado como abono nitrogenado en este ensayo fue facilitado por la planta depuradora de aguas residuales de Lugo (Gestagua, S.A.). Este fango está tratado y estabilizado de forma anaeróbica y cumple los requisitos necesarios para ser usado en agricultura (RD 1310/1990). El cálculo de las cantidades necesarias de lodo se realizó en función del contenido de nitrógeno que tenía el residuo en cada año. Para ello, se procedió a su análisis mediante el método microkjeldahl (Castro *et al.*, 1990). Se hizo también el cálculo de la proporción de materia seca del lodo, ya que la aplicación fue realizada en fresco. Se realizó un estudio para cada aplicación, ya que el nitrógeno es un elemento que presenta una gran variabilidad a lo largo del año.

En los años 2001, 2002 y 2003 se realizaron tres muestreos antes de cada cosecha de pasto, tomando cuatro muestras sobre una superficie de 30 cm x30 cm. Finalmente, en el año 2004 se procedió a la recogida de las muestras de suelo y a la medición del arbolado. Al principio de cada año se realizó una recogida de muestras de suelo pertenecientes a la zona de estudio, y una vez secas y tami-

zadas se procedió a la determinación del pH, tanto en agua como en KCl 0,1 M. En ambos casos, la relación fue de 1:2,5 dejando un tiempo de reacción de 10 minutos y 2 horas, respectivamente (Gutián y Carballas, 1976), para proceder a la lectura con pHmetro modelo GLP 21 Crison. También se analizó la C.I.C. efectiva mediante el método de BaCl₂ y se procedió a su cálculo mediante la suma de K, Na, Mg, Ca y Al de cambio (Mombiola, 1983). El peso de cada uno de los componentes de la C.I.C. efectiva se estimó en función de los porcentajes de dichos cationes cambiables con respecto a la C.I.C. efectiva total. Las variables obtenidas fueron analizadas mediante el empleo del ANOVA.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Suelo

La evolución del pH en agua y KCl en los diferentes tratamientos analizados se muestra en la figura 1, en la cual se puede observar como el pH medido en agua de nuestro suelo varió entre 4,7 y 5,3, mientras que el pH en KCl varió entre 3,9 y 4,4. Si comparamos los valores de pH medido en agua y en KCl con los obtenidos en los años previos a este estudio por Fernández-Sierra (2001), podemos afirmar que ambos incrementaron muy poco su valor, ya que en todos los muestreos realizados el pH en agua se situó en el intervalo 4-5, mientras que el KCl están entre 3,5 y 4,5, datos que muestran que se sigue manteniendo la acidez del suelo. El ligero aumento del pH puede explicarse por el efecto del encalado, que se produce a muy largo plazo (López-Díaz, 2004).

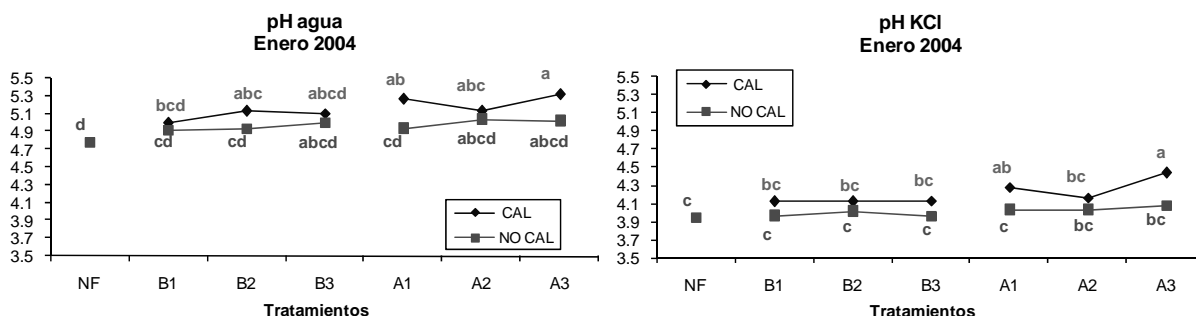


Figura 1. pH del suelo en agua y en KCl. NF: no fertilizado; B: dosis baja (50 kg ha⁻¹ de N total); A: dosis alta (100 kg ha⁻¹ de N total); 1: febrero; 2: marzo; 3: abril. Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos.

Los resultados obtenidos nos muestran como la aplicación conjunta de cal y las dosis altas de lodo de depuradora urbana incrementó el pH del suelo en comparación con el tratamiento de no fertilización, e independientemente de la fecha de aplicación del residuo. El efecto resultó ser más importante sobre el pH en agua que en KCl. Hay que tener presente que el bajo pH de nuestro suelo conllevaría una reducción de la disponibilidad de nutrientes como nitrógeno, calcio, potasio, manganeso y fósforo, incrementando la de la mayoría de los metales.

En cuanto al efecto de los diferentes tratamientos sobre la CIC del suelo, generalmente, al igual que ocurría en el caso del pH, el encalado y la aplicación de las dosis altas de lodo de depuradora urbana elevaron la capacidad de intercambio catiónico del suelo y los niveles de calcio en el complejo de cambio, disminuyendo los de aluminio. Los resultados se muestran en las figuras 2 y 3, respectivamente.

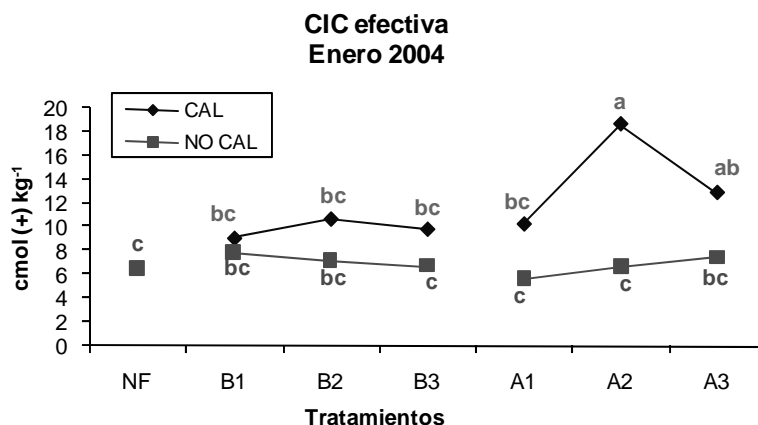


Figura 2: CIC efectiva en $\text{cmol}(+) \text{kg}^{-1}$ en cada tratamiento. NF: no fertilizado; B: dosis baja (50 kg ha^{-1} de N total); A: dosis alta (100 kg ha^{-1} de N total); 1: febrero; 2: marzo; 3: abril. Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos.

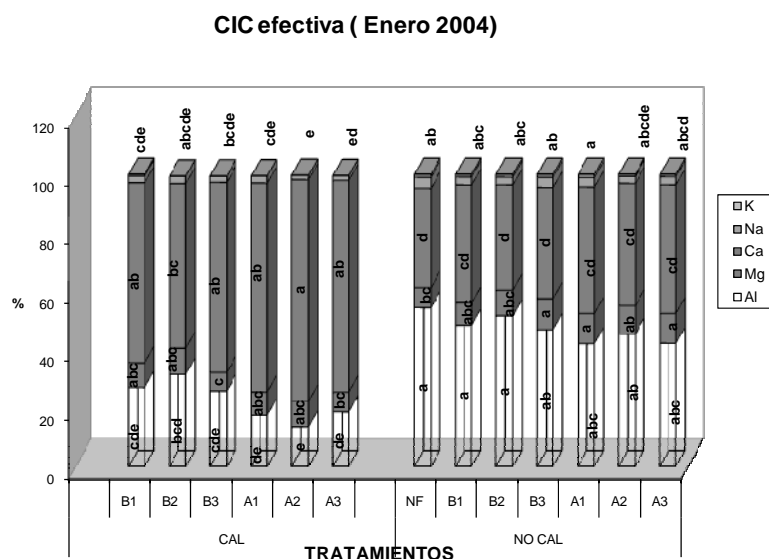


Figura 3: CIC efectiva (%), en cada tratamiento. NF: no fertilizado; B: dosis baja (50 kg ha^{-1} de N total); A: dosis alta (100 kg ha^{-1} de N total); 1: febrero; 2: marzo; 3: abril. Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos.

En este estudio se observa que el aporte de lodo no provocó mejoras sustanciales en relación a la disminución del porcentaje de saturación de aluminio, a diferencia de lo que señalan otros trabajos en los que las dosis de lodo aportadas eran más elevadas (López-Díaz 2004).

Relación pasto-arbolado

Las mejoras edáficas consecuencia del aporte combinado de dosis altas de lodo y cal, provocaron una mejora en el crecimiento del arbolado durante los años de estudio, al superar el incremento en altura encontrado en el tratamiento de no fertilización, lo que no ocurre a dosis bajas cuando se aplica cal. En ausencia de aporte de cal, el arbolado se desarrolla mejor con las dosis bajas de lodo, al ser menor el crecimiento del pasto, y por lo tanto la competencia del mismo con el arbolado, y ser suficiente la fertilización para mejorar el crecimiento arbolado, que capta los nutrientes no empleados por

la cubierta herbácea, sobre todo si el lodo se aporta en la primera y en la última fechas, épocas en las que el pasto tiene menos oportunidad de aprovechar los nutrientes suministrados con el lodo. Este efecto se incrementa con el tiempo, ya que al desarrollarse el arbolado en altura se produce una disminución de la producción de pasto por falta de luz (Figura 4).

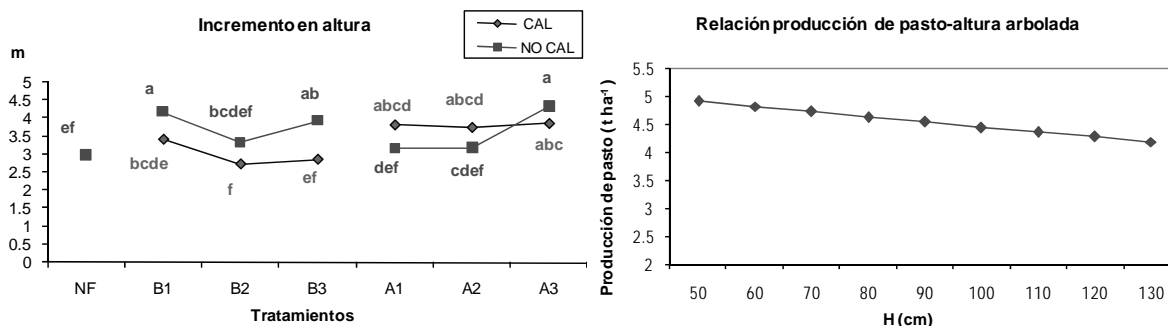


Figura 4: Incremento en altura (m) y relación entre la altura del arbolado y la producción de pasto, en el periodo 1999-2004; donde NF: no fertilizado; B: dosis baja de lodo (50 kg ha⁻¹ de N total); A: dosis alta de lodo (100 kg ha⁻¹ de N total); 1, 2, 3: diferentes fechas de aplicación de lodo correspondientes a Febrero, Marzo y Abril. Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos. H=altura

CONCLUSIÓN

El aporte conjunto de dosis altas de lodo y cal incrementa el pH y reduce significativamente el porcentaje de saturación de aluminio en el suelo, lo que provoca mejoras en el crecimiento del arbolado, el cual también se desarrolla bien cuando no se encala y se aportan dosis bajas de lodo, ya que se reduce la competencia pasto-arbolado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CASTRO, P.; GONZÁLEZ, A.; PRADA, D. 1990. Determinación simultánea de nitrógeno y fósforo en muestras de praderas. *XXX Reunión Científica de la Sociedad Española para el estudio de los pastos*, **30** (2), 200-207.
- FERNÁNDEZ-SIERRA, C. 2001. *Efectos en el suelo y en el pasto de la fertilización con lodos de depuradora urbana, solos o complementados con calcio, en un sistema silvopastoral*. Proyecto fin de carrera. EPS Lugo. Univ. Santiago de Compostela.
- GUITIÁN, F.; CARBALLAS, T. 1976. *Técnicas de análisis de suelos*. Ed. Pico Sacro, 288pp. Santiago de Compostela (Spain).
- LÓPEZ DÍAZ, M.L. 2004. *Fertilización con lodos de depuradora urbana en sistemas silvopastorales*. Tesis doctoral. Escuela Politécnica Superior de Lugo. Universidad de Santiago de Compostela.
- MOMBIELA, F. (1983). El estudio de la fertilidad del suelo en Galicia. Apuntes históricos y problemática general de la investigación sobre la acidez y la falta de fósforo. *Cuadernos da Área de Ciencias Agrarias*, **4** (2), 75-117.
- 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** (1-3), 135-145.

MOSQUERA-LOSADA, M.R.; MCADAM, J.; ROMERO, R.; RIGUEIRO, A. 2007. Definitions and components of Agroforestry practices in Europe. En: *Agroforestry in Europe 5*, A. Rigueiro-Rodríguez, J. McAdam, M.R. Mosquera-Losada (Ed/Co).Springer. Netherland, 3-19.

NAIR, K.P.R. 1989. Agroforestry Systems Inventory Project. En: *Agroforestry Systems in the Tropics*. P.K.R. Nair (Ed). Kluwer Academic Publishers, 21-28.

PERI, P.L.; LUCAS, R.J. Y MOOT, D.J. 2007. Dry matter production, morphology and nutritive value of *Dactylis glomerata* growing under different light regimes. *Agroforestry Systems*, **70** (1), 63-79.

EFFECT OF THE APPLICATION OF LIMESTONE AMENDMENTS AND MUNICIPAL SEWAGE SLUDGE ON SOIL FERTILITY OF IN SILVOPASTORAL SYSTEMS ESTABLISHED UNDER *PINUS RADIATA* D. DON

SUMMARY

Soils of mountain areas are poor and with a strong acidic tendency. Fertility of these soils could be improved to obtain a good establishment and development of pasture throughout the use of organic residues like urban sewage sludge. The use of this organic fertilizer is a form to increase soil potential productivity at a low cost and to limit a pollutant effects. However, in Galicia forest lands, sewage sludge use must be carefully studied since these soils have acid pH in which heavy metals are more soluble and can cause plant uptake and reach human beings through trophic chain. The objective of this study was to evaluate the residual effect of the limestone and sewage sludge application, in three doses in different dates on pasture production and botanical composition, as well as the changes that take place in the chemical properties of the soil, in a silvopastoral system established in a forest-land reforested with *Pinus radiata* D. Don. The results show that the combination of limestone amendments and high doses of sewage sludge caused an improvement of soil pH and the soil exchange capacity, which improve tree growth. By the contrary, the use of low doses of sewage sludge and no limestone also improve tree growth, due to the reduced competence tree-pasture.

Keywords: silvopastoral system, mixture of sowing: *Dactylis glomerata* L.; *Lolium perenne* L. and *Trifolium repens* L.

EFFECTO DEL TIPO DE FERTILIZANTE SOBRE EL CONTENIDO DE CALCIO EN SUELO Y PASTO Y LA PRODUCCIÓN DE PASTO EN UN SISTEMA SILVOPASTORAL DE *FRAXINUS EXCELSIOR* L.

N. FERREIRO-DOMÍNGUEZ, M.R. MOSQUERA-LOSADA, E. FERNÁNDEZ-NÚÑEZ. Y
A.RIGUEIRO-RODRÍGUEZ

Departamento de Producción Vegetal. Escuela Politécnica Superior. Universidad de Santiago de
Compostela. 27002- Lugo. mrosa.mosquera.losada@usc.es; antonio.rigueiro@usc.es

RESUMEN

En Galicia, los suelos presentan en general baja fertilidad por lo que se aconseja realizar labores de fertilización para favorecer la productividad de los mismos. En los últimos tiempos además del uso de fertilizantes inorgánicos se está fomentando el empleo de fertilizantes de tipo orgánico, como son los lodos procedentes de depuradora urbana. Para la aplicación de los lodos al suelo estos tienen que ser sometidos a tratamientos de estabilización y dependiendo del tipo de tratamiento el lodo va a presentar diferentes características físico-químicas, lo que determina su capacidad como fertilizante. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto del lodo de depuradora urbana tratado mediante digestión anaerobia, compostaje y secado térmico sobre los cambios químicos que se producen en el suelo, así como, la producción y la calidad de pasto en comparación con los tratamientos de control (no fertilización y fertilización mineral) en un sistema silvopastoral establecido en terreno agrícola abandonado repoblado con *Fraxinus excelsior* L. y donde se estableció una pradera artificial. Los resultados mostraron que el lodo compostado incrementó el pH y la cantidad de Ca extraído por el método BaCl₂ del suelo y el abono mineral la concentración de Ca total. En el pasto, la fertilización orgánica e inorgánica mejoró la producción de pasto y el lodo anaeróbico incrementó la concentración de Ca.

Palabras clave: abono mineral, lodo anaeróbico, lodo compostado, lodo peletizado.

INTRODUCCIÓN

Los sistemas silvopastorales se pueden definir como una forma de gestión de la tierra en la que el arbolado y el pasto se manejan buscando una integración entre la producción maderera y animal (Rigueiro-Rodríguez *et al.*, 2005). Son sistemas que, por lo general, incrementan y diversifican la productividad del monte, acortan los plazos de retorno económico de las inversiones, permiten mayor integración de la sociedad rural en sus explotaciones y disminuyen el riesgo de incendios (Rigueiro-Rodríguez, 2000).

En los sistemas silvopastorales es muy importante la fertilización, ya que es una forma de incrementar la producción de pasto, favoreciendo a las especies herbáceas en su competencia con las arbustivas y con las arbóreas en los primeros estadios. No obstante, deben potenciarse estrategias de fertilización que favorezcan el crecimiento conjunto del pasto y el arbolado (Rigueiro-Rodríguez, 2000; Mosquera *et al.*, 2006). Una opción interesante, sería el uso de los lodos procedentes de las depuradoras urbanas como fertilizante ya que son ricos en materia orgánica, N y P y permitiría eliminar este tipo de residuo que vio incrementada su producción a partir de la Directiva 91/271/CEE que obliga a depurar las aguas residuales. En España, el R.D. 1310/1990 y Directiva Europea 86/278/CEE recogen toda la normativa que regula la utilización agrícola de los lodos de depuradora

estableciendo unos valores límite de concentración de metales pesados en el suelo y en el lodo. Para que los lodos de depuradora urbana se puedan aplicar al suelo es necesario que sean previamente sometidos a tratamientos de estabilización (RD 1310/1990). Las características de los lodos, su contenido en nutrientes y la tasa de incorporación al suelo varían en función de los procesos de estabilización (digestión anaeróbica, compostaje y secado térmico son los más frecuentes) (EPA, 1994).

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto del lodo de depuradora urbana estabilizado mediante digestión anaerobia, compostaje y secado térmico más peletizado, sobre los cambios químicos que se producen en el suelo, así como, la producción y la calidad de pasto en un sistema silvopastoral establecido con *Fraxinus excelsior* L.

MATERIAL Y MÉTODOS

El ensayo se estableció en una finca agrícola abandonada ubicada a una altitud de 550 m sobre el nivel del mar en la localidad de Baltar (A Pastoriza, Lugo). El estudio se inició en el año 2004 con las labores de preparación de la finca a las que le siguió en diciembre del año 2004 el establecimiento de una pradera mediante siembra a voleo de *Dactylis glomerata* L. var. Artabro (12,5 kg ha⁻¹), *Lolium perenne* L. var. Brigantia (12,5 kg ha⁻¹) y *Trifolium repens* L. var. Huia (4 kg ha⁻¹). En febrero del año 2005 se plantó *Fraxinus excelsior* L. a raíz desnuda a una densidad de 952 pies por hectárea (marco de plantación de 3m x 3,5 m).

El ensayo siguió un diseño de bloques al azar con 3 repeticiones y 5 tratamientos distribuidos en unidades experimentales rectangulares de 168 m², cada una con 25 árboles (5x5 pies). Los tratamientos establecidos fueron: (a) no fertilización (NF); (b) fertilización mineral (MIN) durante los tres años de duración de la experiencia, y que consistió en la aplicación de 500 kg ha⁻¹ de 8:24:16 al principio de la estación de crecimiento (primavera); (c) fertilización con lodo digerido anaeróticamente (ANA) con un aporte total de 320 kg N ha⁻¹ antes de la siembra del pasto; (d) aplicación de lodo compostado (COM) con un aporte total de 320 kg N ha⁻¹ antes de la siembra del pasto y (e) aplicación de lodo desecado y peletizado (PEL) que implica una aportación de 320 kg N ha⁻¹, repartido de forma que se aplican 134 kg N ha⁻¹ antes de la siembra del pasto en el año 2004 y 93 kg N ha⁻¹ a finales de los años 2005 y 2006.

Los lodos de depuradora urbana estabilizados por medio de tratamientos de digestión anaerobia, compostaje y secado térmico fueron facilitados por las plantas depuradoras de aguas residuales de Lugo, Valladolid y Madrid, respectivamente. El cálculo de las cantidades necesarias de lodo se realizó en función del porcentaje de N total y el contenido en materia seca del lodo (EPA, 1994).

Las muestras de suelo se recogieron a principios de los años 2006 y 2007 mediante el empleo de una sonda a una profundidad de 25 cm (R.D. 1310/1990). En el laboratorio, el pH del suelo se determinó en KCl (Guitián y Carballás, 1976). La concentración de Ca total se estimó mediante digestión por microondas y posterior espectrofotometría de absorción atómica (CEM, 1994) y la cantidad de Ca disponible en el suelo por extracción con BaCl₂ (Mosquera y Mombiela, 1986). Para determinar la producción de pasto se recogieron en agosto y diciembre del año 2005 y en junio y diciembre del año 2006 cuatro muestras de pasto por parcela de forma aleatoria mediante el empleo de un cuadrado de superficie 0,3 m x 0,3 m (0,09 m²), cortando la hierba con una cizalla manual a pilas y dejando una altura residual de unos 2,5 cm aproximadamente. Posteriormente, dos de las muestras fueron secadas

durante 48 horas a 60 °C y pesadas para estimar la producción de pasto. La concentración de Ca total del pasto fue determinada mediante digestión por microondas y posterior espectrofotometría de absorción atómica (CEM, 1994).

Los datos obtenidos se analizaron mediante el empleo de ANOVA y las diferencias entre medias fueron mostradas por el test LSD utilizando el paquete estadístico SAS (SAS, 2001).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1, podemos ver los valores del pH en KCl en el año 2006 y 2007. En general, todas las parcelas mostraron un pH ácido (inferior a 7) independientemente del tratamiento. En el año 2006 no hubo diferencias significativas entre tratamientos mientras que en el año 2007 la fertilización con lodo compostado (COM) supuso un mayor incremento del pH del suelo ($p=7\%$) ya que los aportes de Ca realizados con este residuo, con el objeto de cubrir las mismas dosis de N requeridas por la EPA (1994) que con los otros tipos de lodo, son mayores (el lodo compostado aportó al suelo 183,58 kg Ca ha⁻¹, el lodo anaeróbico 9,05 kg Ca ha⁻¹ y el lodo peletizado 77,67 kg Ca ha⁻¹). El abono mineral (MIN) supuso un pH en suelo inferior, debido a la capacidad acidificante de este fertilizante (Whitehead, 1995). En un estudio realizado por Fernández-Sconcia (2008) en terreno agrícola sin repoblar con tratamientos similares a los nuestros también se obtuvo el mismo resultado. El efecto positivo del aporte de lodo sobre el pH del suelo ha sido encontrado en otros estudios y se explica por el aporte de Ca que se realiza con este residuo, sobre todo en suelos fuertemente ácidos en los que tras tres años de estudio se pasa de valores de pH de 4,5 a 5,3 (López Díaz, 2004).

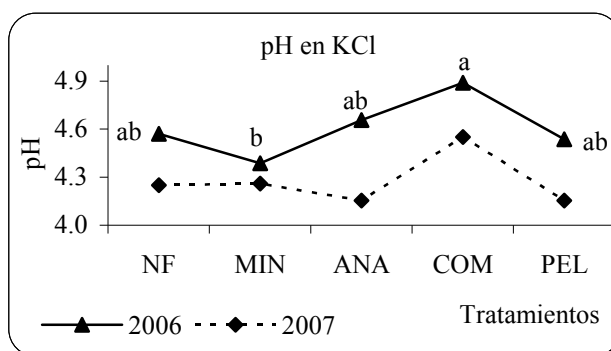


Figura 1: pH medido en KCl en el año 2006 y 2007. Donde: NF: no fertilización, MIN: mineral; ANA: lodo anaeróbico; COM: lodo compostado y PEL: lodo peletizado. Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos dentro de cada año.

En cuanto a la concentración de Ca total en el suelo (Figura 2) en el año 2007 hubo diferencias entre tratamientos ($p=9\%$), encontrándose el valor significativamente más alto de contenido en Ca total cuando se fertilizó con mineral (MIN), ya que con este tipo de fertilizante las extracciones de Ca por parte del pasto y del arbolado, como se verá más adelante, son menores, porque tienen un crecimiento inferior que con la aplicación de los fertilizantes orgánicos. Los valores significativamente más bajos se obtuvieron al aplicar lodo anaeróbico (ANA) y lodo peletizado (PEL), ya que con estos lodos se aplica menos Ca al suelo. Fernández-Sconcia (2008) con fertilización similar a la nuestra encontró el efecto contrario, ya que el abono mineral suponía concentraciones de Ca en suelo menores, al ser el crecimiento del pasto mayor, y, en consecuencia, ser mayores las extracciones.

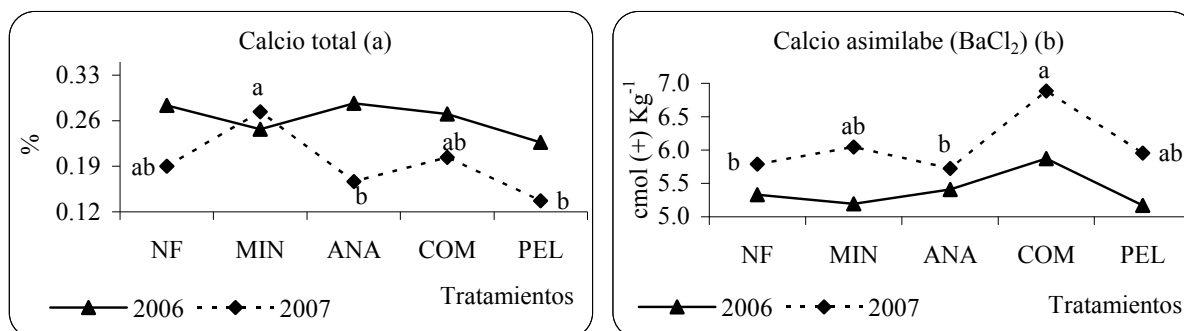


Figura 2: Contenido de Ca total (%) (a) y Ca extraído con BaCl₂ en suelo (cmol (+) kg⁻¹) en cada tratamiento durante los años 2006 y 2007. Donde: NF: no fertilización, MIN: mineral; ANA: lodo anaeróbico; COM: lodo compostado y PEL: lodo peletizado. Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos dentro de cada año.

La aplicación de lodo compostado (COM) también mejoró la concentración de Ca extraído en BaCl₂ en el suelo (Figura 2) ($p=10\%$), coincidiendo con Fernández-Sconcia (2008), lo que puede explicarse porque con este tipo de tratamiento se está incorporando al suelo más Ca que con los otros tratamientos.

Por otro lado, en la Figura 3 se muestra que el contenido en Ca del pasto en el muestreo de Agosto del año 2005 aumentó al fertilizar con lodo anaeróbico (ANA) ($p<0,05$), debido a que con este tratamiento se incrementa la cantidad de material senescente en el suelo y este elemento es abundante en este tipo de material vegetal (Willmam *et al.*, 1994), lo también se puede relacionar con los menores niveles de Ca extraído en BaCl₂ en el suelo.

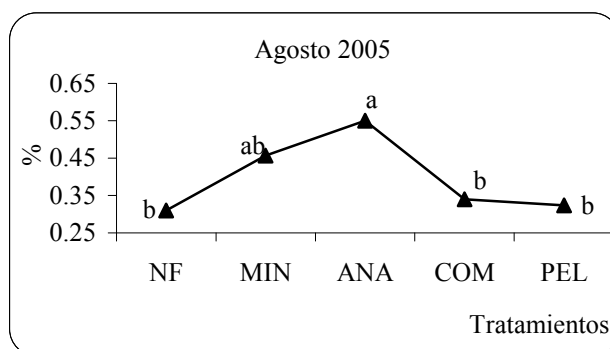


Figura 3: Proporción de Ca en pasto (%) para los distintos tratamientos aplicados. Donde: NF: no fertilización, MIN: mineral; ANA: lodo anaeróbico; COM: lodo compostado y PEL: lodo peletizado. Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos.

La Figura 4 muestra que la producción anual de pasto varió entre 1,92 y 3,36 t ha⁻¹ en el primer año (2005) y entre 3,98 y 5,24 t ha⁻¹ en el segundo año (2006). Los niveles de producción son bajos debido a las condiciones climáticas que no fueron óptimas para el crecimiento del pasto en esos años; aún así, en el segundo año de estudio se produce un incremento de la producción que se atribuye al aumento de la fertilidad del suelo y a la reducción de los periodos de sequía. La producción anual de pasto en el primer año (2005) fue mayor tanto con la aplicación de fertilizantes orgánicos como inor-

gánicos ($p < 0,05$) y tendiendo en el año 2006 a disminuir al aplicar fertilizante mineral (MIN) lo que parece indicar un cierto efecto residual de los lodos en comparación con la fertilización mineral.

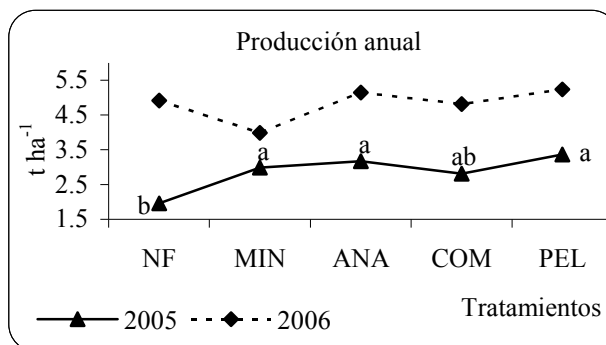


Figura 4: Producción anual de pasto, expresada t ha⁻¹ de materia seca, en cada tratamiento durante los años 2005 y 2006. Donde: NF: no fertilización, MIN: mineral; ANA: lodo anaeróbico; COM: lodo compostado y PEL: lodo peletizado. Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos dentro de cada año.

CONCLUSIONES

De los tipos de lodo usados en este estudio, el lodo compostado es el que incrementa en mayor medida el pH del suelo y el nivel de Ca extraído por el método del BaCl₂, probablemente debido a los mayores niveles de Ca aportados, ya que su tasa de mineralización y su contenido en nitrógeno es menor, por lo que es mayor la cantidad de residuo a aplicar. En el pasto, la fertilización orgánica e inorgánica mejora la producción de pasto y el lodo anaeróbico incrementa la concentración de Ca.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CEM,1994. *Microwave digestion applications manual*. CED. San Francisco (USA).

EPA (Environmental Protection Agency),1994. *Land application of sewage sludge. A guide for land appliers on the requirements of the federal standards for the use and disposal of sewage sludge, 40 CFR Part 503*. Environment Protection Agency, 105 pp. Washington, DC (USA).

FERNÁNDEZ-SCONCIA, A., 2008. *Empleo de lodo de depuradora urbana estabilizado mediante digestión anaeróbica, compostaje y secado térmico como fertilizante en praderas*. Proyecto fin de carrera. Escuela Politécnica Superior de Lugo. Universidad de Santiago de Compostela (Spain).

GUITIÁN, F.; CARBALLÁS, T., 1976. *Técnicas de análisis de suelos*. Ed. Pico Sacro, 288 pp. Santiago de Compostela (Spain).

LÓPEZ-DÍAZ, L. (2004). *Fertilización con lodos de depuradora urbana en sistemas silvopastorales*. Tesis doctoral. Escuela Politécnica Superior de Lugo. Universidad de Santiago de Compostela (Spain).

MOSQUERA, A.; MOMBIELA, F.A., 1986. Comparison of three methods for determination of soil Al in an unbuffered salt-extract. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, **17**, 30–35.

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. (2000). Sistemas silvopastorales en la Iberia Atlántica. *III Reunión Ibérica de Pastos y Forrajes*, **3**, 649-647.

RIGUEIRO-RODRÍGUEZ, A.; MOSQUERA-LOSADA, M.R.; ROMERO-FRANCO, R.; GONZÁLEZ-HERNÁNDEZ, M.P.; VILLARINO-URTIAGA J.J., 2005. Silvopastoral systems as a forest FIRE prevention technique. En: *Silvopastoralism and Sustainable Land Management*, MOSQUERA-LOSADA, M.R. *et al.* (Eds.). CAB International Publishing. Wallingford (UK), 380–387.

SAS, 2001. *SAS/Stat User's Guide: Statistics*. Ed. SAS Institute Inc. Cary, NC (USA).

WHITEHEAD, D.C., 1995. *Grassland Nitrogen*. CAB International, 416 pp. Wallingford (UK).

WILLMAN, D.; ACUÑA, G. H.; JOY-MICHAUD, P., 1994. Concentrations of N, P, K, Ca, Mg and Na in perennial ryegrass and white clover leaves of different ages. *Grass and Forage Science*, **49**, 422-428.

EFFECT OF THE TYPE OF FERTILIZER ON THE SOIL, GROWTH OF THE WOODLAND AND THE PRODUCTION AND QUALITY OF PASTURE IN A SILVOPASTORAL SYSTEM OF *FRAXINUS EXCELSIOR* L.

SUMMARY

In Galicia, soils have usually low fertility which makes advisable to fertilise to in order to increase understory productivity. In the last recent past the use of organic fertilisers is promoted like the municipal sewage sludge. It is compulsory to stabilise municipal sewage sludge in order to be used as fertilisers. The objective of this study was to evaluate the effect of the inorganic fertiliser and municipal sewage sludge stabilised by anaerobic digestion, composting and pelletization on the pasture production and quality, as well as, the chemical changes that are produced in the soil in a silvopastoral system established in agricultural abandoned afforested with *Fraxinus excelsior* L. and where a mixture pasture was sown. The results showed that the contribution of composted sludge triggered an increase in pH and the amount of Ca extracted by the method BaCl₂ soil and the mineral fertilizer increased the concentration of total Ca in soil. In pasture, organic and inorganic fertilisation improved the pasture production and the anaerobic sludge increased the concentration of Ca.

Keywords: inorganic fertilizer, anaerobic digestion, composting and pelletization.

ESTUDIO DE LA FERTILIDAD EDÁFICA EN UN SISTEMA SILVOPASTORAL BAJO CHOPO TRAS EL APORTE DE CAL Y LODOS DE DEPURADORA URBANA EN EL NOROESTE DE ESPAÑA

MOSQUERA-LOSADA M.R., MORÁN-ZULOAGA D., RIGUEIRO-RODRÍGUEZ A.

Departamento de Producción Vegetal. Escuela Politécnica Lugo. USC 27002.

mrosa.mosquera.losada@usc.es; antonio.rigueiro@usc.es

RESUMEN

El establecimiento de sistemas silvopastorales contribuye al uso múltiple del ecosistema forestal. La acidez de los suelos gallegos limita su fertilidad, por lo que el aporte de sustancias neutralizantes al suelo, como la cal o los lodos de depuradora urbana, la mejoran, incrementando la producción de pasto herbáceo a la par que contribuye a aumentar el desarrollo del arbolado. Se evaluó el efecto del encalado (0 y 2,5 t ha⁻¹ Ca O) y del aporte de dosis crecientes de lodo de depuradora urbana de una EDAR (0, 100 y 200 kg N total ha⁻¹) sobre la evolución de la fertilidad en suelos desarrollados bajo un sistema silvopastoral establecido con *P. x canadensis* a una densidad de 434 árboles por hectárea plantado sobre una pradera de *Dactylis glomerata* L (Artabro), *Lolium perenne* L (Brigantia) y *Trifolium repens* L cv Huía. En general, el aporte combinado de cal y lodo mejoró la fertilidad del suelo, ya que incrementó la CIC efectiva y el porcentaje de saturación de calcio en el suelo.

Palabras clave: agroforestal, pH, materia orgánica edáfica, CICE

INTRODUCCIÓN

Los sistemas silvopastorales son combinaciones de árboles, pastos y/o animales (Nair, 1991) y son los sistemas agroforestales más antiguos y desarrollados en las zonas templadas. El establecimiento de los sistemas agroforestales está siendo promovido por la Unión Europea, ya que en el último documento sobre desarrollo rural se impulsan este tipo de sistemas a través de financiación comunitaria. El conocimiento de este tipo de sistemas es reducido y el manejo más complicado que el empleo de sistemas exclusivamente forestales o exclusivamente pastorales, pero es importante profundizar en el mismo para encontrar puntos de encuentro que potencien la producción de ambos componentes, cuando se cultivan en conjunto.

Los chopos, *Populus* spp., aportan el 6% de la madera con corteza cortada anualmente en España (MAPA, 2007). *Populus x canadensis* es un híbrido de alta demanda debido a su producción precoz y adaptabilidad a diferentes condiciones climáticas. Este árbol, debido a su copa clara y a la disposición de sus ramas, permite que la luz llegue al sotobosque, lo que favorece la producción potencial del mismo, si se compara con otras especies forestales (Mosquera *et al.* 2006).

La producción de pasto es de suma importancia para la economía en Galicia, la cual se calcula provee del 50% de la leche y 16% de la carne que se consumen a nivel nacional (MAPA, 2007). Es por ello que el aumento de la superficie pastable es de suma importancia en nuestra región, en la que los costes de alimentación suponen cerca del 50% de los costes de producción de las explotaciones ganaderas.

En general los suelos de Galicia se caracterizan por presentar un carácter marcadamente ácido, siendo muy frecuente encontrar valores de pH inferiores a 5,5 (Mombiela, 1982) a los que este chopo no se adapta demasiado bien. Por tanto el aporte de enmiendas neutralizantes es importante para mejo-

rar el pH de los suelos y fomentar la disponibilidad de nutrientes para los cultivos que se desarrollen sobre los mismos. El uso de lodos de depuradora como fertilizante orgánico mejora la producción de pasto y el crecimiento del chopo en nuestra zona, pero el efecto depende de las combinaciones de encalado y dosis de lodo que se apliquen (Rigueiro *et al.* 2008). Así, la combinación de dosis medias de lodo y encalado mejora el crecimiento forestal y del pasto, al igual que las dosis altas de lodo sin encalar. En este estudio se pretende evaluar el efecto del aporte de diferentes dosis de lodos de depuradora urbana, con o sin encalado, sobre las características de pH y fertilidad, expresadas como niveles de saturación del complejo de cambio, en un sistema silvopastoral con chopo desarrollado en suelos ácidos.

MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en Baltar, localidad perteneciente al municipio de Pastoriza, provincia de Lugo (43° 14' latitud y 7° 21' longitud), en un área experimental situada a 550 metros sobre el nivel del mar. Esta zona se caracteriza por presentar inviernos húmedos y fríos y veranos cálidos y secos, con una precipitación anual de 1083 mm y temperaturas medias anuales de 11,5° C en los últimos treinta años. La experiencia se inició tras el laboreo del terreno y siembra con 12 kg ha⁻¹ *Dactylis glomerata* var. Artabro, 12 kg ha⁻¹ *Lolium perenne* L var. Brigantia y 4 kg ha⁻¹ *Trifolium repens* var. Huia en el otoño del 2000, tras lo cual se realizó una plantación de *Populus x canadensis* a principios del año 2001 a una densidad de 434 pies por hectárea.

El diseño empleado usado fue de parcelas divididas con tres réplicas, siendo la parcela principal el encalado y las subparcelas diferentes dosis de lodo. Cada unidad experimental consistía de 25 árboles dispuestos en un cuadrado perfecto y a un marco de plantación de 4,8 m x 4,8 m. Los seis tratamientos establecidos fueron:

1. (NF+Cal), es la parcela control encalada, que permanece en condiciones naturales con encalado de 2,5 t ha⁻¹;
2. (Baja+Cal), es la fertilización baja de lodo, 100 kg de N ha⁻¹, y encalado de 2,5 t ha⁻¹;
3. (Alta+Cal), en esta parcela se añadieron lodos que supusieron un aporte de 200 kg N ha⁻¹ y encalado de 2,5 t ha⁻¹;
4. (NF), es una parcela control sin fertilización ni adición de cal;
5. (Baja), fertilización baja de lodo, 100 kg N ha⁻¹, sin encalado;
6. (Alta), fertilización alta de lodo, 200 kg N ha⁻¹, sin cal.

Los tratamientos de encalado se realizaron antes de efectuar la siembra. El aporte de los tratamientos de lodo se realizó en los meses de abril de los años 2002 y 2003. No se aportó ningún tipo de fertilización posterior con el objeto de valorar el efecto residual del aporte de estos residuos. Los lodos empleados tenían un pH próximo a la neutralidad (6,7) y unos niveles de nitrógeno (N) total del 2,5%, de fósforo (P) total del 1,9%, de potasio (K) total del 0,3%, de calcio (Ca) total del 0,4% y de magnesio (Mg) total del 0,6%. Por otra parte, los metales pesados estuvieron siempre por debajo de los límites máximos permitidos para el aporte de estos residuos en agricultura (RD 1310/90).

Durante el período 2002 a 2003 se realizaron dos o tres cosechas de pasto anuales. Al inicio de todos los años se vienen tomando muestras de suelo a una profundidad de 0-25 cm, tal y como señala el RD 1310/90. En este trabajo se presentan los resultados correspondientes al muestreo del invierno

del 2007. Estas muestras fueron llevadas al laboratorio donde tras secado al aire o en estufa (45° C), se tamizaron (2 mm) y se sometieron a molienda en un mortero de ágata (Guitián y Carballás, 1976).

La determinación del pH de las muestras se realizó tanto en agua como en KCl 0,1 M. En ambos casos, la relación entre el peso del suelo y el volumen del reactivo empleado fue de 1:2,5, dejando un tiempo de reacción de diez minutos y dos horas para el pH en agua o en KCl, respectivamente (Guitián y Carballás, 1976). Los cationes disponibles fueron analizados después de realizar una extracción en BaCl₂ 0,6 N (Mehlich 1976; Mombiola, 1983). La concentración de K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺ y Na⁺ se midió con el espectrómetro VARIAN 220FS. En el caso de K⁺ y Na⁺ por espectrofotometría de emisión atómica, mientras que para Ca²⁺ y Mg²⁺ se empleó absorción, según la metodología propuesta por el fabricante. La concentración de aluminio se analizó mediante una valoración con NaOH 0,01 N, utilizando como indicador fenolftaleína al 1% en solución alcohólica. La capacidad de intercambio catiónico efectiva (CICE) se calculó mediante la suma del K⁺, Na⁺, Mg²⁺, Ca²⁺ y Al³⁺ de cambio. El porcentaje de saturación de cada base se estimó en función de los porcentajes de dichos cationes intercambiables con respecto a la CICE total. Las variables fueron analizadas mediante el empleo del ANOVA.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El efecto de los tratamientos sobre el pH en agua del suelo fue significativo al 10% (Tabla 1). Sin embargo, no se encontró un efecto significativo de los distintos tratamientos sobre el pH en KCl.

Tabla 1. ANOVA de parámetros del suelo y sus interacciones con el pH (agua y KCl), CIC (Capacidad de Intercambio catiónico) y porcentaje de saturación de bases Al³⁺, Ca²⁺ Mg²⁺ Na⁺ y K⁺, y aluminio disponible tras cinco años después de cesar la fertilización, donde * p<0,05; ** p<0,01.

	Modelo	Tratamiento		Modelo	Tratamiento
pH agua	**	10%	pH en KCl	ns	ns
CICE	*	*	Al (%)	*	*
Ca (%)	*	*	K (%)	ns	ns
Mg (%)	*	ns	Na (%)	ns	ns

En general se observa (Figura 1) que el aporte combinado de cal y dosis altas de lodo redujo el pH, por el contrario la ausencia de cal, combinada con las dosis altas de lodo lo incrementa. En principio, sería esperable que la combinación de las dosis altas de lodo con cal incrementase el pH, ya que tanto el lodo como la cal actúan como material neutralizante. Sin embargo, la variación en el pH depende tanto de los aportes como de las extracciones que se realizan de los cationes del suelo. En este sentido, la producción inicial de pasto resultó mayor en presencia de cal y con las dosis altas de lodo, lo que redujo el crecimiento del arbolado y pudo incrementar las extracciones del suelo que provocaron una disminución del pH (Rigueiro-Rodríguez *et al.*, 2008) Si atendemos a la CICE (Figura 2) vemos que ésta se vio afectada por los tratamientos aplicados, de tal manera que la dosis alta de lodo en combinación con el aporte de cal la mejoró significativamente en comparación con todos los tratamientos de no encalado y con el de encalado sin fertilización. Este resultado explica la mejor producción de pasto en el tratamiento de encalado y dosis alta de lodo, que limitó el crecimiento del arbolado, descrito por Rigueiro-Rodríguez *et al.* (2008).

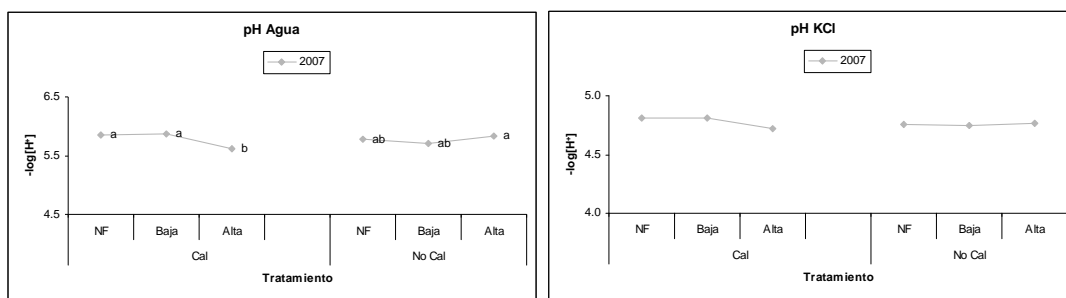


Figura 1. Efecto de dos dosis de encalado (0-2,5 t CaCO₃ ha⁻¹) y tres dosis de lodo (0-100-200 kg total N ha⁻¹) sobre el pH en el suelo. Medias con distintas letras implican diferencias significativas (p<0,05).

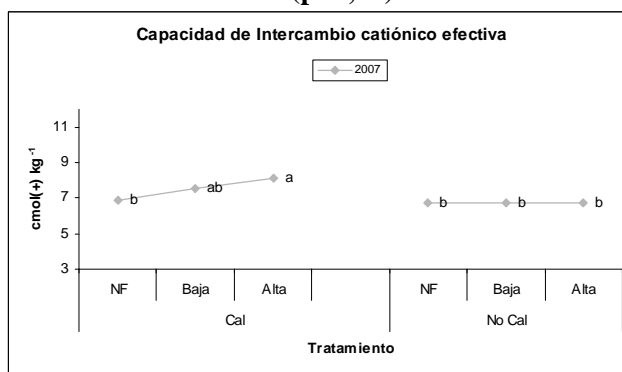


Figura 2. Efecto de dos dosis de encalado (0-2,5 t CaCO₃ ha⁻¹) y tres dosis de lodo (0-100-200 kg total N ha⁻¹) sobre la CICE. Medias con distintas letras implican diferencias significativas (p<0,05).

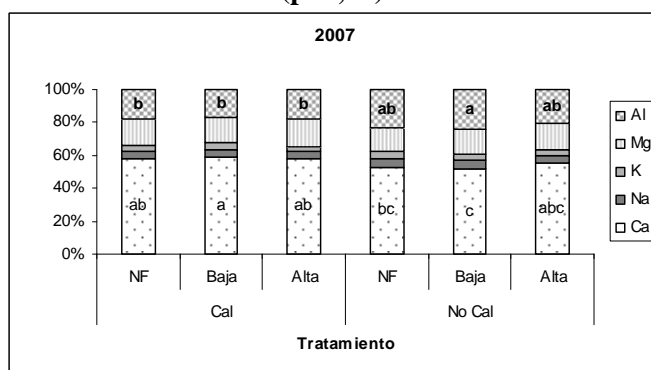


Figura 3. Efecto de dos dosis de encalado (0-2,5 t CaCO₃ ha⁻¹) y tres dosis de lodo (0-100-200 kg total N ha⁻¹) sobre las bases de cambio. Medias con distintas letras implican diferencias significativas (p<0,05).

En cuanto a la relación de los cationes presentes en el complejo de cambio (Figura 3), se observa que el calcio fue el catión dominante, seguido del Mg²⁺, el Al³⁺, el K⁺ y el Na⁺. En este año de estudio, 2007, se encuentra que los niveles de Al³⁺ fueron significativamente más reducidos en las parcelas de encalado, lo que ha sido descrito por López-Mosquera *et al* (2002), y lo contrario se encontró con los niveles de calcio. No obstante, las dosis altas de lodo no muestran diferencias significativas en función de los tratamientos de encalado, lo que implica una mejora de la fertilidad del suelo y por tanto del crecimiento del pasto y el arbolado.

CONCLUSIONES

El aporte de cal o de lodo a dosis altas ocasiona una mejora en la fertilidad edáfica del suelo a medio plazo que se manifiesta en una mejora de la producción del pasto y del crecimiento del arbolado.

AGRADECIMIENTOS

Se brinda un fraternal agradecimiento a la Agencia Española de Cooperación Internacional y Desarrollo, AECID, y su programa de becas MAE-AECI; también por su asistencia técnica a Cristina Alonso Expóstio, Divina Vázquez Varela, José Javier Santiago Freijanes, Pablo Fernández Paradela, Teresa Piñeiro López.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BOE, 1990. Real Decreto 1310/1990 de 29 de octubre por el que se regula la utilización de los lodos de depuración en el sector agrario BOE #262.
- GUITIÁN F.; CARBALLÁS T., 1976. *Técnicas de análisis de suelo*. Ediciones Pico Sacro, 288 pp. Santiago de Compostela (España).
- LÓPEZ-MOSQUERA, M.E.; MORON, C.; CARRAL E., 2002. Effects of dairy-industry sludge fertilization on mixed field production and their botanical composition 12 EU Technical series, **64**, 224-232.
- MAPA, 2007. *Anuario de estadística agroalimentaria 2006 con datos del 2004, 2005 y 2006*. Secretaría general técnica Ediciones MAPA, 973 pp. Madrid (España).
- MELICH, A.C., 1976. New buffer pH method for rapid stimation of exchangeable acidity and lime requirement of soils. *Communication Soil Science Plant Analyses* **7**, 637- 652.
- MOMBIELA, F.A., 1983. El estudio de la fertilidad del suelo en Galicia. Apuntes históricos y problemática general de la investigación sobre la acidez y la falta de fósforo. *Xornadas de estudio sobor dos recursos da agricultura galega*, 75-77.
- MOSQUERA-LOSADA, MR; MCADAM, J.; RIGUEIRO-RODRIGUEZ, A. 2006. *Silvopastoralism and sustainable land management*. CABInternational, 429 pp. Wallingford (UK).
- NAIR P.K.R. (1991) State-of-the-art of agroforestry systems. *Forest Ecology and Management*, **45**, 5-29.
- RIGUEIRO-RODRÍGUEZ, M.R.; MOSQUERA-LOSADA, M.R.; LÓPEZ-DÍAZ, M.L.; 2008. Effect of sewage sludge and liming on productivity during the establishment of a silvopastoral system in north-west Spain. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, **51**, 199-207.

THE ASSESSMENT OF SIX PARAMETERS OF THE SOIL IN A SILVOPASTORAL SYSTEM AFTER FIVE YEARS IN THE NORTHWEST OF SPAIN

SUMMARY

Silvopastoral system establishment contribuyes to multiple land use of the forest ecosistema. Acidity of Galician soils limit their fertility, which causes the need of the input of lime substances, like calcium carbonate or sewage sludge, which could improve pasture production and tree growth. This study aims to evaluate the lime (0 and 2.5 t ha⁻¹ Ca O) and sewage sludge input (0, 100 y 200 kg N total ha⁻¹) on soil fertility in a silvopastoral system established with *P. x canadensis* at a density of 434 trees ha⁻¹ planted on a pasture sown with a mixture of *Dactylis glomerata* L (Artabro), *Lolium perenne*

L (*Brigantia*) and *Trifolium repens* L cv Huía. The combination of lime and sewage sludge improves Exchange soil capacity and the calcium percentage in the soil.

Keywords: silvopastoralism, sludge, pH, SOM, CEC, Lugo.

DIAGNOSIS Y DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DEL SOBREPASTOREO MEDIANTE SIG. CASO DEL MONTE “CABEZA DE HIERRO” (RASCAFRÍA, MADRID)

J. A. BRAVO FERNÁNDEZ¹, A. RUBIO CUADRADO², P. AROCA FERNÁNDEZ³, R. SERRADA
HIERRO³ Y S. ROIG GÓMEZ³

¹Depto. Economía y Gestión Forestal. UPM. ²Centro de Recursos Fitogenéticos-INIA. Finca “La Canaleja”. ³Depto. Silvopascicultura. UPM. ^{1y3}Grupo de Investigación de Ecología y Gestión Forestal Sostenible (ECOGESFOR). UPM (Universidad Politécnica de Madrid).

RESUMEN

La presencia de ganado silvestre o doméstico es muy frecuente en los montes españoles; los efectos de dicha presencia son a menudo muy evidentes sobre el medio. Por otro lado, los inventarios forestales de gestión se han centrado habitualmente en cuantificar diversos aspectos relativos a la espesura de las masas arboladas, prestando menor atención a otras cuestiones. En este trabajo se propone una metodología muy sencilla para detectar sobrepastoreo a partir de inventarios de gestión y, mediante el empleo de un SIG, realizar un análisis espacial que permita caracterizar la distribución de los daños por pastoreo. Para ello, y a modo de ejemplo, se parte del inventario realizado en 2005 con motivo de la realización de la Tercera Revisión de la Ordenación del monte “Cabeza de Hierro” (Rascafría, Madrid; masa de pino silvestre de origen natural; abundante ganado vacuno y en menor medida caballar), tomándose muestras sobre 745 parcelas circulares repartidas sistemáticamente mediante malla cuadrada de 160 m de lado. Tras determinar la distribución espacial de los daños por pastoreo, se analizan las posibles causas de dicha distribución y se proponen y discuten algunas soluciones.

Palabras clave: Inventarios forestales, sistemas silvopastorales, pino silvestre, ganado silvestre y doméstico.

INTRODUCCIÓN

La interacción entre ganado silvestre o doméstico y los sistemas forestales es un asunto de gran importancia, tratado con diferente escala y profundidad en diversos trabajos (FAO, 1953). En España los problemas de sobrepastoreo en el monte, han sido muy patentes en distintos momentos y tratados, en mayor o menor detalle, en abundante bibliografía forestal. Así, San Miguel (2001) revisa con detalle la evolución de la cabaña ganadera extensiva a lo largo del tiempo y su impacto sobre el monte, indicando frecuentes problemas de sobrepastoreo. También tratan la gran influencia de la ganadería en el estado de los bosques españoles trabajos de historia forestal como los de Muñoz (1983) o Bauer (2003). La importancia del pastoreo en los montes y la referencia a aprovechamientos abusivos se recoge en De Olazábal (1883) o en el informe realizado en 1855 por la Junta Consultiva de Montes sobre los montes que convenía no desarmotizar (ICONA, 1987). El muy reciente tratado sobre selvicultura aplicada en España (Serrada *et al.*, 2008) también incluye, para muchos de los casos considerados, al ganado silvestre o doméstico como un elemento que llega a condicionar la gestión del sistema. En Álvarez (2001) y Pérez (2005) se comparan fotografías actuales de paisajes forestales con las de los mismos lugares en el pasado, en ocasiones desde finales del siglo XIX; en las fotos antiguas se advierte, en general, una intensa degradación de la vegetación leñosa, en gran parte por la presión excesiva del ganado combinada con otros factores. Por supuesto, la presencia de ganado también implica

aspectos beneficiosos; bien gestionado en relación con la elección de especies y razas, cargas, fechas de entrada y salida de los animales, control de la suplementación, localización del pastoreo, control sanitario y establecimiento de infraestructuras necesarias se convierte no sólo en un generador de riqueza, sino también en una potente herramienta de gestión ambiental (San Miguel, 2001; González y Robles, 2003; Bravo *et al.*, 2008).

Asumiendo que en España la presencia de ganado en el monte ha sido, y es, muy habitual e intensa, parece evidente la necesidad de recoger explícitamente información sobre la misma en los inventarios forestales de gestión. Sin embargo, esto no siempre se ha tenido en cuenta al realizar dichos inventarios básicamente por razones económicas y ligados, generalmente, a la escasa rentabilidad de los productos forestales directos y a la nula retribución de los importantísimos valores ambientales y sociales asociados a los montes. Aunque seguramente también hay otros motivos, que tienen que ver con que la profesión forestal no siempre ha dado la importancia que se merece al pastoralismo. En la breve, pero excelente, revisión de la evolución de la pascicultura en el marco de la profesión forestal que hace San Miguel (1999 y 2001) se puede encontrar que, en general, el interés del sector forestal por la gestión e investigación de los pastos ha sido escaso y, quizás por ello, en ocasiones se ha visto al ganado como un elemento presente en el monte pero ajeno al gestor. También es cierto que las frecuentes servidumbres de pastos y los usos y costumbres a favor de los ganaderos, no legalmente reconocidos pero asumidos socialmente, han dificultado mucho la capacidad de gestión del ganado en el monte. En cualquier caso, Navarro (1954 y 1955) o San Miguel (1995) plantean la importancia de recoger información sobre la presencia de indicios de sobrepastoreo en el monte, y dan propuestas metodológicas para ello.

Es conveniente revisar también cómo tratan la cuestión las instrucciones de ordenación de montes vigentes en la actualidad. A la espera todavía de unas nuevas instrucciones a escala nacional, adaptadas a la actual realidad socioeconómica, administrativa y de estado de conocimiento, en España siguen vigentes las Instrucciones de Ordenación de Montes Arbolados aprobadas en 1970 (Ministerio de Agricultura, 1971). Una vez transferidas las competencias forestales a las Comunidades Autónomas, Cataluña es la primera en aprobar sus propias instrucciones para planes técnicos de gestión y mejora forestal de montes privados de ordenación de montes en 1994, que fueron seguidas por otras normas en años posteriores; recientemente se han aprobado unos Manuales de redacción de planes de gestión (Cervera *et al.*, 2004). En Navarra se aprueba un Pliego de Condiciones Técnicas Generales de Ordenación de Montes (Eraso y Olabe, 1998), que después se desarrolla para cada monte concreto en unos pliegos de cláusulas técnicas y administrativas particulares. Las instrucciones de ordenación de montes arbolados de Castilla y León se aprueban poco después (Junta de Castilla y León, 1999). Por último, entran en vigencia las instrucciones de Andalucía (BOJA nº 25, de 6 de febrero de 2004). En general, todas ellas plantean anotar al menos la existencia de daños provocados por ganado silvestre o doméstico sobre la vegetación, con especial hincapié en la regeneración de las especies arbóreas principales; en algún caso se propone también cuantificar dichos daños, indicar los elementos más afectados, estimar el grado de afectación por herbivorismo, etc. En resumen, la normativa vigente relativa a los inventarios forestales de gestión, si bien no siempre recoge explícitamente la importancia de analizar el sobrepastoreo en el monte o lo trata de modo muy superficial, sí permite el desarrollo adecuado

de dicho análisis. Sin embargo, aún no es demasiado frecuente contemplar en dichos inventarios el problema del sobrepastoreo.

En el contexto indicado y analizando el caso de un monte arbolado ordenado de gran valor económico, ecológico y social, y con uso pastoral prácticamente ininterrumpido desde hace siglos, el objetivo de este trabajo es presentar una metodología fácilmente aplicable en inventarios forestales de gestión que permita: 1. Diagnosticar la presencia de sobrepastoreo y 2. Analizar la distribución espacial del mismo mediante empleo de Sistemas de Información Geográfica. Además, para el caso particular considerado, se intentará explicar dicha distribución y proponer soluciones al problema detectado.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitio de estudio: monte “Cabeza de Hierro” (más detalles en Bravo y Serrada, 2007).

El monte está incluido en el Término Municipal de Rascafría (Madrid). Superficie total: 2016,5 ha (arbolada: 1 886,4 ha). Presenta servidumbres de pastos a favor de los vecinos de los pueblos del antiguo Sexmo de Lozoya de la Comunidad de Ciudad y Tierra de Segovia, desde antes del siglo XVII, sin limitación de especie, cargas ni superficies pastables. Es terreno de aprovechamiento cinegético común. Situado en la cabecera del Valle de Lozoya, tiene una cota media de 1 670 m (máximo de 2 000 m, mínimo de 1 260 m). Temperatura media anual: 7,5 °C; precipitación anual: 1 115,8 mm. Los suelos son silíceo-arcillosos, profundos y fértiles en los fondos de valle y tanto más escasos y pedregosos cuanto más se asciende sobre las laderas. La vegetación actual tiene como formación principal al pinar de pino silvestre (*Pinus sylvestris* L.), que forma masa pura en gran parte de la superficie y actualmente es la única especie objeto de aprovechamiento. Asociado al pino aparece el melojo (*Quercus pyrenaica* Willd.), especialmente en las zonas de menor altitud, donde ambas especies forman un monte medio irregular. Aparecen diferentes tipos de pastos herbáceos: alpinoideos, cervunales, berciales, vallicares, incluso majadales y prados de diente

El ganado doméstico presente en el monte actualmente es fundamentalmente vacuno (negra avileña, charolés, limousine y diversos cruces), con algunas yeguas, mientras que el ganado salvaje es mayoritariamente corzo (*Capreolus capreolus* L); hace unos años había, además, ganado ovino y caprino. El pastoreo es continuo con una permanencia en los pastizales entre el 15 de Abril y el 15 de Noviembre y con suplementación, en el pasado podían permanecer durante todo el año en el monte. Las cargas son elevadas, aunque no están cuantificadas.

Muestreo realizado

Como parte de la Tercera Revisión de la Ordenación del monte, en 2005 se realizó un muestreo sobre la superficie forestal arbolada, previamente definida sobre ortofotos recientes. Se diseñó un muestreo estratificado, con afijación proporcional (malla cuadrada de lado 160 m) y parcelas circulares concéntricas. Se localizaron y midieron un total de 745 parcelas. La abundante información recogida se puede consultar en Bravo y Serrada (2007). En todas las parcelas se anotó si se detectaba o no sobrepastoreo, tomando para ello como referencia a Navarro (1954 y 1955) y San Miguel (1995). Tras una labor previa y conjunta de entrenamiento de todos los equipos de campo, se asumió sobrepastoreo cuando se daban las siguientes circunstancias: vegetación leñosa recomida (consumo de la regeneración de pino o niveles superiores a 2 en una escala de 5 en otras especies arbustivas) y/o claras señales

de degradación de suelo (sendas de ganado, compactación de suelo, herbáceas en tallas bajas y muy consumidas, etc.).

Análisis de los datos

La distribución espacial de las parcelas se ha analizado mediante ArcView 3.1. Para intentar imponer una condición de extensión mínima al problema y a la vez depurar posibles anotaciones o percepciones en campo erróneas, se ha realizado un filtrado mediante el cual se han seleccionado las parcelas con sobrepastoreo que estuvieran situadas a menos de 230 m de otras también con sobrepastoreo, y que con tal condición formarían grupos de al menos tres parcelas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1 se muestra la distribución espacial de las parcelas: sin señales de sobrepastoreo (n: 628; 84,3 % del total), con sobrepastoreo anotado en campo (n: 117; 15,7 % del total) y con sobrepastoreo, una vez filtradas mediante el criterio expuesto en el apartado anterior (n: 82; 11,0 % del total). Por tanto, en relación con los objetivos planteados:

1) Entre un 10% y un 16 % de la superficie se puede considerar afectada por sobrepastoreo (la equivalencia directa entre número de parcelas y superficie se justifica por el reparto sistemático con afijación proporcional). Dada la escasa presencia de herbívoros silvestres se considera responsable al ganado vacuno y, en menor medida, al caballo.

2) En cuanto a su distribución espacial se aprecian claros patrones de agrupación.

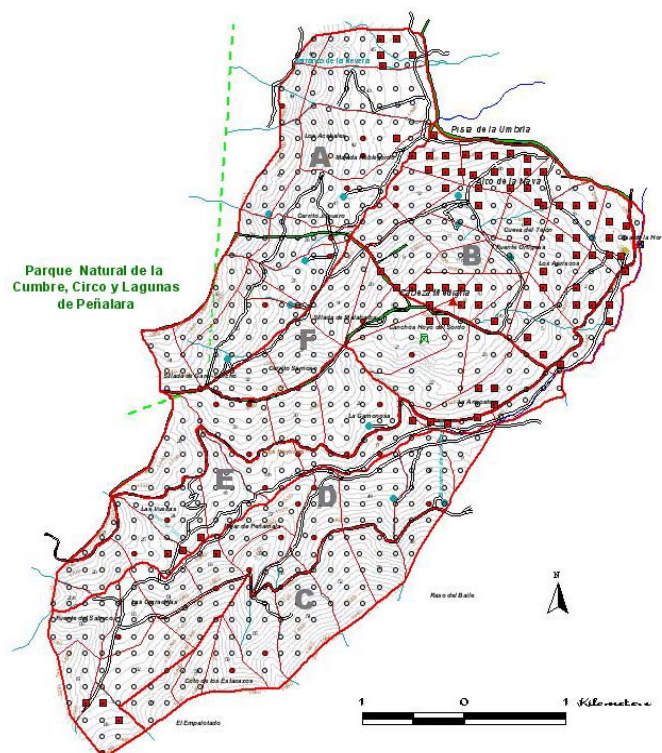


Fig. 1. Parcelas de muestreo en el monte Cabeza de Hierro. Círculos vacíos: parcelas sin signos de sobrepastoreo; Círculos llenos: parcelas aisladas con signos de sobrepastoreo. Cuadrados llenos: resultado del filtro de selección de sobrepastoreo.

Las zonas con sobrepastoreo se sitúan en la mitad inferior del monte, donde la presencia abundante de melojo permite un ramoneo de mejor calidad. Pero además se concentran en dos situaciones: alrededor de los tramos iniciales de las mejores pistas del monte, donde los ganaderos suelen aportar sal y la suplementación y en las inmediaciones de “Cabeza Mediana”, zona elevada del monte con arbolado disperso y dominancia de pastos herbáceos, que actúa como venteadero en verano, y donde los ganaderos también acceden con facilidad. Asimismo se observan parcelas con sobrepastoreo, a menudo aisladas y en consecuencia no seleccionadas mediante el criterio establecido, muy cerca de los diversos puntos de agua repartidos por el monte; en este caso la superficie afectada es de pequeña extensión y únicamente en las inmediaciones de las balsas.

Una vez detectado el problema, la solución se plantea buscando la colaboración de los ganaderos en la distribución de sal y suplementos en las zonas alternantes. Si ello fuera posible se podría incluso aquerenciar al ganado en lugares donde su presencia ayudara a controlar el rebrote de melojo tras la ejecución de resalveos (Bravo *et al.*, 2008) o a limitar el desarrollo de matorral, previamente desbrozado, para reducir riesgo de incendios y/o favorecer en el futuro la instalación de regeneración de especies arbóreas.

CONCLUSIONES

Se ha mostrado un ejemplo de aplicación de una metodología muy sencilla que, sin encarecer los muestreos forestales, permite obtener estimaciones fiables sobre la presencia de sobrepastoreo en una determinada zona. Se propone el uso de un SIG para analizar la distribución espacial del sobrepastoreo, así como de un sistema de filtrado, que debe adaptarse a cada caso concreto y que permite detectar fácilmente las zonas con problemas graves en cuanto a extensión superficial afectada. En el caso considerado el principal problema radica en la gestión del pastoreo, lo que teóricamente debería tener fácil solución llegando a acuerdos con los ganaderos en la elección de los puntos de suministro de la sal y los suplementos alimenticios, en la práctica dicha colaboración puede ser difícil de conseguir.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ÁLVAREZ CALVENTE, M., 2001. *Paisaje forestal andaluz ayer y hoy*. Junta de Andalucía. Consejería de Medio Ambiente, 205 pp. Sevilla (España).
- BAUER, E., 2003. *Los montes de España en la historia*. Fundación Conde del Valle de Salazar, 629 pp. Madrid (España).
- BRAVO FERNÁNDEZ, J.A.; ROIG GÓMEZ, S.; AROCA FERNÁNDEZ, M.J.; GASTÓN GONZÁLEZ, A.; SERRADA HIERRO, R., 2008. Pastoreo y regeneración: condicionantes a la gestión forestal. Caso del monte Cabeza de Hierro (Rascafría, Madrid). En: *Pastos, clave en la gestión de los territorios: integrando disciplinas*, FERNÁNDEZ REBOLLO, P. *et al.* (Eds.). Junta de Andalucía. Córdoba (España), 551-557.
- BRAVO FERNÁNDEZ, J.A.; SERRADA HIERRO, R., 2007. *Tercera Revisión del Proyecto de Ordenación del monte “Cabeza de Hierro”* (Rascafría, Madrid). Documento inédito.
- CERVERA, T.; FARRIOL, R.; MUÑOZ, A.; RABASCALL, J. (Eds.), 2004. *Manual de redacció de plans tècnics de gestió i millora forestal (PTGMF) i els plans simples de gestió forestal (PSGF). Instruccions de redacció i l’inventari forestal*. Generalitat de Catalunya. Departament de Medi Ambient i Habitatge. 316 pp. Centre de la Propietat Forestal.

- DE OLAZÁBAL, L., 1883. *Ordenación y Valoración de montes*. Imprenta de Moreno y Rojas, 517 pp. Madrid (España).
- ERASO, E.; OLABE, F., 1998. *Pliego de Condiciones Técnicas Generales de Ordenación de Montes*. Diputación de Navarra. Pamplona (España).
- FAO, 1953. *El pastoreo y los montes*. FAO, 187 pp. Roma (Italia).
- GONZÁLEZ REBOLLAR, J.L.; ROBLES CRUZ, A.B., 2003. La ganadería en el uso múltiple de los agrosistemas mediterráneos. En: *Fundamentos de agricultura ecológica: realidad y perspectivas*. DE LAS HERAS, J. et al. (Eds.). Universidad Castilla La Mancha. España, 287-296
- ICONA, 1987. *Comentarios y actualidad del informe de la Junta Consultiva de Montes (Ley de 1 de mayo de 1855)*. Publicaciones del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 103 pp. Madrid (España).
- JUNTA DE CASTILLA Y LEÓN. 1999. *Instrucciones generales para la ordenación de montes arbolados en Castilla y León. Decreto 104/1999, de 12 de mayo de 1999*. Consejería de Medio Ambiente. Dirección General del Medio Natural. Junta de Castilla y León, 219 pp.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA, 1971. *Instrucciones para la Ordenación de Montes Arbolados*. Dirección General de Montes, Caza y Pesca Fluvial. 118 pp. Madrid (España).
- MUÑOZ GOYANES, G., 1983. *Crónica sobre bosques y montes de la península Hispánica*. Fundación Conde del Valle de Salazar, ETSI Montes, 453 pp. Madrid (España).
- NAVARRO GARNICA, M., 1954. *Normas para la aplicación a título de ensayo de las instrucciones de ordenación a los pastizales de los montes públicos*. Ministerio de Agricultura. Madrid (España).
- NAVARRO GARNICA, M., 1955. *El pastoreo en los montes: pastizales españoles*. Ministerio de Agricultura. Madrid (España).
- ORDEN de 26 de enero de 2004, por la que se aprueban las Instrucciones Generales para la Ordenación de Montes de la Comunidad Autónoma de Andalucía (BOJA nº 25, de 6 de febrero de 2004).
- PÉREZ BUJARRAL, E., 2005. *Imágenes forestales en el paisaje aragonés*. Editorial PRAMES, 236 pp. Zaragoza (España).
- SAN MIGUEL, A., 1995. Ordenaciones silvopastorales. *Cuadernos de la S.E.C.F.*, nº 1, 23-30.
- SAN MIGUEL, A., 1999. Los ingenieros de montes y la pascicultura forestal. En: *Ciencias y técnicas forestales. 150 años de aportaciones de los ingenieros de montes*. A. MADRIGAL (Co.). Fundación Conde del Valle de Salazar. Madrid (España), 109-120.
- SAN MIGUEL, A., 2001. *Pastos naturales españoles. Caracterización, aprovechamiento y posibilidades de mejora*. Fundación Conde del Valle de Salazar y Mundi-Prensa, 320 pp. Madrid. (España).
- SERRADA, R.; MONTERO, G.; REQUE, J. (Eds.), 2008.: *Compendio de Selvicultura Aplicada en España*. INIA, 1 178 pp, Madrid (España).

OVERGRAZING DIAGNOSIS AND SPATIAL DISTRIBUTION USING GIS. CASE OF ‘CABEZA DE HIERRO’ STATE (RASCAFRIA, MADRID)

SUMMARY

Wildlife or livestock grazing is common in Spanish agroforestry systems. Forest management inventory has usually focussed on tree stand density quantification, paying less attention to the grazing factor. This work presents a simple methodology through GIS tools to implement in forest management inventories which could characterize grazing damages distribution. We analyze the case of ‘Cabeza de Hierro’ state (Rascafría, Madrid) and the management inventory of 2005 for the third revision of its Management Plan. The forest stand is dominated by Scots pine from natural regeneration with cattle grazing. The inventory analyzes 745 plots in a systematic net of 160 m side. After studying the spatial distribution of grazing damages, we analyze the possible origin of this distribution and some solution proposals are discussed.

Key words: management forest inventory, silvopastoral systems, GIS, Scots pine, livestock and wild-life grazing.

ECONOMIA DA MONTANHEIRA, MULTIFUNCIONALIDADE DOS SISTEMAS E SUSTENTABILIDADE DOS MONTADOS

INOCÊNCIO SEITA COELHO
INRB; Quinta do Marquês, Oeiras

RESUMO

Nesta comunicação assumimos os seguintes pressupostos: os montados são sistemas raros, característicos das paisagens mediterrâneas da Península Ibérica, existindo apenas marginalmente fora deste espaço geográfico; é condição necessária, para a conservação dos montados, que se conjuguem em simultâneo as premissas que garantam as sustentabilidades económico-social e ambiental.

Por isso, pretendemos, com este texto, clarificar de que maneira a montanha é fundamental para a preservação dos montados, acrescentando valor à economia de proprietários, criadores e industriais de transformação do porco. Mas, por outro lado, também se demonstra como a presença da componente arbórea dos montados origina recursos naturais únicos, que contribuem de forma decisiva para o êxito económico da pastorícia, em geral, e da montanha, em particular. Aspectos emergentes relacionados com a multifuncionalidade “activa” vão no caminho de contribuir positivamente para a economia privada dos sistemas e, assim, constituirão mais um elemento favorável à conservação dos montados.

Palavras-chave: Porco de Raça Alentejana, potencial económico, produtos de qualidade, bens ambientais, recursos naturais.

INTRODUÇÃO

Em finais do século XX assistiu-se, nos montados do Sul de Portugal, ao ressurgir do Porco de Raça Alentejana e do sistema de montanha. Novos paradigmas estão relacionados com as recentes procuras sustentadas em qualidades específicas dos produtos do Porco Alentejano de montanha, outros entroncam nas valências ambientais dos sistemas de produção tradicionais dos montados.

Pretendemos, com este texto, clarificar de que maneira a montanha é fundamental para a preservação dos montados, acrescentando valor à economia de proprietários, criadores e industriais de transformação do porco. Mas, por outro lado, também se demonstra como a presença da componente arbórea dos montados origina recursos naturais únicos, que contribuem de forma decisiva para o êxito económico da pastorícia, em geral, e da montanha, em particular. Aspectos emergentes relacionados com a multifuncionalidade “activa” vão no caminho de contribuir positivamente para a economia privada dos sistemas e, assim, constituirão mais um elemento favorável à conservação dos montados.

O POTENCIAL ECONÓMICO DA MONTANHEIRA

O efectivo actual de porcas reprodutoras ronda as 12 000 (inscritas no LGRS – RA), repartidas pelos sócios da ACPA, 45,8 %, e pelos sócios da ANCPA, 54,2 %.

Importância da economia da montanha para proprietários de montados e criadores

Como se sabe, a montanha actual começou praticamente do zero e tem vindo a crescer a ritmos impressionantes. Importa, pois, estimar até onde pode ir esse crescimento. Não se ignora que um forte crescimento na oferta, sem um correspondente acréscimo da procura, originaria uma quebra nos preços, pondo em causa a rentabilidade da exploração da montanha. Neste texto não iremos abordar esta importante questão.

O limite está na capacidade de produção de bolota e de lande, o que no curto prazo está dependente das áreas disponíveis de montados de sobro e de azinho. Claro que com o emprego de melhores técnicas de condução dos povoamentos, nomeadamente podas e fertilizações, se pode incrementar a produção de fruto.

O proprietário do montado pode não ser criador de Porco de Raça Alentejana e vender a montanha a terceiros e, de facto, tal acontece com alguns. Considera-se o caso extremo de nenhum proprietário assumir a função de produtor, ou seja, de ser vendida a montanha na totalidade das áreas de montado.

Utilizando encabeçamentos moderados, 5 ha para o sobro e 3 ha para o azinho, em média, por cabeça engordada, e um preço de 75 euros, pago em média, por porco em montanha, obtemos o valor total de 18,475 milhões de euros, correspondendo 57,2% ao montado de azinho e 42,8% ao de sobro. Isto representa o potencial das rendas que a montanha paga à propriedade detentora de montados e que se cifra, em média, em 19,5 euros/ ha de montado.

Esse é o valor potencial, digamos, da matéria-prima bolota/lande, que só será efectivado pela sua transformação pelo Porco de Raça Alentejana em produtos de qualidade única. Socorremo-nos dos índices obtidos a partir dos dados de um inquérito realizado a 50 criadores associados na Associação de Criadores de Porco Alentejano (ACPA) e generalizando para a totalidade da área de montados de sobro e de azinho. Obtemos um valor total potencial da Produção Bruta de 130 milhões de euros, a que corresponde, em média, 137,13 €/ ha de montado. Claro que o valor maior corresponde à produção de montanha (86,2 %) destinada a ser transformada em presuntos, paletas e outros produtos, enquanto os restantes 13,8% correspondem ao valor da carne verde. Isto significa que a transformação em carne, operada pelo porco de Raça Alentejana, valoriza em mais de 7 vezes a matéria-prima bolota/lande, acrescentando 117,5 €/ ha de montado, em média.

Importância da fileira do Porco de Raça Alentejana para a economia regional

A importância da fileira do porco de raça Alentejana de montanha é acrescida pelo valor devido à transformação dos animais gordos em produtos de consumo final, presuntos, paletas e enchidos, operada em unidades, se situadas na região.

Partindo da hipótese, pouco provável, convém sublinhar, da transformação na região de toda a produção potencial, e utilizando a tabela de preços relativos a 2008 e o índice de transformação industrial em vigor na região (fornecidos pela empresa Montaraz), obtemos um valor total de 244 100 460 de euros. Como era de esperar, mais de metade do valor é obtido com a produção de presuntos (51,4%), seguido das paletas (22,2%) e dos paios do lombo.

A transformação mais que duplica (2,18 vezes mais) o valor dos porcos de montanha. De um valor potencial total de bolota e lande de 18,475 milhões de euros, quando totalmente aproveitada por porcos de raça alentejana em montanha e depois transformados em produtos de alta qualidade, esse valor atinge os 244 100, 46 milhões de euros, isto é, o valor acrescentado atinge os 225 625,46 milhões de euros potenciais.

A IMPORTÂNCIA DA MONTANHEIRA PARA A CONSERVAÇÃO DOS MONTADOS

Qual a importância da preservação dos montados?

Em primeiro lugar porque são ecossistemas raríssimos a nível mundial, em segundo lugar porque são recursos naturais raros e importantes para as regiões onde se localizam e, em especial, para as

populações locais (proprietários, criadores, industriais e trabalhadores).

Os montados, ecossistemas raros.

Convém sublinhar que é incorrecto chamar montado a todo e qualquer povoamento de sobreiro e de azinheira, pois os bosques, bosquetes e matos com árvores dispersas não são montados. Então a presença de montados (dehesas arboladas em Espanha) está restringida à Península Ibérica, sendo um ecossistema raríssimo em todo o mundo.

A azinheira (*Quercus ilex* subsp. *ballota*) só existe na Península Ibérica. Na restante parte norte da bacia do Mediterrâneo encontramos a *Quercus ilex* subsp. *ilex*, que representa 25 % da área total ocupada pela azinheira em Espanha. Em Portugal só encontramos a *Quercus ilex* subsp. *ballota*. No Norte de África a azinheira presente pertence a outro *taxon*¹

De acordo com Campos (1991) e DGRF (2007) os montados representam 62,4 % da área total de povoamentos de sobreiro e azinho (*Q. ilex* subsp. *ballota*) em todo o mundo.

Em Portugal situam-se cerca de 30 % da área de montados de todo o mundo, um pouco mais se incluirmos os 6 000 ha de carvalho negral existentes no distrito de Portalegre. Em Portugal os montados representam cerca de 80 % da área total ocupada pelo sobreiro e pela azinheira, proporção muito semelhante à verificada em Espanha. A totalidade da área de montados, entre nós, reparte-se 55,4 % pelo sobreiro e 44,6 % pelo azinho; já em Espanha, pelo contrário, o montado de azinho tem uma representatividade tripla da do sobreiro.

Os montados, recursos naturais raros

Os montados são ecossistemas raros que, sendo utilizados pelo homem, fornecem recursos naturais raros que permitem a obtenção de benefícios pelo simples facto de existirem.

O índice de Potencialidade Produtiva para a Produção Animal apresentado por Mozo (1986) demonstra em montados, em relação à terra limpa, acréscimos de potencial produtivo que variam entre 1,2 e 30 % para povoamentos de azinho e entre 3,7 e 7,5 % para montados de sobreiro, de acordo com a densidade arbórea. Ou seja, a simples presença dos carvalhos de folha permanente constitui um factor de valorização das terras quando destinadas à produção animal.

Tal facto está reflectido no preço de compra (arrendamento) de pastagens, como comprovou Coelho (2005). Verifica-se que as pastagens em sob coberto da azinheira são mais valorizadas, em relação ao sobreiro, à terra limpa, e aos povoamentos mistos, seja qual for a qualidade das terras.

As pastagens em sob coberto de sobreiros são mais valorizadas que as pastagens em terra limpa, para os 3 tipos de qualidade das terras. As pastagens em sob coberto de povoamentos mistos são mais valorizadas que as pastagens em terra limpa, em todas as qualidades de terra. As pastagens em sob coberto de povoamentos mistos são mais valorizadas em relação ao sobreiro nas terras de qualidade média e inferiores, sendo menos valorizadas nas terras de boa qualidade.

Poderemos inferir que a presença da azinheira, em povoamentos puros ou mistos, induz uma valorização das pastagens, resultante do maior valor nutritivo da bolota em relação à lande, e de forma mais vincada quando a actividade porco de montanha está presente nas explorações.

Os montados são ecossistemas raros que, sendo utilizados pelo homem, originam recursos naturais raros que permitem a obtenção de benefícios pela capacidade de originarem produtos únicos.

¹ Informação pessoal do Prof. José Carlos Costa

Tal pode ser comprovado de forma simples. Como vimos, os 307 000 Porcos de Raça Alentejana engordados nos montados originam um valor total potencial de 130 milhões de euros. Se considerarmos uma produção idêntica de 307 000 porcos, de outras raças e engordados com outro tipo de alimentos e em sistema de produção distinto, então o valor obtido será de 68,1 milhões de euros. Comparando os dois valores temos um acréscimo de 90,90 %, ou seja, a montanha quase que duplica o valor dos animais por efeito da qualidade intrínseca que bolota/lande e sistema de produção imprimem ao produto final.

Os cálculos foram feitos com base nos seguintes preços: preços 1,61 €/kg porco normal; 3,21 €/kg de porco de montanha e 2,36 €/kg de carne verde; a 452,459 euros por porco de montanha correspondem a 226,93 euros por porco normal com o mesmo peso (140,95 kg), a 295,082 euros por porco de carne verde correspondem a 201,25 euros de um porco normal com o mesmo peso (125 kg).

Em cada ha de montado acrescenta-se um valor de 65,30 euros à produção bruta pelo efeito qualidade, ou seja, da produção bruta de 137,13 €/ha, 47,7 % devem-se à qualidade diferenciada induzida pela utilização de bolota pelos animais de Raça Alentejana.

ASPECTOS RELEVANTES DA MULTIFUNCIONALIDADE “ACTIVA” DOS MONTADOS

O facto novo, que surge no final do milénio, é a valorização activa por parte da sociedade de alguns bens e serviços cuja fonte reside na multifuncionalidade dos montados e a que antes não se lhe atribuía qualquer valor. Para além do autoconsumo ambiental, há a referir os contributos dos montados para a conservação da biodiversidade, para o sequestro do carbono e redução do risco de incêndios, na criação de produtos de alta qualidade alimentar e funcionais para a saúde e para a redução do consumo de energias fósseis.

Balanco energético das actividades do montado

Infelizmente, o tema do consumo energético a partir de fontes não renováveis só ganha actualidade quando ocorrem fortes turbulências, com subidas acentuadas do preço do petróleo, como acontece na actualidade.

Já em finais dos anos setenta, e, relativamente à agricultura, alguns investigadores se interessaram pelo tema, de entre eles ressalta Campos (1984) que procedeu à análise energética dos sistemas de dehesa na Extremadura Espanhola. Vejamos a que conclusões, mais relevantes, chegou o referido autor. Na perspectiva energética o montado tem grande interesse pelo seu baixo consumo de energia não renovável. No montado actual por cada 100 Kcal de energia fóssil investida obtêm-se 146 Kcal de alimentos destinados ao Homem. A estrutura produtiva dos montados mantém elevados graus de autonomia energética, o consumo intermédio representando 65,2% do custo total energético, com especial relevo para o uso de pastos e montanha na alimentação animal, que representam quase 50% do total de inputs energéticos. Os índices de eficiência energética dos montados são muito superiores aos de outros sistemas extensivos, nomeadamente de produção animal em pastoreio.

Redução do risco de incêndio e sequestro do carbono

As estatísticas comprovam que, na região dos montados, é muito menor o número de ignições e a área ardida, em relação às outras regiões do país, apesar das condições climáticas, temperatura e humidade, serem mais desfavoráveis no Sul do país. Em termos concretos isto reflecte-se num menor custo de prevenção e combate aos incêndios rurais naquelas regiões, 9.5 €/ha, 50.3 % da média nacional 18.9 €/ha (APIF, 2005).

A acrescentar a isso, há a referir o papel positivo dos montados na fixação do carbono.

Em pastagens extensivas espontâneas foram calculados valores para a fixação do carbono na ordem dos 300-1500 kg de carbono por hectare.

Segundo os resultados da equipa do Projecto Extensivity – sistemas de gestão ambiental e de sustentabilidade na agricultura extensiva - é possível atingir, com pastagens permanentes biodiversas ricas em leguminosas, uma fixação de carbono na ordem de 5-6 ton CO₂/ha/ano (Teixeira *et al.*, 2008).

Conservação da biodiversidade – raças autóctones

Na interface agricultura/ambiente, a União Europeia, no âmbito da PAC, criou mecanismos, Medidas Agro-Ambientais, onde se reconhece a importância da conservação activa da biodiversidade levada a cabo nas explorações agrícolas.

Em Portugal, a zona dos montados é contemplada por um conjunto de medidas em que destacamos as medidas relativas ao montado de azinho e negral, às pastagens naturais e à conservação “in farm” de um leque variado de raças autóctones.

A variedade das medidas e a dimensão das áreas e dos efectivos envolvidos comprovam a riqueza da biodiversidade dos montados.

Autoconsumo ambiental

Entende-se por autoconsumo ambiental o uso fruto das amenidades e dos bens imateriais do sistema, por parte dos proprietários/produtores e respectivas famílias.

Num estudo recente sobre o tema (Campos *et al.*, 2009) estimaram o valor das amenidades para os proprietários de floresta Mediterrânea de Espanha, Portugal e Califórnia. Em todos os casos, os proprietários não estavam dispostos a vender a propriedade, prescindindo em mais do que 120 € por hectare e ano, a vender e aplicar o dinheiro em investimentos mais rentáveis, a preços de 2002, e atribuíam às amenidades mais de 30% do preço de mercado da terra. A este valor corresponde uma taxa de rendibilidade das amenidades, superior a 2%, em todos os casos estudados. A análise estatística mostra, com forte evidência, que tendo alta percentagem de área com floresta na propriedade implica alta disponibilidade a pagar para conservar a terra.

CONCLUSÕES

Com base nos elementos quantitativos e na argumentação produzida, podemos concluir, de forma sintética: o montado é um sistema raro e valioso para os agentes privados e para a sociedade. A montanha é uma actividade com muito interesse, do ponto de vista da economia comercial, tanto para proprietários, como para produtores e para a região. A actividade económica é conduzida normalmente de forma harmoniosa com as outras funções do sistema. Essas funções são reconhecidas de forma positiva por todos os agentes e interesses presentes nos montados. A sociedade reconhece a importância da multifuncionalidade dos montados, premiando pela positiva a gestão que potencia alguns aspectos da multifuncionalidade activa, tais como a conservação da biodiversidade e o sequestro do carbono. A sociedade, assim como os proprietários/produtores, beneficiam do reduzido risco de incêndio, que caracteriza os montados, assim como do baixo consumo de energias fósseis. Os proprietários/produtores beneficiam e apreciam do uso fruto das amenidades e bens imateriais dos montados. É urgente promover a preservação dos montados (mortalidade, regeneração natural...). Há interesse comum em promover a economia da montanha (qualidade, novos consumos, marketing...). Estão reunidas as condições para passar à acção concertada dos poderes públicos, ao nível central e regional

(representantes da sociedade) e das associações (representantes dos proprietários/produtores).

BIBLIOGRAFIA

- AGÊNCIA DE PREVENÇÃO DE INCÊNDIOS FLORESTAIS. 2005. Proposta técnica para o Plano Nacional de Defesa Contra Incêndios. Relatórios I e II. ISA- Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa.
- CAMPOS, P., 1991. "Presente y futuro del alcornocal" in *O Ambiente na Península Ibérica – Perspectivas a Montante*, 205-223. Ed. UTAD, Universidade Internacional, Lisboa.
- CAMPOS, P., 1984. Economía y energía en la dehesa. Extremeña. Serie Estudios, Instituto de Estudios Agrarios, Paesqueros y Alimentarios, Madrid
- CAMPOS, P., J. L. OVIEDO, A. CAPARRÓS, L. HUNTSINGER, I.S.COELHO. 2009 "Contigent Valuation of Woodland-Owner Private Amenities in Spain, Portugal, and Califórnia" in *Rangeland Ecology & Management*, **62(3)**, 240-252.
- COELHO, I.S., 2005. "A Sustentabilidade Económica dos Sistemas Agro-florestais Mediterrâneos" in *Melhoramento*, **40**, 66-80.
- DIRECÇÃO-GERAL DOS RECURSOS FLORESTAIS, 2007. Estratégia Nacional para as Florestas, INCM, Lisboa.
- MOZO, J.J., 1986. "Una aproximación metodológica de un sistema de evaluación de la productividad potencial de un território de dehesa del Suroeste peninsular", in *Conservación y desarrollo de las dehesas portuguesa y española*, 51-86P. CAMPOS PALACÍN E M.MARTIN BELLIDO (coords.), Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentacion, Madrid.
- TEIXEIRA, R, DOMINGOS, T., CANAVEIRA, P., AVELAR, T., BASCH, G., BELO, C., CALOURO, F., CRESPO, D., FERREIRA, V., MARTINS. C., 2008. "The carbon balance of sown rainfed pastures". XXIX Reunião de Primavera da SPPF, Samora Correia.

SUSTAINABILITY OF "MONTADOS", ECONOMICS OF "MONTANHEIRA" AND MULTIFUNCTIONALITY OF THE SYSTEM

SUMMARY

In this paper we demonstrate how important the economics of the Black Pig Alentejano race is in "montanheira" production system to the conservation of the cork oak and holm oak "montados". We demonstrate also that the "montado" system is essential to assure the high quality and high prices of the goods provided by Black Pig extensive production system.

Keywords: Alentejana Race Pigs, economics potential, high quality products, environmental goods, natural resources.

ÍNDICE POR AUTORES

AFIF-KHOURI, 121
AGUIAR, 75, 87, 323
AÏSSA, 387
ALABERN, 413
ALBIZU, 57, 149
ALCUBILLA, 49
ALDEZABAL, 197
ALONSO PONCE, 493
ALVIR MORENCOS, 347
ALVIR, 387
AMMAR, 437
ANDRÉS, 437
ANDUEZA, 247
ÂNGELO RODIGUES, 87
ARÉVALO, 23, 29
ARGAMENTERIA, 155
AROCA FERNÁNDEZ, 537
ARROBAS, 81
ARROYO MARTÍNEZ, 347, 353
ASCASO, 49
ASENSIO-CARPENTE, 501
AYED, 347
AZPIROZ, 197
BAEZ, 279, 291
BANDE CASTRO, 37, 265, 273
BARRANTES, 189
BARTOLOMÉ, 9, 399, 413
BELO, A. T., 443
BELO, C.C., 443
BENAVIDES, 493
BERMEJO, 29
BESSA, 339
BODAS, 437
BRAVO FERNÁNDEZ, 537
BROCA, 49, 189
CALLEJA, 285
CAMPO, 127, 135
CAMPO, 135
CAMPOS, 197
CANALS, 43
CAÑEQUE, 419
CARBONERO MUÑOZ, 469, 475, 481
CARNEIRO, 311, 317
CASTANHEIRA, 331
CASTELO BRANCO, 95
CASTRO, P., 135, 279
CHINEA, 203
CHOCARRO, 189, 215
CONTRERAS PACO, 399
COUTINHO, 317
CRESPO, 15
CRISPÍN MURILLO, 469, 475
CUIÑA-COTARELO, 519
DA SILVA MÉNDEZ , 75
DE LA FUENTE, 419
DE LA ROZA-DELGADO, 161, 405
DE NASCIMENTO, 23, 29
DEL RIO, 3
DELGADO, 247, 253
DEMDOUM, 253
DÍA, 265
DÍAZ, 419
DOMINGOS, 451
DORDIO, 95
Duarte, 311
EPELDE, 149
FANLO, 215
FERNANDES, 95, 331
FERNÁNDEZ CASADO, 425
FERNÁNDEZ REBOLLO, 379, 469, 475, 481
FERNÁNDEZ-GONZÁLEZ, 15
FERNÁNDEZ-LORENZO, 229
FERNÁNDEZ-LUGO, 23, 29
FERNÁNDEZ-NÚÑEZ, 87, 323, 507, 519, 525
FERNÁNDEZ-PAZ, 273,265
FERREIRO-DOMÍNGUEZ, 525
FERRER, C, 49, 189.
FERRER, V., 43
FERRIS, 359
FLORES-CALVETE, 229
GARBUSU, 149
GARCÍA MORENO, 469, 475, 481
GARCÍA, M.J., 291
GARCÍA, R., 285
GARCÍA-CIUDAD, 115, 209
GARCÍA-CRIADO, B, 115, 209.
GARCÍA-CRIADO, L., 115, 209
GARCÍA-FERNÁNDEZ, 507
GARCÍA-WHITE, 177, 183
GARRIDO VARO, 241
GÓMEZ CABRERA, 241
GONÇALVES, 331

CASTRO, J., 291
GONZÁLEZ LÓPEZ, 169
GONZÁLEZ OREJA, 57
GONZÁLEZ RODRÍGUEZ, 359, 393, 425
GONZÁLEZ, A., 155, 161, 405
GONZÁLEZ, E., 149
GONZÁLEZ, J. S., 437
GONZÁLEZ-ARRÁEZ, 229
GONZÁLEZ-REBOLLAR, 487
GORGOSO-VARELA, 121
GUEMBE, 365
GUERREIRO, 95
GUERRERO GINEL, 241
GUEVARA GONZÁLEZ, 347
GUILLÉN DOMÍNGUEZ, 399
HADJ AYED, 387
HEDI, 347

HERNÁNDEZ, 221
HONRADO, 323
IRIARTE, 43
ITURRIAGA, 365
JUÁREZ, 189
KAMOUN, 437
KRAIEM, 387
LAUZURICA, 419
LAVÍN, 103
LEAL MURILLO, 481
LLORENS, 431
LLOVERAS, 215
LÓPEZ CARRASCO, 419, 493
LÓPEZ DÍAZ, 373
LÓPEZ MOSQUERA, 37
LÓPEZ, O., 419
LÓPEZ, S., 437
LÓPEZ-i-GELATS, 413
LORENZO MARTÍN, 209
LOURO, 291
MAÇAS, 183
MADRIGAL, 15
MADRUGA, 9
MAESTRO, 189
MAESTRO, 49
MANCILLA-LEYTÓN, 431
MANDALUNIZ, 197
MANGADO, 259, 365
GONZÁLEZ CANO, 347, 353
MARTÍNEZ MARTÍNEZ, 155
MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ, 155, 161, 405
MARTINS, 95, 331
MENDARTE, 57
MENINO, 331
MIJANGOS, 149
MIRA POTES, 65
MODROÑO, 161
MONTEAGUDO, 127, 235
MORA, 203
MORALES-ALMARÁZ, 405
MORÁN-ZULOAGA, 531
MORENO ELCURE, 379
MORENO MARCOS, 373
MORENO, 235
MORENO-GONZÁLEZ, 127, 135
MOSQUERA-LOSADA, 501, 507, 513, 519, 525, 531
MOUHBI, 507
MUÑOZ, 247, 253
MURILLO, 169
MURR, 507
NARANJO, 29
OLEA, 177, 183
OLIVEIRA-PRENDES, 121
PAREDES, 169
PAREJO, 431
PASTOR, 221
PAZ GONZÁLEZ, 141
PEDROL, 155
PELÁEZ, 285
PENAS, 3
PEPA, 347
PEREIRA, 81
PEREIRA-CRESPO, 229
Pérez Marín, 241
PÉREZ, 419
PEREZ-GALDONA, 203
PETISCO, 115, 209
PINHEIRO, 183
PIÑEIRO, 265, 273
PIRES, 87, 95, 323, 331
PLAIXATS, 9
POBLACIONES, 177, 183
PRIETO, 169

MANTECÓN, 103
MAROTO MOLINA, 241
MARTÍN, 431
RIBEIRO, 443
RIGUEIRO-RODRÍGUEZ, 501, 507, 513, 519, 525,
531
ROBLES, 487
ROCA FERNÁNDEZ, 141, 359, 393, 425
ROCA, 279
RODRIGO, 177, 183
RODRIGUES, 323
RODRÍGUEZ-BARREIRA, 501
RODRÍGUEZ-ROJO, 15
ROIG, 493, 537
ROLO ROMERO, 373
RUBIO ARGÜELLO, 353
RUBIO CUADRADO, 537
RUIZ-MIRAZO, 487
SABUGOSA-MADEIRA, 299, 305
SAINZ OSÉS, 37
SALLERES, 235
SALVATIERRA RICO, 393
SAN EMETERIO, 43
SANTAMARÍA, 177, 183
SANTIAGO-FREIJANES, 507, 513
SARAIVA, 95
RAMOS, 331
RAMOS, 419
REINÉ, 189
SEITA COEL
SERRADA HIERRO, 537
SERRÃO, 95, 331
SIMÕES, 311
SOLDADO, 155, 161, 405
SUCH, 413
TAVARES-DE-SOUSA, 311
TEIXEIRA, 451
TRINDADE, 317
URIARTE, 197
VALDÉS, 285
VALLADARES-ALONSO, 229
VANCE, 359
VARELA,, 95
VÁZQUEZ YÁÑEZ, 425
VÁZQUEZ-DE-ALDANA, 115, 209
VICENTE, 405
VIDAL VÁZQUEZ, 141
VIGUERA, 177
VILLANUEVA, 43
YALLI HUAMANI, 399
ZNAĪDI, 387

