

PASTOS



N.º 45 (2). DICIEMBRE 2015

REVISTA DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA PARA EL ESTUDIO DE LOS PASTOS



PASTOS

N.º 45 (2). DICIEMBRE 2015



En portada...

Pastos en Sierra Nevada
© Alfonso San Miguel Ayanz

Un oasis pastoral en la alta montaña mediterránea: borreguil de *Plantaginion nivalis*, a 3000 m de altitud, en el piso crioromediterráneo de Sierra Nevada.

EDITORES PRINCIPALES

Juan Busqué Marcos

Centro de Investigación y Formación Agrarias
del Gobierno de Cantabria
juanbusque@cifacantabria.org

Ramón Reiné Viñales

EPS-Huesca, Universidad de Zaragoza
rreine@unizar.es

EDITORES ASOCIADOS

Botánica-Ecología

Arantza Aldezábal (Universidad del País Vasco)
Segundo Ríos (Universidad de Alicante)

Producción Vegetal

Josep Cifré (Universidad de las Islas Baleares)
Olivia Barrantes (Universidad de Zaragoza)

Producción Animal

Manuel Delgado (Universidad de Sevilla)
Rafael Celaya (SERIDA, Principado de Asturias)

Sistemas Silvopastorales

Javier Ruiz-Mirazo (Pastores por el Monte Mediterráneo)
María Dolores Carbonero (IFAPA, Junta de Andalucía)

Europa

Giuseppe Parente (Universita degli Studi Di Udine)
Guy Beaufoy (European Forum for Nature Conservation
and Pastoralism)

Latinoamérica

Carlos M. Arriaga (Universidad Autónoma del Estado
de México)

ISSN: 2340-1672

Disponibilidad única on line en:

<http://polired.upm.es/index.php/pastos>

Diseño y maquetación:

MOEBO

© Sociedad Española para el Estudio de los Pastos

SUMARIO

Editorial	4
1. Artículos Científicos	5
Influencia de la calidad del terreno en la respuesta de los pastos a la aplicación de fósforo	6-14
Sara Morales Rodrigo, Óscar Santamaría Becerril, María José Poblaciones Suárez-Bárcena, Teodoro García-White y Leopoldo Olea Márquez de Prado	
Efecto del abandono del pastoreo sobre la salud de los ecosistemas pascícolas	15-22
Mikel Anza Hortalá, Lur Epelde Sierra, Iker Mijangos Amezaga, Nerea Mandaluniz Astigarraga, Roberto Ruiz Santos y Carlos Garbisu Crespo	
Alternativas forrajeras sostenibles como cultivo invernadero en zonas templadas	23-32
Silvia Baizán González, Fernando Vicente Mainar, M ^a Amelia González Arrojo, Consuelo González García, Begoña de La Roza Delgado, Ana Soldado Cabezuelo y Adela Martínez Fernández	
Uso del ganado para el control de cubiertas herbáceas en el olivar ecológico	33-46
Antonio García Fuentes, Juan Antonio Torres Cordero, Gemma Siles Colmenero y Luis Ruiz Valenzuela	
2. In Memoriam	
Leopoldo Olea Márquez de Prado 20 de octubre de 1943 - 8 de mayo de 2016, Socio de Honor de la SEEP.	
M ^a José Poblaciones, Sara M. Rodrigo, Celia López-Carrasco, Teodoro García-White y Óscar Santamaría	
3. Reuniones Científicas	49
55 Reunión Científica de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos (S.E.E.P.). “Innovación Sostenible en Pastos: hacia una Agricultura de Respuesta al Cambio Climático”	50-52
A. Martínez Fernández	
Reseñas de tesis doctorales	53-59
Instrucciones para autores	60-62

Estimados amigos lectores de nuestra revista PASTOS. El nuevo volumen que presentamos contiene cuatro artículos científicos que ponen de manifiesto diversas inquietudes técnicas y de manejo relacionadas con algunos sistemas pastorales y forrajeros actuales de nuestra geografía. Su finalidad es ofrecer información relevante para mejorar la gestión de aspectos fundamentales de las ganaderías con base territorial, pero también ayudar a una mejor ordenación del territorio, especialmente por la relación de los pastos con la generación y mantenimiento de bienes y servicios públicos. El incremento de la productividad en pastos permanentes de dehesa de baja fertilidad (Rodrigo y *col.*), los efectos sobre el suelo del abandono de la gestión de prados atlánticos (Anza y *col.*), la importancia de las leguminosas en la sostenibilidad ambiental y económica de los cultivos forrajeros (Baizán y *col.*), y una visión ecológica de los olivares como sistemas agrosilvopastorales (García Fuentes y *col.*), son las interesantes propuestas que os ofrecemos en este número, y que reflejan la activa, robusta y diversa investigación sobre pastos que, a pesar de los tiempos, sigue pujante en España.

Desgraciadamente, en este número también nos hacemos eco del reciente fallecimiento de Leopoldo Olea Márquez de Prado, Presidente de la SEEP de 1999 a 2007, Socio de Honor y gran experto en los pastos y en la producción ganadera de uno de nuestros agro-ecosistemas emblemáticos, la dehesa. La dedicación científica de Leopoldo hasta sus últimos días, se refleja también en su participación en uno de los artículos científicos de este número, el primero de los citados anteriormente. Sus más allegados colaboradores le han escrito un sentido “in Memoriam” con el que cerramos el presente volumen.

Desde el equipo de editores de PASTOS queremos finalmente remarcar el esfuerzo que realizan todos los implicados en la cadena de trabajo que da vida a la revista: autores, revisores, editores, diseñadora y Junta de Gobierno de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos. Visto desde el prisma de la actual valoración genérica de la profesión científica, este esfuerzo está aún muy poco reconocido, pero seguimos perseverando porque creemos que con ello cumplimos una importante misión: defender formas mejores y más sostenibles de producir alimentos y a la vez otros bienes y servicios públicos estratégicos para la sociedad. Y hacerlo en un ámbito nacional, europeo y latinoamericano, para que sirva también de referencia a nuestros técnicos y productores. Como ya hemos repetido en ocasiones anteriores, sería deseable que esta creencia, apoyada por un empeño y rigor científico aun mayor, acabe finalmente viéndose recompensada y nuestra revista, una de las publicaciones científicas nacionales más antiguas, termine reconociéndose como se merece. De nuevo, os animamos a todos a participar en este proceso.

Juan Busqué (juanbusque@cifacantabria.org)

Ramón Reiné (rreine@unizar.es)

Editores Principales de Pastos

1

ARTÍCULOS CIENTÍFICOS



INFLUENCIA DE LA CALIDAD DEL TERRENO EN LA RESPUESTA DE LOS PASTOS A LA APLICACIÓN DE FÓSFORO

Sara Morales Rodrigo*, Óscar Santamaría Becerril, María José Poblaciones Suárez-Bárcena, Teodoro García-White y Leopoldo Olea Márquez de Prado¹

Departamento de Ingeniería del Medio Agronómico y Forestal. Escuela de Ingenierías Agrarias. Universidad de Extremadura. Avda. Adolfo Suárez s/n, 06007, Badajoz (España)

¹ Fallecido

INFLUENCE OF SOIL QUALITY IN THE RESPONSE OF PASTURES TO THE PHOSPHORUS APPLICATION

Historial del artículo:

Recibido: 09/10/15

Revisado: 10/12/15

Aceptado: 18/04/16

Disponible online: 14/11/2016

* Autor para correspondencia:

saramoro@unex.es

ISSN: 2340-1672

Disponible en: <http://polired.upm.es/index.php/pastos>

Palabras clave:

Biomasa, mejora, superfosfato de cal, digestibilidad, proteína.

Keywords:

Biomass, improvement, superphosphate of lime, digestibility, protein.

RESUMEN

En el suroeste extremeño los pastos son de producción muy irregular y escasa calidad nutritiva. Tradicionalmente los ganaderos de esta área clasifican las zonas de su finca en *malas* y *buenas*, realizando fertilización fosfórica únicamente en parte de las *buenas*. Con el fin de evaluar la influencia de la calidad del terreno en la respuesta del pasto a la fertilización fosfórica, se diseñó un experimento en dos fincas de la comarca de La Serena (Badajoz) consistente en la aplicación o no de 250 kg ha⁻¹ de superfosfato de cal al 18% en dos zonas diferenciadas según la pendiente, la profundidad y la pedregosidad del terreno. En tres campañas agrícolas, se analizó la composición botánica, la producción, proteína bruta y digestibilidad de materia orgánica del pasto, tanto en invierno como en primavera. La proteína y la digestibilidad del pasto invernal mejoró en la zona *mala* por la fertilización fosfórica (aumentó de 15% a 16%), así como el porcentaje de leguminosas que aumentó de 20% a 30%. Por tanto, existe respuesta positiva a la aportación de fósforo en zonas clasificadas por los ganaderos como *malas*, mostrando potencial de mejora de calidad y composición botánica.

ABSTRACT

In the southwest of Extremadura pastures show a very irregular production and low nutritional value. In this zone, farmers classified their farm's areas in *bad* and *good*, and fertilization with phosphate is made only in *good* areas. In this study we evaluated the soil quality influence on the pasture improvement when phosphoric fertilizer was used. The experiment was conducted in two farms in the region of La Serena (Badajoz), where the main plot was the quality of the soil differentiated based on slope, depth and stoniness, and the sub-plot was the fertilization. Superphosphate of lime to 18% at a rate of 250 kg ha⁻¹ was applied, having a control area without fertilization. This experiment was replicated in three different agricultural years, and the botanical composition of pasture, the production in dry matter, the crude protein and the organic matter digestibility of grass in winter and spring were analyzed. Protein and digestibility of winter grass in *bad* areas were improved by phosphorus fertilization (increasing from 15% to 16%) and the percentage of legumes changed from 20% to 30%. There is, therefore, a positive contribution of phosphorus in classified areas as *bad* by farmers, showing them an improvement potential regarding to pasture quality and botanical composition.



FIGURA 1. Afloraciones rocosas de pizarra características de los suelos de la comarca de La Serena, en Badajoz (izquierda). Situación de las jaulas de exclusión en una de las zonas de toma de muestras (derecha).



FIGURE 1. Rocky outcrops of slate characteristic of the region soil of La Serena in Badajoz (left). Situation of exclusion cages in one of the sampling areas (right).

© Sara M. Rodrigo

INTRODUCCIÓN

La comarca de La Serena comprende, según datos de la Junta de Extremadura, algo más de 280.000 ha del noroeste de la provincia de Badajoz, suponiendo cerca de un 7% de la superficie regional (www.redex.org).

La principal actividad de los habitantes de esta comarca es la ganadería extensiva de ovino. Los pastos de esta zona presentan una escasa e irregular productividad, ya que lo que más abunda en esta comarca son amplias áreas de suelos poco profundos, jalonados por las características afloraciones rocosas de pizarra conocidas como *dientes de perro* (Figura 1).

La erosión a la que está sometido este tipo de suelo hace que esté fuertemente degradado, mostrando un escaso espesor y contenidos en nutrientes fuertemente degradados, provocando unos bajos espesores y contenidos en nutrientes (Serrano *et al.*, 2011). Este hecho agrava aún más el problema de baja fertilidad que ya de por sí sufren los suelos del suroeste de la Península Ibérica. Estos suelos se caracterizan por tener pH ácido, texturas ligeras (arenosas o francas), bajo contenido en materia orgánica y nutrientes como nitrógeno y fósforo (Olea *et al.*, 2003), así como por su deficiencia en calcio y potasio (Fernández *et al.*, 2007). No obstante, estas características de suelo no son homogéneas en todo el espacio que comprende la explotación, habiendo zonas con suelos más profundos y fértiles y zonas sin prácticamente suelo y de baja fertilidad. Esta variabilidad hace que las producciones de las diferentes zonas sean distintas, y que el propietario de la explotación diferencie entre zonas *buenas* y *malas* dentro de su finca.

La situación general de los suelos de estas áreas, unida a las severas condiciones climáticas de la práctica totalidad del S.O. de la Península Ibérica, con veranos secos y muy calurosos e inviernos un tanto fríos (Olea y San Miguel-Ayanz,

2006), ha penalizado el desarrollo de la agricultura intensiva dando paso a la vocación pecuaria de estas zonas, donde prima el aprovechamiento del pasto natural mediante pastoreo del ganado (Gallego *et al.*, 1995).

En esta zona, los pastos herbáceos son el componente vegetal principal, siendo florísticamente variados, y abundando en ellos especies herbáceas anuales, con reducida o nula presencia de perennes (Olea *et al.*, 1989). Estos pastos destacan por su porte pequeño y carácter efímero debido a un agostamiento precoz (Fernández y Porras, 1998).

Respecto a la productividad del pasto en estas zonas, existen en la bibliografía grandes diferencias en los valores proporcionados por los diferentes autores. Así, Olea *et al.* (2004) indicaron valores de 2000 kg MS ha⁻¹ al año, en el intervalo de 2030-2390 kg MS ha⁻¹ propuesto por González y Maya (2013) y dentro del rango 600 - 3500 kg MS ha⁻¹ establecidos por Martín Bellido (1996). Como ya se ha indicado anteriormente, las condiciones de suelos pobres explicarían la baja productividad de estas zonas de pasto frente a otras, y la variabilidad pluviométrica intra e interanual explicaría las fuertes diferencias productivas entre las estaciones del año y entre los años, siendo un común denominador que el máximo crecimiento de las plantas, y por tanto habitualmente la máxima producción, se dé en primavera y aparezcan momentos de escasez en invierno y verano (Viguera *et al.*, 2007).

Los pastos de estas zonas también se caracterizan por su baja calidad nutritiva, con valores medios de proteína alrededor de 10,3% y de digestibilidad de entre 49 y 55%. La baja e irregular producción de la biomasa herbácea y su escasa calidad bromatológica condicionan la producción animal y el sistema de manejo, teniendo que adaptar la carga ganadera de un área de pastoreo al momento y según la calidad de los pastos (Olea *et al.*, 1989).

Dado el coste, siempre creciente, de los suplementos alimenticios para el ganado, uno de los principales objetivos del ganadero, es tender al autoabastecimiento, para así poder reducir costes y maximizar los beneficios de su explotación. La mejora de la producción y calidad de los pastos puede contribuir a conseguir el autoabastecimiento en materia de alimento para el ganado. Entre las estrategias de mejora de los pastos naturales en el suroeste de la península, destaca la fertilización. Con todo lo expuesto anteriormente, dada la baja fertilidad de los suelos de La Serena, y la necesidad de aumentar la producción y calidad de la biomasa herbácea, la fertilización, de entre las estrategias de mejora, se ha convertido en una práctica relativamente habitual en la zona.

Dentro de los diferentes tipos de fertilización, la fosfórica es la más practicada, por su gran efecto sobre la producción y calidad. El fósforo es importante para el establecimiento y mantenimiento de leguminosas, y para una correcta fijación del nitrógeno atmosférico (Bellows *et al.*, 2001), lo que aumentaría el contenido de nitrógeno en el suelo de manera natural. Esta variación en la composición botánica, debido a que aumenta la presencia de leguminosas, ya se reflejó en anteriores estudios (Hejzman *et al.*, 2007; Klaudivsová *et al.*, 2009), siendo ésta atribuida al fósforo residual del suelo tras años de aplicaciones, ya que al haber mayor contenido de P en el suelo, se potencia el establecimiento de las leguminosas en el área.

Es sabido que en el suroeste español, a parte de la disponibilidad de agua en el suelo, que es distinta en función de la distribución de las precipitaciones y la pendiente del suelo, el fósforo es uno de los principales factores limitantes de la producción de los pastos, pudiéndose lograr un aumento en la producción herbácea de más del 50% a través de la fertilización fosfórica (Olea *et al.*, 2005; Barradas, 2009). Dicha fertilización puede aumentar la cantidad de biomasa más que otras como la potásica (Jiménez y Martínez, 1980), y mejorar su calidad más que la nitrogenada (Nesic *et al.*, 2006). No obstante, sus efectos pueden tardar varios años en ser observados (Santamaría *et al.*, 2010), y esto puede deberse, según Quelhas dos Santos (2002), a que el fósforo en el suelo forma combinaciones químicas de reducida solubilidad o a la escasez de lluvia que impida que el P se disuelva y esté disponible para las plantas.

Por tanto, a la hora de valorar la efectividad de una mejora realizada, se debe tener en cuenta que el efecto buscado puede conseguirse a medio o largo plazo y que el coste de su implementación sea rentable (Almoguera, 2007). Es decir, que el aumento de producción que se consiga debe compensar los costes de su aplicación. Es por ello, que en muchas de las explotaciones de la comarca de La Serena, en las que se realiza fertilización fosfórica como mejora de los pastos, ésta se realice solo en las zonas consideradas como *buenas* por el propietario. La idea es que en estas zonas *buenas* el potencial

productivo del pasto sería mayor y por tanto la aplicación de fertilizante más rentable.

Sin embargo, debido a lo complejo, tremendamente variable y particular del ambiente y el suelo en los pastizales de la comarca de La Serena, y teniendo en cuenta la gran importancia económica del ganado extensivo en dicha área, la aplicación de fertilización fosfórica, especialmente en las zonas *buenas* de las explotaciones, como estrategia de mejora, merece una revisión en detalle que determine la idoneidad o no de su aplicación tanto en las zonas *buenas* como *malas* en función a la respuesta del pasto a la aplicación de P. Para ello, se inició en 2012 un proyecto de investigación en la comarca de La Serena con el objetivo de evaluar la influencia de la calidad de los suelos sobre la respuesta a la fertilización fosfórica de los pastos herbáceos, en términos de producción, composición botánica y calidad, ya que si bien la mejora de la producción y la calidad de los pastos a través de fertilización fosfórica puede ser más lenta o menor, se entiende que puede existir en zonas de suelos de mala calidad.

MATERIAL Y MÉTODOS

El ensayo se planteó durante tres años agrícolas, (2012-2013, 2013-2014 y 2014-2015), en dos fincas con las coordenadas siguientes según el sistema geodésico de referencia WGS84: Gamonital (GA) 38° 52' 20,5" N y 5° 30' 20,6" O y Fuente de los Romeros (FR) 38° 58' 16,18" N y 5° 35' 28,51" O, representativas de la comarca de La Serena (Badajoz), en los términos municipales de La Coronada y Campanario, respectivamente. La dedicación de las fincas es la de producción de pastos y su aprovechamiento por ganado ovino de raza Merina para la producción de carne. Estos pastos de producción exigua y calidad muy pobre, compuestos por gramíneas muy frugales y una baja proporción de leguminosas, son lo que se conoce como "pastos finos". Las características meteorológicas (según la estación de Don Benito) de los tres años de estudio se presentan en la Figura 2.

En cada finca, se seleccionaron dos zonas de 800 m² de superficie, con calidad del terreno diferenciada, denominadas como *buenas* y *malas*. Aunque separadas (aproximadamente 300 m), las zonas *buenas* y *malas* estuvieron lo suficientemente próximas para que las condiciones meteorológicas fueran las mismas. El criterio principal para designar cada zona fue la pendiente, ya que hay zonas de ladera y zonas llanas, la profundidad aparente del suelo (según la experiencia del propietario) y su pedregosidad. La pendiente en las zonas del ensayo fue de más de 10% en las zonas *malas* y menos del 5% en las *buenas*. Al inicio del experimento (otoño de 2012), se tomaron cuatro muestras por zona y finca y se analizaron los suelos de las parcelas experimentales, determinando los principales parámetros químicos y su textura (por el método granulométrico), siendo ésta franco-arcillosa. Ninguna de las

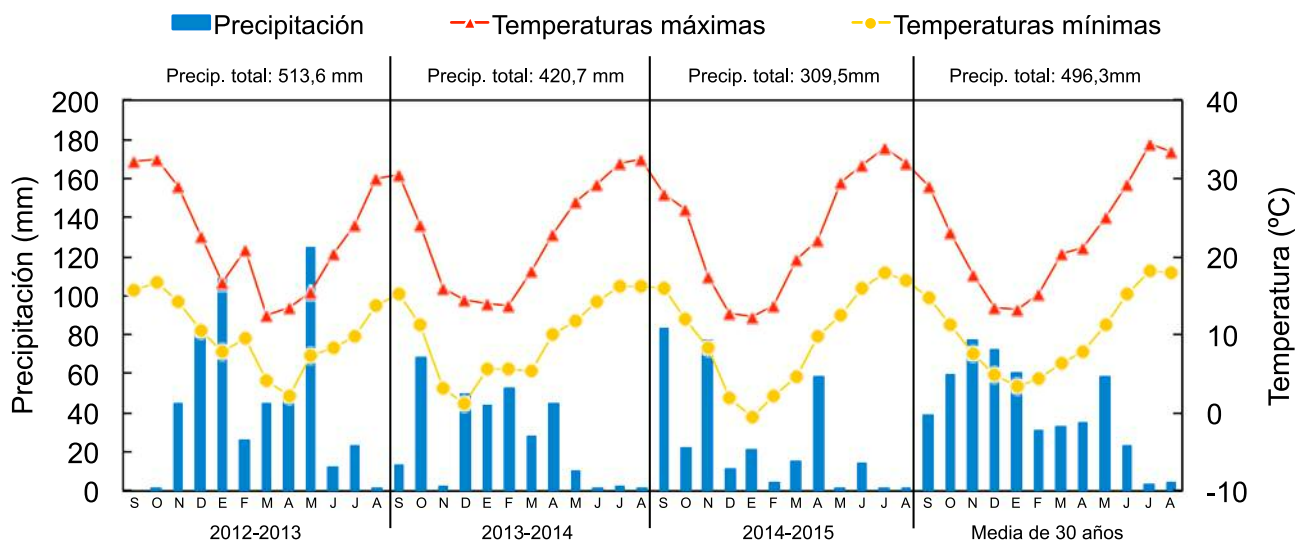


FIGURA 2. Precipitación anual y mensual y temperatura (media de máximas y mínimas mensuales) de las campañas agrícolas 2012-13, 2013-2014, 2014-2015 y la media de los últimos 30 años en la zona de estudio. (Datos AEMET).

FIGURE 2. Annual and monthly precipitation and temperature (monthly mean maximum and minimum) of the seasons 2012-13, 2013-2014, 2014-2015 and the average of the last 30 years in the study area. (Data AEMET).

zonas de las dos fincas había sido fertilizada previamente. Los métodos utilizados para las determinaciones químicas fueron los siguientes: pH, mediante pH-metro y electrodo combinado en una relación suelo/agua de 1:25; materia orgánica por el método Walkley y Black (1934), con ácido crómico y determinación colorimétrica; fósforo asimilable por el método Olsen (Olsen *et al.*, 1954); el calcio, magnesio, potasio y sodio se extrajeron con acetato amónico 1N tamponado a pH 7, posteriormente el calcio y magnesio se determinaron por absorción atómica y el potasio y el sodio por electrodo selectivo; finalmente, el nitrógeno total se determinó por el método Kjeldhal (oficial: RD 2257/1994 n°6).

En cada zona se fertilizó la mitad de la superficie de la parcela experimental (40 m × 10 m) con 250 kg ha⁻¹ de superfosfato de cal al 18% (18% P₂O₅ granulado) cada año a principio del otoño, después de las primeras lluvias, dejando la otra mitad sin fertilizar y por tanto, como tratamiento control. Las zonas eran pastoreadas siguiendo las prácticas habituales en la zona, donde los animales pastorean la finca fraccionada en parcelas siendo movidos de una a otras según la disponibilidad de alimento en cada una.

La estimación de la producción, composición y calidad del pasto herbáceo, se realizó mediante el empleo de cuatro jaulas de exclusión de 1 × 1 m² de superficie en cada tratamiento (fertilización vs control) y en cada finca, colocándolas aleatoriamente. Cada año se cambiaba la localización de las jaulas para evitar efectos acumulados de la falta de presencia animal, pero se mantenían en los dos cortes del mismo año para estimar la cantidad total de pasto aprovechable.

Se realizaron dos muestreos al año en las jaulas de exclusión: uno en invierno (febrero) y otro en primavera (mayo), si-

mulando un pastoreo con dos aprovechamientos que, como se ha indicado es lo habitual en la zona, ya que al ir rotando en diferentes parcelas los animales para llevar a cabo el aprovechamiento, cada parcela se pastorea dos veces al año. Estos muestreos de las jaulas se hicieron coincidir con el momento de pastoreo del ganado en las parcelas del ensayo. La producción de pasto herbáceo se estimó mediante el corte (primero en invierno y luego el rebrote de primavera) de la totalidad de la superficie de cada jaula de exclusión, cortando la hierba a aproximadamente un centímetro de altura sobre el suelo y secando la muestra primero al aire durante 48 horas y luego en estufa a 65 °C hasta pesada constante. Previo a los análisis químicos de calidad la muestra se molió. En cada una de las jaulas de exclusión se determinó además de la cobertura y composición botánica, la producción de biomasa (MS en kg ha⁻¹), la proteína bruta (PB en %) por el método Kjeldahl y la digestibilidad de materia orgánica calculada con la fórmula %DMO = 102,56 - (%FAD × 1,14) para pastos polifitos según indica Gómez de Barreda (2005). La fibra ácido detergente (FAD) fue calculada gracias al método oficial (AOCS, 2005). La composición botánica se estimó mediante medida visual por dos personas (para hallar la media) del porcentaje de gramíneas, leguminosas y otras familias, sin determinar especies o número de plantas, sólo estimación de la cobertura de la zona muestreada (jaula) en primavera.

Los datos obtenidos de las variables producción, proteína y digestibilidad de materia orgánica, se analizaron mediante el procedimiento de análisis de la varianza (ANOVA) de cuatro vías con cuatro repeticiones, considerando los factores: año, finca, zona y tratamiento fertilizante, así como las interacciones entre dichos factores. Se analizaron de manera independiente, los resultados correspondientes al pasto de invierno y al pasto

de primavera. Cuando los requisitos de normalidad y/o homocedasticidad no se cumplían en los datos obtenidos, se utilizó la transformación $\text{Ln}(x+1)$; no obstante, los datos mostrados son siempre los datos sin transformar, para una mejor interpretación. Cuando se detectaron diferencias significativas en el ANOVA, la comparación entre medias se realizó utilizando el test de Fisher de mínima diferencia significativa (MDS) a $p \leq 0,05$. El paquete estadístico utilizado fue STATISTIX 8.1.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos de los análisis de suelo se presentan en la Tabla 1, diferenciando entre fincas y zonas dentro de cada finca. En la zona denominada como *buena* en ambas fincas (menor pendiente y pedregosidad y mayor profundidad),

existía significativamente mayor contenido en suelo de P respecto a la zona *mala*. Además, en la Tabla 1, se observa que el pH de los suelos de ambas fincas es ácido, con mayor materia orgánica (MO) y P en la zona buena, mostrándose sólo diferencias entre zonas en FR en el K y siendo mayor el contenido en la zona buena, mientras que para Ca y N, las diferencias entre zonas sólo se vieron en GA, siendo de nuevo la zona buena la de mayor contenido en ambos nutrientes.

En la Tabla 2, se muestran los resultados de los análisis estadísticos, observándose en ella las significaciones de las variables principales. Las interacciones (entre las variables) que mostraron significación se presentan posteriormente.

La zona de estudio (*buena* o *mala*) influyó significativamente (Tabla 2) en la producción de materia seca (MS) en invierno y primavera, y la digestibilidad de materia orgánica (DMO) en

	GA		FR	
	B	M	B	M
pH*	6,20±0,03A	6,10±0,11A	5,80±0,06B	5,80±0,05B
MO (%)***	2,90±0,30a	2,20±0,11b	3,10±0,15a	2,60±0,30b
Ca (meq 100g ⁻¹)***	9,70±0,44a	6,40±0,44b	6,30±0,93b	6,60±0,18b
K (meq 100g ⁻¹)*	0,80±0,002bc	0,80±0,007c	0,87±0,014a	0,83±0,002b
Mg (meq 100g ⁻¹)	2,49±0,25	2,46±0,26	1,65±0,19	1,55±0,16
N (%)***	0,20±0,002a	0,15±0,001b	0,21±0,002a	0,22±0,008a
Na (meq 100g ⁻¹)	0,16±0,013	0,15±0,005	0,16±0,003	0,15±0,006
P Olsen (ppm)**	5,50±1,12α	3,20±0,11β	7,10±1,02α	6,40±0,95β

* significativo al 0,05; ** significativo al 0,01; *** significativo al 0,001

TABLA 1. Medias y errores estándar de las variables edáficas en las fincas Gamonital (GA) y Fuente de los Romeros (FR) en ambas zonas estudiadas (*buena* y *mala*). Dentro de cada variable, letras diferentes minúsculas muestran diferencias significativas ($p \leq 0,05$) para la interacción de las medias según test LSD de Fisher; letras diferentes mayúsculas muestran diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre fincas; letras griegas muestran diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre zonas.

TABLE 1. Means and estándar errors of the variables for the soil parameters in the fields Gamonital (GA) and Fuente de los Romeros (FR) in both studied areas (*good* and *bad*). For each variable, different low letters mean significant differences ($p \leq 0,05$) for the interaction of the means according to Fisher's LSD; different capital letters means significant differences ($p \leq 0,05$) between fields; different greek letters show significant differences ($p \leq 0,05$) between the areas.

Fuente de variación	Biomasa invernal			Biomasa primaveral		
	MS (kg ha ⁻¹)	PB (%)	DMO (%)	MS (kg ha ⁻¹)	PB (%)	DMO (%)
Año	*	**	***	***	*	**
2013	855,8±94,9b	16,6±2,5a	65,3±2,5b	3821,5±325,5a	8,7±0,1b	63,3±0,3a
2014	1146,0±145,9a	14,7±4,1b	71,9±2,2a	284,8±23,0c	8,5±0,4b	65,8±1,2a
2015	989,1±144,5ab	14,9±4,0b	71,9±2,2a	1642,9±148,2b	9,7±0,6a	60,2±0,4b
Finca	***	***				
GA	1305,3±124,0a	16,2±0,5a	70,1±0,6	1998,2±233,1	8,6±0,3	62,4±0,3
FR	688,6±74,5b	14,6±0,4b	69,3±1,3	1834,6±302,8	9,4±0,4	62,9±0,9
Zona	***		***	**		
Buena	1210,8±119,1a	15,3±0,5	71,4±0,7a	2493,9±336,5	8,9±0,4	63,4±0,9
Mala	783,2±94,0b	15,5±0,5	68,0±1,2b	1339,0±139,2	9,1±0,2	62,9±0,4
Fertilización	*					
Fertilizado	1098,8±120,2	15,9±0,5a	70,2±1,2	1915,8±253,5	8,8±0,4	63,7±0,9
No fertilizado	895,1±100,4	14,9±0,5b	69,3±0,8	1917,0±287,3	9,2±0,3	62,5±0,3
Media	996,9±78,6	15,4±0,3	69,7±0,7	1916,4±190,6	9,0±0,2	63,1±0,5

* significativo al 0,05; ** significativo al 0,01; *** significativo al 0,001

TABLA 2. Producción (kg MS ha⁻¹), proteína (%) y digestibilidad de materia orgánica (%) [MS, PB y DMO] (medias y error estándar) por zona, año, finca y fertilización en las muestras de pasto analizadas en invierno y primavera. Dentro de cada factor y parámetros, letras diferentes muestran diferencias significativas ($p \leq 0,05$) para las medias según test LSD de Fisher.

TABLE 2. Biomass yield (kg MS ha⁻¹), crude protein (%) and organic matter digestibility (%) [MS, PB and DMO] (means and standard errors) in both areas, years, fields and fertilization treatments in the analyzed samples in winter and spring. For each factor and parameter, different letters show significant differences ($p \leq 0,05$) for the means according to Fischer's LSD test.

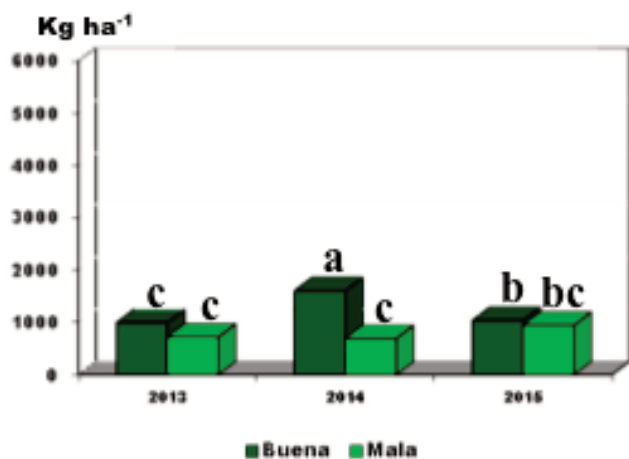


FIGURA 3. Efecto del año y la zona sobre la producción (kg MS ha⁻¹) invernal (izquierda) y primaveral (derecha). Letras diferentes muestran diferencias significativas entre las seis medias analizadas.

el pasto invernal (Tabla 2). Por su parte la fertilización aportada, sólo tuvo efecto en la variable proteína (PB) de la biomasa cosechada en invierno. La finca influyó en la MS y la PB del pasto invernal. El año de estudio mostró diferencias significativas para todos y cada uno de los parámetros estudiados en ambos momentos. Respecto al año, la menor producción invernal en el primer y tercer año, podrían deberse a un enero especialmente lluvioso en 2013 (más de 100 mm en el mes), donde el encharcamiento del suelo podría haber dificultado el desarrollo correcto de las plantas tras la parada invernal, y un diciembre de 2014 y enero de 2015 especialmente secos, donde la precipitación apenas sumó 30 mm (Figura 2).

El hecho de que el tratamiento fertilizante sólo tuviera influencia significativa en la calidad de la biomasa invernal podría deberse a la mayor disponibilidad del P en invierno, ya que con las primeras lluvias, el superfosfato de cal aplicado en superficie, se disuelve para entrar en el suelo, quedando a disposición momentánea de las plantas, para posteriormente desaparecer ese agua y el P quedar retenido en el complejo coloidal del suelo (Quelhas dos Santos, 2002) de manera que ya no esté fácilmente disponible para la planta. Eso explicaría la falta de efecto del tratamiento fertilizante sobre la biomasa primaveral. Estos resultados apoyan la teoría de la necesidad de una aplicación continuada de P durante varios años para observar el efecto en el pasto por el aumento en el suelo de este nutriente; dicha afirmación ya fue descrita por Santamaría *et al.* (2010) en su ensayo en suelos de dehesa deficitarios de P. En dicho ensayo, sólo en el 3^{er}-4^o año comenzaron a observarse diferencias significativas en biomasa. Los suelos donde se realizó el presente trabajo mostraron unos contenidos iniciales más bajos de P que los mostrados por dichos autores, y sólo tres años han sido estudiados, lo que podría indicar que en años posteriores podría observarse el deseado aumento de producción.

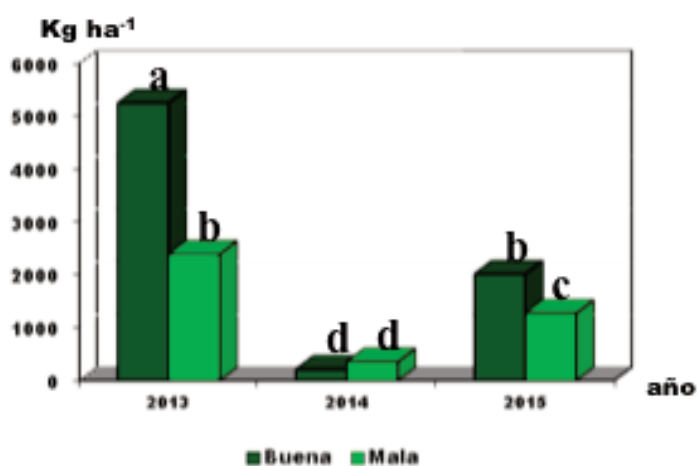


FIGURE 3. Year and area effect on winter (left) and spring (right) biomass production (kg DM ha⁻¹). Different letters show significant differences for the six studied means.

En los datos del presente trabajo, el año 2014 muestra mayor producción de MS en invierno y significativamente menor en primavera. Estas diferencias pueden explicarse debido al manejo del ganado de esa campaña, y no a la aplicación de fertilizante, ya que ese año, las altas lluvias acaecidas en invierno no permitieron al ganadero hacer el aprovechamiento en su momento justo, retrasándose éste y, por tanto, estando más avanzado el estado fenológico de las plantas, aportando una mayor biomasa invernal. Precisamente ese retraso y el hecho de aprovechar con el ciclo más avanzado, pudo comprometer el rebrote de algunas especies, no generando biomasa primaveral. Especialmente en gramíneas, hacer un aprovechamiento con el ciclo avanzado parece comprometer el rebrote y la producción de semillas (Llera *et al.*, 1997).

En lo referente a las interacciones entre factores para cada variable analizada, la MS mostró significación en la interacción año × zona (Figura 3), tanto para la biomasa invernal como para la cosechada en primavera. Para la invernal, sólo el segundo año (2014) mostró diferencias entre zonas, mientras que para la primaveral ese fue el único año del estudio que no mostró diferencias, deduciéndose por tanto que el año influye menos en la producción de las zonas en invierno y que su influencia sobre las zonas es mayor en primavera.

Aunque las producciones obtenidas en la mayoría de los casos se encuentran dentro del rango señalado por Martín Bellido (1996), entre 600 a 3500 kg MS ha⁻¹ año⁻¹, cuando hubo diferencias significativas, la MS de la zona *buena*, fue superior a la de la zona *mala*, tanto en invierno como en primavera, pudiendo llegar a duplicar la cantidad de biomasa producida (en 2014 en invierno y en 2015 en primavera). Obviamente, la mayor cantidad de nutrientes en suelo en la zona *buena* (K, N y P especialmente), su mayor profundidad (permitiendo un mayor desarrollo radicular) y su menor pendiente (mayor disponibilidad de agua al limitarse las pérdidas por escorrentía),

entre otras razones, posibilitan mayores crecimientos y la instauración de plantas más exigentes en nutrientes pero con mayor potencial productivo. Hay que destacar sin embargo, que no existió significación para la interacción zona \times fertilización, lo cual significaría que la respuesta del pasto al fósforo sería independiente de la calidad general del suelo de la zona. Es decir, que con una aportación prolongada de fósforo, la mejora podría aparecer en alguna de las zonas o en ambas. Lo que sí hay que plantearse es si la respuesta al fósforo compensa los gastos de su aplicación. En este caso en ambas fincas, la fertilización aportó más de 200 kg MS ha⁻¹ en la biomasa invernal, aunque los datos no fueron estadísticamente significativos. Como se ha indicado anteriormente, en una aportación prolongada de fósforo, podrían aparecer diferencias significativas, y esto puede ser interesante, ya que el precio de producir un kg extra de pasto puede estar cerca de 0,15 €, estando el precio del kg de paja alrededor de 0,1 €. La diferencia podría compensar, ya que el pasto es un alimento más completo que la paja en términos de energía.

En relación con la calidad del pasto obtenido, la interacción zona \times tratamiento fertilizante fue significativa en la PB en invierno. En la zona *mala*, aumentó con la aplicación de P, incrementándose el valor de 14,4% a 16,6%, no viéndose esa diferencia significativa entre las zonas *buenas* fertilizadas y no fertilizadas (15,5% y 15,2% respectivamente) (Tabla 3).

Fertilización	Zona	
	Buena	Mala
Fertilizado	15,5 \pm 0,81	16,6 \pm 0,52a
No fertilizado	15,2 \pm 0,58	14,4 \pm 0,68b

TABLA 3. Efecto de la zona y del tratamiento de fertilización sobre el contenido medio de proteína bruta (%) de la hierba de invierno. Letras diferentes muestran diferencias significativas ($p \leq 0,01$) para las medias según test LSD de Fisher.

TABLE 3. Effect of area and fertilization on the average crude protein content (%) of winter grass. Different letters show significant differences ($p \leq 0,01$) for the means according to Fisher's LSD test.

Respecto a la PB de la biomasa primaveral no se observaron diferencias significativas en la interacción zona \times tratamiento fertilizante, no obstante sí que se observó como el pasto fertilizado presentó significativamente una mayor proporción de leguminosas con respecto al pasto no fertilizado, alcanzándose casi el 30% de leguminosas en las primeras zonas y apenas superando el 20% en las segundas (Tabla 4), aunque este aumento no tuvo efecto para que apareciera una diferencia significativa en las zonas fertilizadas frente a las no fertilizadas. Esta respuesta positiva de la cantidad de leguminosas con la aplicación de P ya fue referida por Bellows *et al.* (2001), quienes indicaban un fomento de las leguminosas de un pasto natural gracias a la fertilización fosfórica. En un medio pobre en fósforo y en nitrógeno, está limitado el crecimiento de todos los grupos. Sin embargo, un aporte de fósforo claramente favo-

rece al grupo que es capaz de suministrarse su propio N gracias al *Rhizobium* de las raíces, es decir a las leguminosas. Esto es muy importante, ya que como se sabe que la biomasa de leguminosas presenta un contenido proteico mayor que el de otros grupos de plantas (Vázquez de Aldana *et al.*, 2000), el tratamiento continuado con P, podría conseguir la abundancia suficiente de leguminosas para que se incremente el contenido en PB de manera patente.

	% Leguminosas	% Gramíneas	% Otras familias
Zona			
Buena	29,8 \pm 3,6	42,2 \pm 3,7	38,8 \pm 3,1
Mala	20,9 \pm 2,3	39,0 \pm 2,9	27,8 \pm 3,1
Fertilización			
Fertilizado	29,3 \pm 3,4a	43,0 \pm 3,5	26,4 \pm 2,8b
No fertilizado	21,4 \pm 2,6b	38,2 \pm 3,1	40,3 \pm 2,6a

TABLA 4. Efecto de zona y del tratamiento de fertilización sobre la composición botánica del pasto. Letras diferentes muestran diferencias significativas ($p \leq 0,01$) para las medias según test LSD de Fisher.

TABLE 4. Effect of area and fertilization on the botanical composition of the pasture. Different letters show significant differences ($p \leq 0,01$) for the means according to Fisher's LSD test.

Finalmente, la DMO de la biomasa aprovechada en invierno mostró significación en la interacción triple año \times zona \times tratamiento fertilizante, (Figura 4).

En la Figura 4, se puede observar que el pasto de las zonas *malas*, la fertilización aumentó significativamente la DMO en el pasto invernal los años segundo y tercero del ensayo. Además se puede ver que la DMO el primer año de estudio fue significativamente mayor en las zonas *buenas* que en las

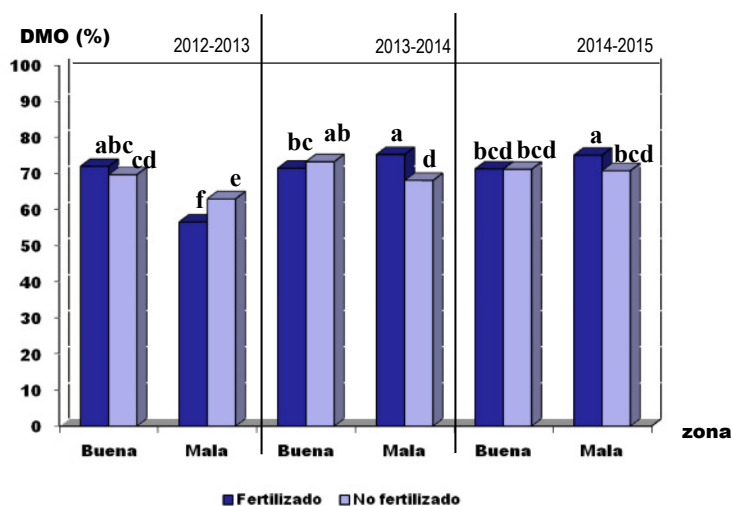


FIGURA 4. Digestibilidad de la materia orgánica (%) por zona y tratamiento fertilizante para cada año de estudio en el pasto invernal. Letras diferentes muestran diferencias significativas ($p \leq 0,001$) para las medias según test LSD de Fisher en la interacción triple.

FIGURE 4. Organic matter digestibility (%) in each area and fertilization treatment for each year in the winter biomass. Different letters show significant differences ($p \leq 0,01$) for the means according to Fisher's LSD test.

malas (Figura 4), debido probablemente a que la mayor profundidad provocó una mayor infiltración de agua, lo que supondría una reserva en el suelo y por tanto un alargamiento del ciclo de la planta, puesto que la falta de reserva de agua en zonas donde el suelo es más esquelético acelera la senescencia y acorta el ciclo vital (Malinowski *et al.*, 2003). Esto supondría que en el momento del aprovechamiento, las plantas de la zona buena estarían en un estadio de menor madurez de su ciclo vital, y existen estudios (Olea *et al.*, 2005) que han mostrado como según avanza el ciclo de la planta se reducen los valores de proteína y se aumentan los de fibra (reduciéndose por tanto los de DMO).

Como apunte final, y respecto a los datos de cobertura (datos no mostrados) y composición botánica, hay que destacar que de nuevo no se encontró, para ninguna de ellas, significación para la interacción zona \times tratamiento fertilizante, lo que de nuevo indica que hay efecto positivo sobre alguna de las variables analizadas en la zona *mala* tras la fertilización. Se informa además que la cobertura vegetal del suelo siempre superó el 73% (datos no mostrados) que Muñoz Robles *et al.* (2011) establecieron como umbral para la disminución de la erosión hídrica, y que el aumento de la proporción de leguminosas en las zonas fertilizadas se hizo en detrimento de las plantas pertenecientes a otras familias, quienes vieron disminuido su porcentaje de más del 40% a menos de 27% (Tabla 4), que aunque no tuvo un efecto significativo en la PB o la DMO, generalmente, la palatabilidad de estas especies es peor que la de gramíneas o leguminosas, y los animales las aprovechan peor. Finalmente, el porcentaje de gramíneas fue el único que no mostró diferencias significativas en lo referente a la fertilización, siendo el porcentaje de leguminosas, gramíneas y otras familias, igual estadísticamente en ambas zonas (*buena* y *mala*) en el estudio de las medias.

CONCLUSIONES

El hecho de que no aparezca significación para los datos de producción en la interacción zona \times fertilización y de que sí exista una respuesta positiva de la fertilización en la PB y DMO en la zona *mala*, indica que la mejora en las zonas consideradas por los ganaderos como *malas*, es posible a través de la fertilización fosfórica, ya que el porcentaje de leguminosas aumenta, disminuyendo el porcentaje de plantas pertenecientes a otras familias. Por tanto, la fertilización fosfórica durante los tres años de estudio, aunque no ha tenido grandes efectos en los pastos de las zonas buenas, sí que los ha tenido en los de las zonas malas (efectos cualitativos pero no cuantitativos). No obstante, en zonas de alta deficiencia en P en suelo, es necesaria la aplicación continuada de superfosfato de cal durante varios años (más de tres) para aumentar el contenido de P en el suelo y equilibrar las entradas y salidas del sistema; quizás así podrían verse efectos sobre la producción de materia seca y la calidad de los pastos de

forma más patente y en qué medida afecta la fertilización continuada a cada zona.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo ha sido realizado en el marco del proyecto de investigación de referencia PCJ1009 del programa Generación del Conocimiento del IV Plan Regional de I+D+i, cofinanciado por la Comunidad Autónoma de Extremadura y el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER). Los autores quieren agradecer a Javier Sánchez Llerena y Carlos García-Latorre Nieto su contribución a la redacción de este documento.

BIBLIOGRAFÍA

- ALMOGUERA, J. (2007) Modelo dehesa sobre las relaciones pastizal-encinar-ganado. Trabajo fin de carrera. Madrid, España: Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos.
- AMERICAN OIL CHEMISTS' SOCIETY (AOCS) Ba 6a-05 (2005).
- BARRADAS, A. (2009) Efecto de la mejora de pastos naturales en cuatro tipos de suelos mediterráneos. Tesis Doctoral. Badajoz, España: Universidad de Extremadura.
- BELLOWS, A. (2001) *Nutrient cycling in pastures*. California, EEUU: ATTRA.
- FERNÁNDEZ, P., LECHUGA, M.P., CARBONERO, M.D. Y BLÁZQUEZ, A. (2007) Efecto a largo plazo del pastoreo en las características químicas de un suelo arenoso de dehesa. En: Neiker (ed.) *Los sistemas forrajeros entre la Producción y el Paisaje*, pp. 721-727. Vitoria-Gasteiz, España: SEEP
- FERNÁNDEZ, P. Y PORRAS, C.J. (1998) *La dehesa. Algunos aspectos de la regeneración del arbolado*. Sevilla, España: Dirección General de Investigación y Formación Agraria, Servicio de Publicaciones y Divulgación.
- FUENTES YAGÜE, J. L. (1994) *El suelo y los fertilizantes*. Madrid, España: Ediciones Mundi-Prensa.
- GALLEGO, F.L., URBAN, F.P. Y GONZÁLEZ, L.G. (1995) Model of animal production integrated in the programme of rural tourism, in "La Serena" region (Extremadura, Spain). Évora, Portugal: FAO.
- GÓMEZ DE BARREDA, D. (2005) *Praticultura*. Valencia, España: Editorial de la UPV.
- GONZÁLEZ LÓPEZ, F. Y MAYA BLANCO, V. (2013) Los pastos y su importancia en la comunidad de Extremadura. Métodos de mejora. Badajoz, España: SEEP.
- HEJCMAN, M., KLAUDISOVA, M., STURSA, J., PAVLU, V., SCHELLBERG, J., HEJCMANOVA, P., HAKL, J., RAUCH, O. Y VACEK, S. (2007) Revisiting a 37 years abandoned fertilizer experiment on *Nardus* grassland in the Czech Republic. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 118, 231-236.

- JIMÉNEZ MOZO, J. Y MARTÍNEZ, T. (1980) Respuestas al calcio y molibdeno en pastos anuales basados en trébol subterráneo en la región extremeña. Badajoz, España: INIA-CRIDA.
- KLAUDISOVA, M., HEJCMAN, M. Y PAVLU, V. (2009) Long-term residual effect of short-term fertilizer application on Ca, N and P concentrations in grasses *Nardus stricta* L. and *Avenella flexuosa* L. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 85, 187-193.
- LLERA CID, F., PÉREZ ROJAS, F Y AYUSO MATEOS, A. (1997) Fertilización de triticale para forraje y grano. *Vida Rural*, 12, 42-43.
- MALINOWSKI, D.P., HOPKINS, A.A., PINCHAKA, W.E., SIJA, J.W. Y ANSLEY, R.J. (2003) Productivity and survival of defoliated wheatgrasses in the rolling plains of Texas. *Agronomy Journal*, 95 (3), 614-626
- MARTÍN BELLIDO, M. (1996) La Dehesa. *Agricultura*, 762, 44-49.
- MUÑOZ ROBLES, C., REID, N., TIGHE, N., BRIGGS, S.V. Y WILSON, B. (2011) Soil hydrological and erosional responses in areas of woody encroachment pasture and woodland in semi-arid Australia. *Journal of Arid Environments*, 75, 936-945.
- NESIC, Z., TOMIC, Z., VUCKOVIC, S. Y ZUJOVIC, M. (2006) Yield and botanical composition of pure alfalfa and alfalfa-orchardgrass mixtures at different levels of nitrogen. *Grassland Science in Europe*, 11, 273-275.
- OLEA, L., COLETO, L., LÓPEZ BELLIDO, R., VIGUERA, J., FERRERA, E. Y POBLACIONES, M.J. (2003) Efecto de la aplicación de yeso y fósforo en los pastos mejorados sobre suelos de rañas y rañizos de la Siberia Extremeña (Badajoz). En: Robles Cruz *et al.* (eds) *Pastos, desarrollo y conservación*, pp. 167-172. Granada, España: SEEP.
- OLEA L., LÓPEZ-BELLIDO R.J. Y POBLACIONES, M.J. (2005) Europe types of silvopastoral systems in the Mediterranean area: Dehesa. En: Mosquera-Losada M. (ed) *Silvopastoralism and Sustainable Land Management*, pp. 30-35. Oxfordshire, Reino Unido: CABI Publishing.
- OLEA, L., PAREDES, J. Y VERDASCO, M.P. (1989) Características productivas de los pastos de la dehesa del S.O. de la Península Ibérica. En: Olea *et al.* (eds) *II Reunión de pastos y forrajes. Pastos, forrajes y producción animal en condiciones extensivas*, pp. 147-172. Badajoz, España: SEEP.
- OLEA, L., POBLACIONES, M.J. Y VIGUERA, J. (2004) Distribución de la oferta de bellota (cantidad y calidad) de encinas (*Quercus ilex* Lam. Ssp. Ballota) en montanera en dehesas del S.O. de Extremadura. En: García Criado *et al.* (eds.) *Pastos y ganadería extensiva*, pp. 751-756. Salamanca, España: SEEP.
- OLEA, L. Y SAN MIGUEL-AYANZ, A. (2006). The Spanish dehesa. A traditional Mediterranean silvopastoral system linking production and nature conservation. En: Olea *et al.*, (eds.) *21st General Meeting of the European Grassland Federation*. Badajoz, Spain: EDGG.
- OLSEN, S.R., COLE, C.V., WATANABLE, F.S. Y DEAN, L.A. (1954) *Estimation of available phosphorus in soil by extraction with sodium bicarbonate*. Washington, USA: U.S. Department of Agriculture.
- QUELHAS DOS SANTOS, J. (2002) *Fertilização. Fundamentos da utilização dos adubos e correctivos*. Lisboa, Portugal: Pub. Europa-América.
- SANTAMARÍA, O., POBLACIONES, M.J., OLEA, L., RODRIGO, S., GUERRA, J., VIGUERA, F.J. Y GARCÍA-WHITE, T. (2010) Influencia del aporte durante cuatro años consecutivos de fósforo, potasio y otros nutrientes sobre la producción, composición botánica y calidad de pasto de dehesa. En: López Carrasco *et al.* (eds.) *Pastos, paisajes culturales entre tradición y nuevos paradigmas del S XXI*, pp. 361-367. Toledo, España: SEEP.
- SERRANO, J., PEÇA, J., MARQUES, J., SHAHIDIAN, S. Y CARVALHO, M. (2011) Phosphorus dynamics in permanent pastures: differential fertilizing and the animal effect. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 90, 63-74.
- VÁZQUEZ DE ALDANA, B., GARCÍA CIUDAD, A., PÉREZ CORONA, M. Y GARCÍA CRIADO, B. (2000) Pastos de dehesa: calidad nutritiva. En: Chocarro *et al.* (eds.) *Producción de pastos, forrajes y céspedes*, pp. 463-468. Lérida, España: SEEP.
- VIGUERA, F.J., SANTAMARÍA, O., POBLACIONES, M.J., OLEA, L., FERRERA, M.E. (2007) Calidad nutritiva de los pastos de dehesa en el sur-oeste de Extremadura. En: Neiker (ed.) *Los sistemas forrajeros entre la Producción y el Paisaje*. Pp. 521-526. Vitoria-Gasteiz, España: SEEP.
- WALKLEY, A. Y BLACK, I.A. (1934) An examination of the Deytareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chemic acid titration method. *Soil Science*, 3, 29-38.



EFECTO DEL ABANDONO DEL PASTOREO SOBRE LA SALUD DE LOS ECOSISTEMAS PASCÍCOLAS

Mikel Anza Hortalá¹, Lur Epelde Sierra¹, Iker Mijangos Amezaga¹, Nerea Mandaluniz Astigarraga², Roberto Ruiz Santos² y Carlos Garbisu Crespo^{1*}

¹ NEIKER-Tecnalia. Grupo de Ecología Microbiana de Suelos. Departamento de Conservación de Recursos Naturales. E-48160 Derio (España)

² NEIKER-Tecnalia. Departamento de Producción Animal. E-01139 Granja Modelo de Arkaute (España)

EFFECTS OF GRAZING ABANDONMENT ON THE HEALTH OF PASTURE ECOSYSTEMS

Historial del artículo:

Recibido: 09/10/15

Revisado: 10/12/15

Aceptado: 22/07/16

Disponible online: 14/11/2016

* Autor para correspondencia:

cgarbisu@neiker.eus

ISSN: 2340-1672

Disponible en: <http://polired.upm.es/index.php/pastos>

Palabras clave:

Calidad del suelo, comunidades microbianas, exclusión de pastoreo.

Keywords:

Soil quality, microbial communities, grazing exclusion.

RESUMEN

La disminución de la actividad pastoral en zonas de fuerte tradición ganadera provoca cambios no sólo a nivel superficial (comunidades vegetales) sino también a nivel subterráneo (propiedades fisicoquímicas y biológicas del suelo). El objetivo principal de este estudio fue la evaluación del efecto del abandono del pastoreo sobre la salud de los ecosistemas pascícolas, con especial interés en su soporte edáfico. Para ello, se establecieron tres cierres (exclusiones al pastoreo) en la Finca Experimental de NEIKER-Tecnalia (Arkaute, Álava) donde tradicionalmente pasta un rebaño de ovejas de raza latxa. Tras año y medio de exclusión, se realizaron medidas de campo y se recogieron muestras para su posterior análisis en el laboratorio para obtener información sobre el estado de las comunidades vegetales y sobre la actividad, biomasa y diversidad de las comunidades edáficas. En el periodo de tiempo estudiado, la diversidad vegetal de los pastos no mostró variación entre las zonas pastoreadas y las zonas de exclusión. Por el contrario, en las zonas excluidas al pastoreo, la diversidad de macrofauna fue significativamente mayor que en las zonas pastadas por las ovejas. El resto de parámetros físicos y microbianos analizados también parecieron seguir esta tendencia positiva, si bien las diferencias no fueron estadísticamente significativas debido a la variabilidad entre muestras. Esto pone de manifiesto la necesidad de incrementar el número de réplicas en este tipo de estudios de campo, siendo como es el suelo un sistema altamente heterogéneo.

ABSTRACT

The decline in pastoral activity in areas with long lasting livestock raising tradition leads to changes not only at the surface level (plant communities) but also at the belowground level (physicochemical and biological soil properties). The main objective of this study was to evaluate the effect of grazing abandonment on the health of pasture ecosystems, with special emphasis on the soil ecosystem. To this purpose, three grazing exclusion areas were established in Neiker-Tecnalia Experimental Farm (Arkaute, Alava) where traditionally a flock of sheep (latxa breed) graze. After one and a half years, field measurements were performed and samples were taken to the laboratory to obtain information about the status of plant communities and the activity, biomass and diversity of soil communities. In the study period, plant diversity of pastures showed no variation in grazed areas versus exclusion areas. By contrast, in the grazing exclusion areas, macrofauna diversity was significantly higher than in areas grazed by sheep. The remaining physical and microbial parameters also appeared to follow this positive trend, although differences were not statistically significant due to the high variability between samples. This highlights the need to increase the number of replicates in this type of field experiments, since the soil ecosystem is highly heterogeneous.

INTRODUCCIÓN

Los pastos, entendidos como recurso vegetal que sirve de alimento al ganado, ya sean naturales o bien favorecidos por la acción del hombre, forman parte de nuestro paisaje desde tiempos inmemoriales. De hecho, la actividad pastoral desarrollada por nuestros antepasados ha favorecido la presencia de estos hábitats cuyo valor económico es, sin duda, de gran relevancia en el entorno rural. Asimismo, poseen un valor ecológico y paisajístico incalculable como se deriva del hecho que constituyen ecosistemas de gran complejidad que, a su vez, conforman hábitats específicos para un sinnúmero de especies animales y vegetales, y presentan una elevada diversidad botánica y paisajística.

Hoy en día los pastos de valle y de montaña se siguen explotando bien sea directamente a través del pastoreo o mediante su siega y producción de forraje conservado (tanto henificado como ensilado) que servirá de alimento en la época invernal. Sin embargo, por diversas razones (pérdida de rentabilidad de las explotaciones, cambios culturales, abandono de núcleos rurales), la actividad pastoral está disminuyendo en muchas partes del territorio (European Environmental Agency, 1999; Pe'er *et al.*, 2014) sin que haya previsiones de cambio (Rounsevell *et al.*, 2006). Este hecho indudablemente provocará cambios significativos en los ecosistemas pascícolas, no sólo a nivel superficial sino también a nivel subterráneo, siendo ambos niveles responsables de la salud global del ecosistema.

Sabido es que el cese del pastoreo puede conllevar una cierta pérdida de biodiversidad vegetal, en algunos casos asociada a la proliferación de arbustos (Mandaluniz *et al.*, 2007; Montalvo *et al.*, 1993; Xiong *et al.*, 2014). Generalmente estos cambios han sido estudiados desde el punto de vista de la vegetación, pero existen todavía pocos estudios sobre los cambios producidos a nivel de las comunidades microbianas edáficas (Smith *et al.*, 2003). El pastoreo, además de afectar a la estructura y al funcionamiento de la parte aérea de las comunidades vegetales, también influye sobre el desarrollo de sus partes subterráneas (Xiong *et al.*, 2014). Así, se sabe que en los pastos con alta intensidad de pastoreo la mayor parte de la biomasa radicular se encuentra en las capas de suelo más superficiales, alterándose también la producción de exudados radiculares (Rodríguez *et al.*, 1995). En este sentido, cabe mencionar que la dinámica de las comunidades microbianas edáficas está directamente influenciada por la cantidad y calidad de compuestos de origen vegetal, e indirectamente por el pastoreo (Bardgett *et al.*, 1997).

Pero no todos los suelos sobre los que se asientan los pastos son iguales. El suelo, un componente fundamental de la biosfera terrestre, de carácter multifuncional y, a nuestra escala, no renovable, es producto de la alteración superficial del material geológico subyacente a lo largo de extensos periodos de

tiempo bajo la acción combinada del clima, la topografía y los organismos vivos (Larson y Pierce, 1994). Además de suponer un medio de crecimiento para las plantas y hábitat para numerosas especies animales, el suelo alberga una gran variedad de microorganismos que son los responsables del 80-90% de su actividad biológica (Reichle, 1997). Esta actividad biológica es responsable de procesos tan importantes como la descomposición y reciclaje de nutrientes, la fijación de nitrógeno y carbono, el mantenimiento de la estructura del suelo, etc.

En relación a los pastos, la actividad microbiana influye en su productividad, ya que son la base de la cadena detritívora y, por tanto, creadores de la principal fuente de nutrientes para las plantas (Bardgett *et al.*, 1997). La actividad microbiológica se encuentra concentrada en la parte superior de los suelos, desde la superficie hasta unos 30 cm de profundidad (Pankhurst *et al.*, 1997) y puede ser estimada mediante el uso de indicadores biológicos (incluidos parámetros relacionados con la biomasa y la diversidad tanto estructural como funcional) y se considera que es un buen síntoma del estado de salud del suelo. Con este enfoque no muy frecuente en los estudios de pastos, el objetivo principal de este trabajo fue la evaluación del efecto del abandono del pastoreo sobre la salud de los ecosistemas pascícolas, para lo cual se analizaron sus niveles de biomasa, diversidad y actividad biológicas, tanto a nivel superficial (vegetación) como a nivel subterráneo (biota edáfica).

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El ensayo se realizó en las parcelas de la Finca Experimental de NEIKER-Tecnalia situada en la localidad de Arkaute (Araba). En un análisis previo de la composición florística de las parcelas se identificaron en total 34 especies vegetales, siendo las gramíneas predominantes *Lolium multiflorum*, *L. perenne*, *L. hybridum* y la leguminosa predominante *Trifolium repens* (Mandaluniz *et al.*, 2014). El promedio de producción de pasto fue de 8,3 t ha⁻¹ de peso seco, mientras que la carga ganadera anual aproximada fue de 2 unidades de ganado mayor por hectárea, con dos épocas de pastoreo que se corresponden con los picos de producción de hierba (primavera y otoño).

En septiembre de 2013, después del periodo de pastoreo de primavera (finales de marzo - finales de junio), y antes del periodo de pastoreo de otoño (mediados septiembre - mediados diciembre) se establecieron 3 cierres de exclusión de pastoreo de 9 m² donde se impidió el acceso al ganado ovino (oveja latxa) que regularmente pasta en la citada Finca. Las parcelas pastadas (3 parcelas de 1,5 ha cada una) se manejaron con un rebaño de 150 ovejas adultas a lo largo de todo el año, con periodos de descanso como la invernada (enero-marzo) y la parada vegetativa del verano (julio-septiembre).



© Nerea Mandaritz

Evaluación de la salud del suelo en una de las parcelas de la Finca Experimental de Neiker-Tecnalia en Arkaute.

Evaluation of soil health in a plot of the Neiker-Tecnalia Experimental Farm in Arkaute.

Mediciones de campo

El muestreo de campo se llevó a cabo el 16 de marzo de 2015, antes del comienzo del pastoreo de primavera, y días después de las últimas lluvias, para asegurar la estabilidad del sistema edáfico y la representatividad de los resultados. La recogida de datos y muestras se realizó tanto en las zonas pastadas por los animales como en las exclusiones, donde no hubo presencia de ganado durante un año y medio consecutivo. Las zonas pastadas se analizaron a escasos metros de los cierres en una superficie similar. Se tomaron muestras de suelo de los primeros 30 cm con la ayuda de un sonda, así como una serie de medidas *in situ* tanto de suelo como de vegetación: estimación visual del porcentaje de suelo desnudo, compactación (profundidad de raíces y penetrabilidad), capacidad de infiltración, diversidad de macrofauna, abundancia de lombrices, emisiones de CO₂ y diversidad botánica.

La resistencia a la penetración en los primeros 75 cm se determinó mediante un penetrómetro digital (Rimik CP40II) que registró centímetro a centímetro la presión (MPa) que deben ejercer las raíces para profundizar en esos suelos,

dándonos una idea de su compactación. Alrededor de cada punto de muestreo se realizaron 3 inserciones a partir de las cuales se calculó el promedio. Posteriormente, se procedió a determinar la capacidad de infiltración que, además de estar relacionada con la capacidad del suelo para aprovechar el agua de lluvia, indica el riesgo de erosión por escorrentía superficial durante episodios lluviosos. Para ello, añadiendo 230 ml de agua sobre un cilindro de acero galvanizado de 10 cm de diámetro, se realizaron dos simulaciones por parcela de lluvia fuerte-muy fuerte (según la Agencia Española de Meteorología, 30 L m⁻² hora⁻¹), anotando el tiempo de infiltración necesario.

Con la ayuda de una pala plana se extrajo un cubo de 25 cm x 25 cm, y 30 cm de profundidad que se desmenuzó a mano para observar los organismos mayores de 1 mm presentes en la muestra, determinando de esta manera tanto la diversidad de macrofauna como la abundancia de lombrices.

También se determinaron *in situ* las emisiones de CO₂ mediante un aparato portátil IRGA (EGM-4, de PP Systems^R con cámara SRC-1) realizándose 3 mediciones para obtener un valor promedio de cada punto de muestreo.

La diversidad florística se determinó en cuadrados de 50 cm x 50 cm subdivididos a su vez en 49 sub-cuadrados, en los que se registraron las especies botánicas presentes. A partir de las frecuencias obtenidas, se calcularon la riqueza de especies (S) y el índice de diversidad de Shannon (H') según la siguiente fórmula: $H' = -\sum p_i \log_{10}(p_i)$, donde p_i es la proporción de especies relativa al número total de especies.

Análisis de laboratorio

Las muestras recogidas en el día de campo se llevaron al laboratorio de edafología donde analizaron los siguientes parámetros microbianos edáficos: actividad microbiana (actividades enzimáticas y respiración basal), abundancia microbiana (respiración inducida por sustrato), diversidad funcional bacteriana (mediante placas EcoBiolog™), diversidad genética de hongos y bacterias (por PCR-DGGE). El pH, N total, P Olsen, K⁺ extraíble, Mg²⁺, carbonatos, textura, capacidad de intercambio catiónico y contenido en materia orgánica se midieron siguiendo metodología estándar (MAPA, 1994).

Las actividades β-glucosidasa, arilsulfatasa, fosfatasa ácida y deshidrogenasa se determinaron siguiendo los métodos modificados de Dick *et al.* (1996) y Taylor *et al.* (2002) según descrito en Epelde *et al.* (2009).

La respiración basal se determinó valorando la cantidad de CO₂ producida por una cantidad de suelo (30 g) en frascos herméticos durante 72 horas a 30 °C según la norma ISO 16072 (ISO, 2002a). Posteriormente, se añadieron 80 g de glucosa, 13 g de diamonio sulfato y 2 g de potasio di-hidrógeno fosfato (1 g de mezcla por cada 100 g de suelo) para la determinación de la respiración inducida por sustrato según la norma ISO 17155 (ISO, 2002b). La respiración inducida por sustrato es una medida indirecta de biomasa (abundancia) microbiana potencialmente activa; en concreto de biomasa microbiana potencialmente viable con capacidad para responder en un breve periodo de tiempo a la adición de una fuente de carbono fácilmente degradable. Análogamente, se determinó la producción de CO₂ transcurridas seis horas de incubación a 30 °C.

La diversidad funcional bacteriana se determinó mediante las placas EcoBiolog™ contando el número de sustratos utilizados por las comunidades bacterianas heterótrofas cultivables del suelo, siendo este parámetro un indicador de riqueza catábica-funcional (Epelde *et al.*, 2008). El cociente metabólico (qCO₂) se calculó dividiendo la respiración basal por la respiración inducida por sustrato.

La diversidad de hongos y bacterias mediante PCR-DGGE nos proporciona información sobre el número de taxones dominantes presentes en el suelo, a partir del número de bandas de DNA detectadas tras extraer el material genético del suelo (Kit MoBio™), amplificarlo mediante PCR con *primers* (o iniciadores) fúngicos y bacterianos (18S y 16S rRNA,

respectivamente) y separarlo mediante la técnica DGGE, según el procedimiento descrito por Mijangos *et al.* (2009).

Tratamiento de datos

Para la comparación estadística de todos los parámetros monitorizados tanto en campo como en laboratorio, se realizaron t-Student pareadas con el programa informático StatView (p<0,05). Previamente se comprobó la homogeneidad de las varianzas mediante el test de Levene.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A nivel superficial, en ninguno de los parámetros relacionados con la vegetación se observaron diferencias estadísticamente significativas (Tabla 1, Figura 1). Así, la diversidad de los pastos no varió significativamente en el periodo estudiado entre las parcelas pastoreadas y las zonas de exclusión. Es conocido que el abandono del pastoreo puede provocar cambios en la composición tanto herbácea como arbustiva

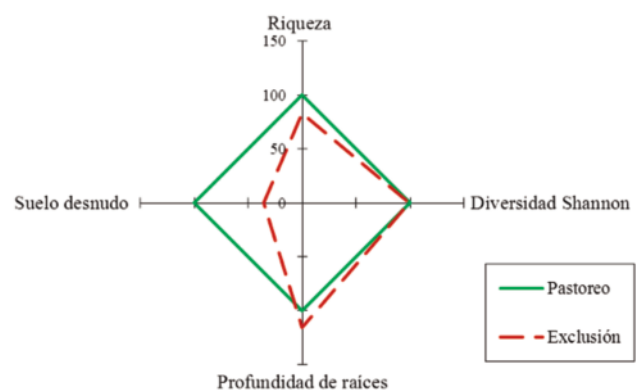


FIGURA 1. Diagrama radial de resultados relacionados con la vegetación en las parcelas bajo pastoreo y exclusión (promedios de n = 3). Los diferentes parámetros han sido estandarizados considerando el promedio del tratamiento pastoreado como el 100%.

FIGURE 1. Radial diagram of the results related to vegetation in grazed and excluded plots (n = 3). The different parameters have been standardized considering the average of the grazed treatment as 100%.

		Pastoreo	Exclusión	
Riqueza	(nº especies)	14 ± 0	12 ± 3	ns
Diversidad Shannon	(decits)	1,5 ± 0,2	1,5 ± 0,4	ns
Profundidad de raíces	(cm)	11 ± 1	12 ± 2	ns
Suelo desnudo	(%)	10,3 ± 7,8	3,7 ± 1,9	ns

TABLA 1. Resultados relacionados con la vegetación en las parcelas bajo pastoreo y exclusión (n = 3, promedio ± desviación estándar de la media). "ns" representa la ausencia de diferencias estadísticamente significativas a P<0,05 según el test t de Student.

TABLE 1. Results related to vegetation in grazed and excluded plots (n = 3, mean ± standard deviation of the mean). "ns" represents not statistically significant differences at P<0.05 according to the Student's t test.



Exclusión al pastoreo mediante un cierre metálico de 3x3 metros.

Grazing exclusion by means of a metal enclosure of 3x3 meters.

de las comunidades vegetales (Aldezabal *et al.*, 2015; Mandaluniz *et al.*, 2007), pero éstos son dependientes del tipo de suelo, su contenido en nutrientes, la diversidad y productividad de las comunidades vegetales, y aspectos relacionados con el ganado, como el tamaño y la intensidad del pastoreo (Bakker *et al.*, 2006; Ren *et al.*, 2012). En estudios anteriores sobre prados de valle atlánticos sí se observaron diferencias entre zonas pastoreadas y zonas excluidas durante dos años, tanto en la cobertura de las especies como en los grupos funcionales (Mijangos, 2015), siendo notable la disminución de la cobertura de especies de alto valor forrajero como *Agrostis capillaris* L. por la competencia con especies de mayor porte como *Holcus lanatus* L., que aumentaron su cobertura en los cierres. En trabajos localizados en zonas de montaña próximas como el Parque Natural de Aralar (Gipuzkoa), tras cinco años de exclusión, la abundancia relativa de las especies correspondientes a las familias *Poaceae* y *Cyperaceae* aumentó, disminuyendo la correspondiente a las *Fabaceae* (Aldezabal *et al.*, 2015). En otro trabajo realizado en el Parque Natural de Gorbeia (Bizkaia y Alava), tras tres años de exclusión, se observó que el abandono del

		Pastoreo	Exclusión	
Fosfatasa ácida	(mg p-nitrofenol kg ⁻¹ h ⁻¹)	348 ± 72	371 ± 58	ns
β-glucosidasa	(mg p-nitrofenol kg ⁻¹ h ⁻¹)	250 ± 35	267 ± 41	ns
Arielsulfatasa	(mg p-nitrofenol kg ⁻¹ h ⁻¹)	217 ± 29	243 ± 54	ns
Deshidrogenasa	(mg INTF kg ⁻¹ h ⁻¹)	59 ± 13	60 ± 9	ns
Emisiones de CO ₂	(g CO ₂ m ⁻² h ⁻¹)	0,31 ± 0,14	0,33 ± 0,04	ns
Respiración basal	(mg C kg ⁻¹ PS h ⁻¹)	1,0 ± 0,2	1,1 ± 0,1	ns
Respiración inducida por sustrato	(mg C kg ⁻¹ PS h ⁻¹)	3,9 ± 2,0	5,4 ± 0,2	ns
qCO ₂		0,30 ± 0,12	0,20 ± 0,02	ns
NUS en placas EcoBiolog™		23 ± 2	22 ± 1	ns
AWCD en placas EcoBiolog™		0,92 ± 0,06	0,77 ± 0,14	ns
Número de bandas de hongos en DGGE		4,3 ± 2,5	3,0 ± 1,4	ns
Número de bandas de bacterias en DGGE		7,0 ± 3,7	14,7 ± 1,9	ns
Macrofauna	(tipos 0,1 m ⁻²)	3,0 ± 0,8	6,0 ± 0,8	*
Lombrices	(número m ⁻²)	12 ± 6	23 ± 16	ns

TABLA 3. Resultados de propiedades biológicas del suelo en las parcelas bajo pastoreo y exclusión (n = 3, promedio ± desviación estándar de la media). * y "ns" representan presencia y ausencia de diferencias estadísticamente significativas a P<0,05, respectivamente, según el test t de Student.

		Pastoreo	Exclusión	
Humedad	(%)	18 ± 1	20 ± 1	ns
Compactación	(MPa)	1504 ± 139	1376 ± 149	ns
Infiltrabilidad	(min)	60 ± 12	33 ± 19	ns
Arena	(%)	35 ± 3	37 ± 6	ns
Limo	(%)	34 ± 4	33 ± 5	ns
Arcilla	(%)	31 ± 2	30 ± 1	ns
pH		8,2 ± 0,1	8,2 ± 0,1	ns
Carbonatos	(%)	23 ± 13	21 ± 9	ns
Caliza	(%)	9,3 ± 6,1	7,2 ± 2,8	ns
Materia orgánica	(%)	4,5 ± 0,7	4,5 ± 0,1	ns
Nitrógeno total	(%)	0,33 ± 0,04	0,35 ± 0,02	ns
Relación C/N		8,0 ± 0,5	7,4 ± 0,6	ns
Fósforo Olsen	(mg kg ⁻¹)	41 ± 12	45 ± 6	ns
Potasio extraíble	(mg kg ⁻¹)	350 ± 68	342 ± 38	ns
Calcio	(meq 100 g ⁻¹)	32 ± 3	32 ± 1	ns
Magnesio	(meq 100 g ⁻¹)	1,1 ± 0,2	1,2 ± 0,3	ns
Capacidad de intercambio catiónico	(meq 100 g ⁻¹)	24 ± 4	25 ± 2	ns

TABLA 2. Resultados de propiedades físico-químicas del suelo en las parcelas bajo pastoreo y exclusión (n = 3, promedio ± desviación estándar de la media). "ns" representa la ausencia de diferencias estadísticamente significativas a P<0,05 según el test t de Student.

TABLE 2. Results related to soil physicochemical properties in grazed and excluded plots (n = 3, mean ± standard deviation of the mean). "ns" represents not statistically significant differences at P<0.05 according to the Student's t test.

pastoreo modifica tanto la estructura herbácea como arbustiva del pasto, con incrementos significativos de la biomasa herbácea y de la materia muerta, así como de la cobertura y biomasa arbustiva (Mandaluniz *et al.*, 2007).

En relación al efecto de las exclusiones sobre el porcentaje de suelo desnudo, la alta variabilidad detectada en las parcelas pastadas por las ovejas en este estudio (con zonas de alta cobertura vegetal y otras llegando a un 20% de suelo desnudo) no permitió establecer diferencias estadísticamente significativas con respecto a las zonas excluidas del pastoreo, a pesar de triplicar prácticamente el porcentaje de suelo desprovisto de vegetación de estas últimas (10,3% vs. 3,7%; Tabla 1). En aquellas manchas más desprovistas de hierba, las

	Pastoreo	Exclusión	
Fosfatasa ácida	348 ± 72	371 ± 58	ns
β-glucosidasa	250 ± 35	267 ± 41	ns
Arielsulfatasa	217 ± 29	243 ± 54	ns
Deshidrogenasa	59 ± 13	60 ± 9	ns
Emisiones de CO ₂	0,31 ± 0,14	0,33 ± 0,04	ns
Respiración basal	1,0 ± 0,2	1,1 ± 0,1	ns
Respiración inducida por sustrato	3,9 ± 2,0	5,4 ± 0,2	ns
qCO ₂	0,30 ± 0,12	0,20 ± 0,02	ns
NUS en placas EcoBiolog™	23 ± 2	22 ± 1	ns
AWCD en placas EcoBiolog™	0,92 ± 0,06	0,77 ± 0,14	ns
Número de bandas de hongos en DGGE	4,3 ± 2,5	3,0 ± 1,4	ns
Número de bandas de bacterias en DGGE	7,0 ± 3,7	14,7 ± 1,9	ns
Macrofauna	3,0 ± 0,8	6,0 ± 0,8	*
Lombrices	12 ± 6	23 ± 16	ns

TABLA 3. Results related to soil biological properties in grazed and excluded plots (n = 3, mean ± standard deviation of the mean). * and "ns" represent presence and absence of statistically significant differences at P<0.05 according to the Student's t test.

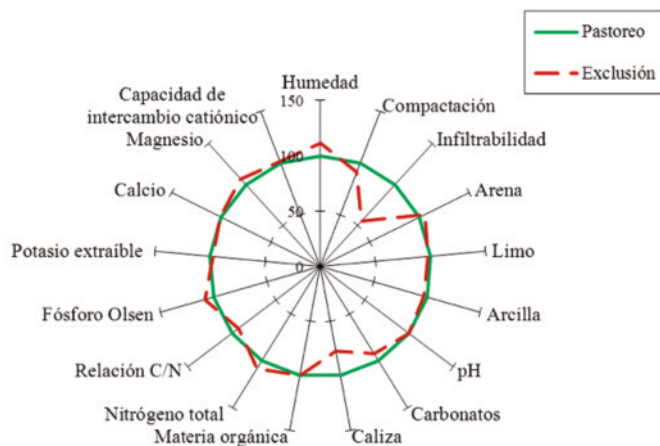


FIGURA 2. Diagrama radial de resultados de propiedades físico-químicas del suelo en las parcelas bajo pastoreo y exclusión (promedios de $n = 3$). Los diferentes parámetros han sido estandarizados considerando el promedio del tratamiento pastoreado como el 100%.

FIGURE 2. Radial diagram of the results related to soil physico-chemical parameters in grazed and excluded plots ($n = 3$). The different parameters have been standardized considering the average of the grazed treatment as 100%.

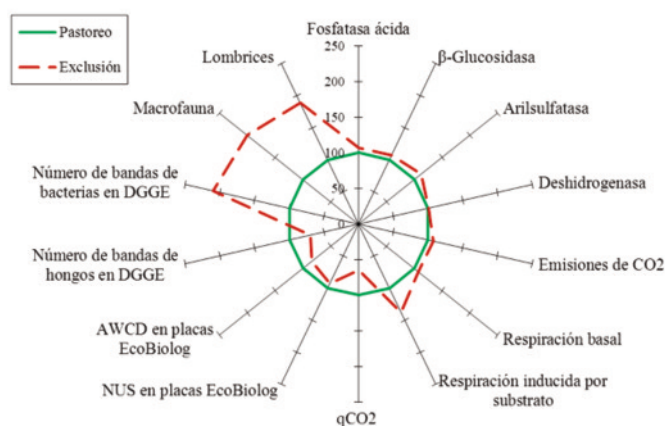


FIGURA 3. Diagrama radial de resultados de propiedades biológicas del suelo en las parcelas bajo pastoreo y exclusión (promedios de $n = 3$). Los diferentes parámetros han sido estandarizados considerando el promedio del tratamiento pastoreado como el 100%.

FIGURE 3. Radial diagram of the results related to soil biological properties in grazed and excluded plots ($n = 3$). The different parameters have been standardized considering the average of the grazed treatment as 100%.

comunidades microbianas pueden verse modificadas de manera significativa. Entre otros factores, las plantas excretan exudados radiculares que favorecen la presencia y actividad de los microorganismos. Por ello, situaciones de sobrepastoreo que provoquen un aumento notable en el porcentaje de suelo desnudo pueden conducir, a su vez, a una pérdida de la salud del suelo.

En este caso, bajo ambos tratamientos, las raíces consiguieron profundizar 11-12 cm (Tabla 1), siendo esta profundidad donde se concentra la mayor actividad de los microorganismos

(Reichle, 1997). El aumento de la compactación del suelo producido por un hipotético sobrepastoreo no sólo habría afectado al desarrollo radicular, sino también al flujo de agua y gases necesarios para la biota edáfica (Chaieb *et al.*, 1996; Fernández *et al.*, 2011). En este caso, los valores de compactación obtenidos bajo ambos tratamientos fueron similares y estaban por debajo de los niveles considerados limitantes del desarrollo radicular (Vepraskas, 1994), si bien es cierto que los suelos pastoreados necesitaban prácticamente el doble de tiempo para infiltrar el agua de lluvia (60 minutos, indicando una capacidad de infiltración regular-mala según las TSA; Mijangos *et al.*, 2016) (Ver Tabla 2).

En este contexto, es vital el papel que desempeña la macrofauna edáfica (especialmente, las lombrices) para crear una red de galerías y macroporos que faciliten el tránsito de gases y agua en el suelo, limitando los riesgos de escorrentía superficial y erosión en zonas húmedas y/o de pendientes pronunciadas. Tras dos años de estudio, encontramos un mayor número de tipos de macrofauna en las exclusiones (Tabla 3): coleópteros, isópodos, miriápodos, gasterópodos, larvas de insectos y otros organismos mayores de 1 mm pudieron desplazarse a estas parcelas en busca del refugio y alimento que les proporcionaba el material vegetal acumulado en la superficie. La abundancia promedio de lombrices, aun siendo muy variable, también es el doble allí, y todo esto parece empezar a reflejarse en términos de infiltrabilidad como hemos comentado anteriormente. Además, al ser la vegetación supuestamente más alta es de suponer que en el suelo la temperatura fluctuase menos y la humedad se mantuviera más constante, favoreciendo la reproducción de estos organismos.

A nivel químico, no se observaron diferencias entre suelos estudiados (Tabla 2, Figura 2). Siendo la textura de los suelos franco-arcillosa en ambas parcelas podría esperarse que aumentara progresivamente el carbono orgánico de los suelos excluidos, así como el nitrógeno total asociado a dicha materia orgánica, proveniente de los detritus vegetales (Xiong *et al.*, 2014). Por el contrario, otros estudios indican un aumento de las entradas de C al suelo en los suelos pastoreados, donde las plantas parecen defenderse del herbivorismo trasladando sus reservas a las raíces (Chaieb *et al.*, 1996). De hecho, en un trabajo anterior en el Parque Natural de Aralar tampoco registramos un aumento en el carbono orgánico, incluso tras cinco años de exclusión (Aldezabal *et al.*, 2015). En cuanto a las salidas de C del suelo en forma de emisiones de CO_2 , se deben tanto a la respiración de las raíces como de los microorganismos (respiración basal) y fueron prácticamente iguales bajo ambos tratamientos (Tabla 3). Sin embargo, la respiración inducida por sustrato (medida indirecta de la biomasa microbiana presente en el suelo) fue un 38% superior en las exclusiones (Tabla 3), a pesar de que (de nuevo) la diferencia entre réplicas no permita establecer diferencias estadísticamente significativas. Es decir, los suelos

excluidos parecieron ser capaces de albergar una mayor biomasa microbiana que, sin embargo, no incrementó las pérdidas de C vía respiratoria, provocándose un descenso de la respiración por unidad de biomasa o cociente metabólico global (qCO_2). Esta sería una evolución esperable en ecosistemas sanos que a medida que maduran van optimizando los flujos de C y energía, mientras que las alteraciones externas tienden a estresar el sistema y con ello incrementar su qCO_2 (Anderson y Domsch, 1990).

Por último, aunque las diferencias no fueron estadísticamente significativas, todas las actividades enzimáticas analizadas (β -glucosidasa, relacionada con la mineralización de compuestos de C; arilsulfatasa, compuestos orgánicos azufrados; fosfatasa ácida, compuestos orgánicos fosfatados; y deshidrogenasa, células viables) mostraron una tendencia al alza en las parcelas excluidas. El hecho de que estas enzimas sean producidas por microorganismos y plantas, los cuales (a diferencia de la macrofauna) no tienen capacidad para desplazarse a sus zonas preferidas, puede explicar el hecho de que no se hayan incrementado en la proporción en la que sí lo hizo la macrofauna, dentro de las exclusiones. También puede deberse a que los tratamientos introducidos tienen un efecto indirecto sobre el suelo (el pastoreo afecta a la vegetación y de ahí al suelo) a diferencia de otros trabajos previos en los que comprobamos cambios significativos en las actividades enzimáticas en cuestión de meses, tras tratamientos directos de abonado y/o encalado (Mijangos et al., 2006; Mijangos et al., 2010).

CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta toda la batería de parámetros físicos, químicos y biológicos edáficos analizados año y medio después del establecimiento de las exclusiones, parece observarse una tendencia positiva en los suelos no pastoreados, donde se constata un aumento significativo de la macrofauna (con capacidad de moverse hacia estos refugios) que parece empezar a producir mejoras en las propiedades físicas (infiltración) y en algunos parámetros indicadores de la actividad microbiana del suelo (actividades enzimáticas y cociente metabólico), pero no así en la diversidad vegetal y microbiológica. Una monitorización a más largo plazo, actualmente en curso, podría confirmar alguna de estas tendencias. En cualquier caso, la alta variabilidad presente entre las réplicas aconseja incrementar el tamaño muestral para contrastar esta hipótesis en próximos estudios de campo, dada la heterogeneidad del suelo en condiciones naturales.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido realizado en el marco del Proyecto BIO-PASTO (AGL2013-48361-C2-2-R) con financiación del Ministerio de Economía y Competitividad (MINECO).

BIBLIOGRAFÍA

- ALDEZABAL A., MORAGUES L., ODRIOZOLA I. Y MIJANGOS I. (2015) Impact of grazing abandonment on plant and soil microbial communities in an Atlantic mountain grassland. *Applied Soil Ecology*, 96, 251-260.
- ANDERSON T.H. Y DOMSCH K.H. (1990) Application of eco-physiological quotients (qCO_2 and qD) on microbial biomasses from soils of different cropping histories. *Soil Biology and Biochemistry*, 22, 251-255.
- BAKKER E.S., RITCHIE M.E., OLFF H., MILCHUNAS D.G. Y KNOPS J.M.H. (2006) Herbivore impact on grassland plant diversity depends on habitat productivity and herbivore size. *Ecology Letters*, 9, 780-788.
- BARDGETT R.D., LEEMANS D.K., COOK R. Y HOBBS P.J. (1997) Seasonality of the soil biota of grazed and ungrazed hill grasslands. *Soil Biology and Biochemistry*, 29(8), 1285-1294.
- CHAIEB M., HENCHI B. Y BOUKHRIS, M. (1996) Impact of clipping on root systems of three grasses species in Tunisia. *Journal of Range Management*, 49, 336-339.
- DICK R.P., THOMAS D.R. Y HALVORSON J.J. (1996) Soil enzyme activities and biodiversity measurements as integrative microbiological indicators. En: Doran J.W. y Jones A.J. (Eds) *Methods for Assessing Soil Quality*, pp. 107-121. Madison, EE.UU.: Soil Science Society of America.
- EPELDE L., BECERRIL J.M., HERNÁNDEZ-ALLICA J., BARRUTIA O. Y 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.
- EPELDE L., BECERRIL J.M., MIJANGOS I. Y GARBISU, C. (2009) Evaluation of the efficiency of a phytostabilization process with biological indicators of soil health. *Journal of Environmental Quality*, 38, 2041-2049.
- EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY (1999) *Environment in the European Union at the turn of the century, offprint, windows on Europe: the spatial dimension*. Copenhagen, Dinamarca: European Environment Agency.
- FERNÁNDEZ N., ALDEZABAL A. Y LASKURAIN N.A. (2011) Efecto del pastoreo sobre la distribución vertical de raíces del pasto denso de montaña (Hábitat 6230): evidencias preliminares. En: López-Carrasco C., Rodríguez M.P., San Miguel A., Fernández F. y Roig, S. (Eds) *Pastos, paisajes culturales entre tradición y nuevos paradigmas del siglo XXI*, pp. 43-48. Toledo, España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.
- ISO (International Organization for Standardization) (2002a) *Soil Quality: Laboratory Methods for Determination of Microbial Soil Respiration ISO 16072*.
- ISO (International Organization for Standardization) (2002b) *Soil Quality: Determination of Abundance and Activity of Soil Microflora Using Respiration Curves ISO 17155*.
- LARSON W.E Y PIERCE F.J. (1994) The dynamics of soil quality as a measure of sustainable management. En: Doran J.W.

- et al. (Eds) *Defining soil quality for a sustainable environment*, pp. 37-52. Madison, EE.UU.: SSSA Special Publication.
- MANDALUNIZ N., IMAZ M., SAEZ J., ETXEBARRIA A., ALDEZABAL A., ARRANZ J. Y RUIZ R. (2014) Propuesta de una alternativa de gestión sostenible del pastoreo en explotaciones ganaderas. En: Busqué J. et al. (Eds) *Pastos y PAC 2014-2020*, pp 523-530. Potes, España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.
- MANDALUNIZ N., RUIZ R. Y OREGUI L.M. (2007) Effect of unguarded mixed grazing on Atlantic mountain heathlands. *Science in Europe*, 12, 275-278.
- MAPA (1994) Métodos oficiales de análisis de suelos y aguas para riego. En: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (Ed) *Métodos Oficiales de Análisis, vol. III*, pp. 205-324. Madrid, España: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- MIJANGOS I. (2015) *Informe sobre el impacto de las actuaciones sobre la vegetación*. Disponible en: <http://www.soil-montana.com/wp-content/uploads/2015/06/Anexo-55-C3.-Informe-impacto-sobre-la-vegetacion.pdf>. Consulta: 11 enero 2016.
- MIJANGOS I., ALBIZU I., EPELDE L., AMEZAGA I., MENDARTE S. Y GARBISU C. (2010) Effects of liming on soil properties and plant performance of temperate mountainous grasslands. *Journal of Environmental Management*, 91, 2066-2074.
- MIJANGOS I., BECERRIL J.M., ALBIZU I., EPELDE L. Y GARBISU C. (2009) Effects of glyphosate on rhizosphere soil microbial communities under two different plant compositions by cultivation-dependent and -independent methodologies. *Soil Biology and Biochemistry*, 41, 505-513.
- MIJANGOS I., MUGUERZA E., GARBISU C., ANZA M. Y EPELDE L. (2016) Health Cards for the Evaluation of Agricultural Sustainability. *Spanish Journal of Soil Science*, 6(1), 15-20.
- MIJANGOS I., PEREZ R., ALBIZU I. Y GARBISU C. (2006) Effects of fertilization and tillage on soil biological parameters. *Enzyme and Microbial Technology*, 40, 100-106.
- MONTALVO J., RAMIREZ L., DE PABLO C.L. Y PINEDA F.D. (1993) Impact minimization through environmentally-based site selection: a multivariate approach. *Journal of Environmental Management*, 38, 13-25.
- PANKHURST C.E., DOUBE B.M. Y GUPTA V.V.S.R. (1997) *Biological Indicators of Soil Health*. Wallingford, Reino Unido: CAB International.
- PE'ER, G.L., DICKS V., VISCONTI P., ARLETTAZ R., BÁLDI A., BENTON T.G., COLLINS S., DIETERICH M., GREGORY R.D., HARTIG F., HENLE K., HOBSON P.R., KLEIJN D., NEUMANN R.K., ROBIJNS T., SCHMIDT J., SHWARTZ A., SUTHERLAND W.J., TURBÉ A., WULF F. Y SCOTT A.V. (2014) EU agricultural reform fails on biodiversity. *Science*, 344, 1090-1092.
- REICHLÉ D.E. (1997) The role of soil invertebrates in nutrient cycling. En: Lohm U. y Persson T. (Eds) *Soil organisms as components of ecosystems*, pp. 145-156. Stockholm, Suecia: Ecological Bulletin.
- REN H., SCHÖNBACH P., WAN H., GIERUS M. Y TAUBE F. (2012) Effects of grazing intensity and environmental factors on species composition and diversity in typical steppe inner Mongolia, China. *PloS ONE* 7, e52180.
- RODRÍGUEZ M.A., BROWN V.K. Y GÓMEZ-SAL A. (1995) The vertical distribution of below-ground biomass in grassland communities in relation to grazing regime and habitat characteristics. *Journal of Vegetation Science*, 6, 63-72.
- ROUNSEVELL M.D.A., REGINSTER I., ARAÚJO M.B., CARTER T.R., DENDONCKER N., EWERT F., HOSE J.I., KANKAAPÄÄ S., LEEMANS R., METZGER M.J., CHMIT P. Y TUCK G. (2006) A coherent set of future land use change scenarios for Europe. *Agriculture, Ecosystem & Environment*, 114, 57-68.
- SMITH R.S., SHIEL R.S., BARDGETT R.D., MILLWARD D., CORKHILL P., ROLPH G., HOBBS, P.J. Y PEACOCK S. (2003) Soil microbial community, fertility, vegetation and diversity as targets in the restoration management of a meadow grassland. *Journal of Applied Ecology*, 40, 51-64.
- TAYLOR J.P., WILSON B., MILLS M.S. Y BURNS R.G. (2002) Comparison of microbial numbers and enzymatic activities in surface soils and subsoils using various techniques. *Soil Biology and Biochemistry*, 34, 387-401.
- VEPRASKAS M.J. (1994) Plant response mechanisms to soil compaction. En: Wilkinson R.E. (Ed) *Plant-Environment Interactions*, pp. 263-287. New York, EE.UU.: Marcel Dekker.
- XIONG D., SHI P., SUN Y., WU J. Y ZHANG X. (2014) Effects of grazing exclusion on plant productivity and soil carbon, nitrogen storage in alpine meadows in northern Tibet, China. *Chinese Geographical Science*, 24(4), 488-498.



ALTERNATIVAS FORRAJERAS SOSTENIBLES COMO CULTIVO INVIERNAL EN ZONAS TEMPLADAS

Silvia Baizán González, Fernando Vicente Mainar, M^a Amelia González Arrojo, Consuelo González García, Begoña de la Roza Delgado, Ana Soldado Cabezuelo y Adela Martínez Fernández*

Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario (SERIDA). Apdo.13. 33300 Villaviciosa (España)

ALTERNATIVE SUSTAINABLE FORAGES AS WINTER CROP IN TEMPERATE AREAS

Historial del artículo:

Recibido: 30/09/15

Revisado: 10/12/15

Aceptado: 02/09/16

Disponible online: 14/11/2016

* Autor para correspondencia:

admartinez@serida.org

ISSN: 2340-1672

Disponible en: <http://polired.upm.es/index.php/pastos>

Palabras clave:

Producción forrajera, leguminosas, fertilización orgánica, calidad nutritiva, ácidos grasos.

Keywords:

Forage yield, legumes, organic fertilization, nutritive quality, fatty acids.

RESUMEN

Siguiendo la tendencia actual en Europa de dirigir las explotaciones de vacuno de leche hacia la sostenibilidad económica, social y ambiental, se investiga en busca de alternativas al raigrás italiano para rotar con maíz, que mantengan o superen sus niveles de productividad, aumenten el contenido en proteína y en ácidos grasos poliinsaturados, que ensilen sin dificultad y, además, disminuyan los costes de producción del conjunto de la rotación. En este trabajo se evaluaron tres leguminosas forrajeras (haba forrajera, altramuza blanca y trébol violeta) en monocultivo o en asociación con raigrás italiano o con otras especies (nabo francés y colza) y manejadas con criterios de sostenibilidad ambiental, como alternativas al monocultivo invernal de raigrás en manejo convencional, en un sistema rotacional de dos cultivos por año con el maíz como cultivo de verano. Como diseño experimental se utilizó un ensayo en parcela dividida con tres repeticiones durante dos años consecutivos. Los resultados muestran que la colza no es una especie viable en suelos de textura franco arcillosa, independientemente de las condiciones termopluviométricas. El haba forrajera en monocultivo o asociada con raigrás italiano en condiciones de manejo sostenible es una alternativa viable como cultivo de invierno, ya que presenta producciones, rendimientos en materia orgánica digerible y energía comparables a los del raigrás italiano, con mayor rendimiento proteico y buena ensilabilidad y con la ventaja añadida de ser aprovechados en un solo corte, reduciendo los costes de producción. La asociación haba – raigrás italiano presenta mayor contenido en ácido linoleico ($p < 0,001$) que el raigrás italiano.

ABSTRACT

Following the current trend in Europe on feeding dairy cows guided by economic, social and environmental sustainable patterns, we have tested alternative winter forage species to Italian ryegrass (RI) for crop rotations with maize. These species, compared to Italian ryegrass, should be comparable in yield, higher in protein and polyunsaturated fatty acids contents, of easy fermentability during silage, and also capable of reducing production costs. We tested the ability of three forage legumes (fava bean, white lupin and red clover) under sustainable crop management and in monoculture and in mixtures with RI or other species (camelina and rapeseed), of being viable alternatives to RI as winter crop under conventional management in a rotational system with two crops per year with maize as summer crop. We used a split-plot experimental design with three replications for two consecutive years. The results showed that rapeseed is not a viable species for clay loam soils regardless of weather conditions. Fava bean in monoculture or in association with RI under sustainable management, is a viable alternative to RI as winter crop. Dry matter and energy yield and digestible organic matter are comparable to RI, while protein content is higher. An important added value of these crops is their reduction in production costs, as they are harvested in only one cut. The association fava – RI also showed a good ensilability and higher content in linoleic acid than RI ($p < 0.001$).

INTRODUCCIÓN

El sector productor de leche de vacuno se encuentra inmerso en una crisis de rentabilidad generada principalmente por los bajos precios de la leche y los elevados costes de las materias primas. Ahora bien, si tenemos en cuenta que los forrajes son una parte importante de la alimentación del ganado y que pueden integrar la totalidad de la dieta en algunos momentos del estado fisiológico de los animales, la solución al problema de rentabilidad del sector lechero puede estar en buscar estrategias para reducir costes, sobre todo en alimentación (Álvarez Pinilla y Pérez Méndez, 2010), potenciando la utilización de forrajes de calidad para mejorar la eficiencia de utilización de los recursos propios.

Junto con el manejo, el empleo de especies y variedades forrajeras apropiadas para la zona es uno de los factores importantes sobre los que hay que actuar para conseguir una mejora en el aprovechamiento de los recursos prateros y forrajeros propios, tratando de rentabilizar al máximo la inversión realizada en la implantación (Martínez *et al.*, 2003). En este sentido hay que tener en cuenta que la producción intensiva de forrajes vinculada con variedades de alto rendimiento y la necesidad continuada de aumentar el uso de fertilizantes químicos y de productos fitosanitarios, tiene algunos efectos negativos, ya que induce una degradación de los ecosistemas con consecuencias adversas sobre los recursos naturales, como pérdida de fertilidad del suelo, contaminación de recursos hídricos, eutrofización de aguas superficiales, impacto sobre la atmósfera, balances negativos de carbono y otros nutrientes (Steinfeld *et al.*, 2009).

En las explotaciones lecheras del norte de España, la rotación de cultivo más habitual, por su elevada productividad, es la de raigrás italiano – maíz (*Lolium multiflorum* Lam. - *Zea mays* L.). A pesar de ser muy exigente en fertilización nitrogenada y tener efectos negativos sobre la fertilidad del suelo (Martínez-Fernández *et al.*, 2014), se repite año tras año de forma continua. Sin embargo, en los últimos años el raigrás italiano (como cultivo invernal de la rotación) ha ido perdiendo interés paulatinamente ya que además de los inconvenientes ya mencionados, presenta algunos adicionales como la dificultad para dar el primer corte de primavera con condiciones climatológicas adversas, el encarecimiento de los gastos del cultivo en un sistema de varios cortes, las pérdidas de valor proteico y posibilidades de encamado cuando se da un solo corte (Fernández Lorenzo *et al.*, 2004), además de la baja concentración de proteína bruta del conjunto de la rotación (Pereira *et al.*, 2009).

Para potenciar la utilización de forrajes de calidad, es necesario plantear estrategias de manejo menos agresivas con el medio ambiente, encaminando la investigación sobre forrajes y cultivos forrajeros hacia nuevas formas de producción, que garanticen un uso eficiente de los mismos, y modelos de manejo adaptados a las nuevas condiciones

económicas y políticas relativas al desarrollo de una agricultura productora de alimentos de calidad, seguros, a precios asequibles y con modelos de producción de bajo impacto ambiental (Peeters *et al.*, 2006). Esto implica utilizar cultivos energéticamente más eficientes, con bajos requerimientos de insumos, menos demandantes de agua y que no degraden la microbiota del suelo agrícola. Para ello, se están investigando alternativas forrajeras que tengan una producción abundante en primavera, con concentración energética y proteica no limitante, que tengan rendimientos comparables o superiores al raigrás italiano y sobre todo que puedan aprovecharse en un solo corte y que permitan mejorar la gestión de la alimentación del vacuno de leche, además de asegurar una composición de leche conforme a los requerimientos nutricionales actuales.

En este sentido, existe un gran interés en toda Europa por la recuperación del cultivo de leguminosas forrajeras, como demuestra el que la Comisión de Agricultura del Parlamento Europeo haya instado a incorporar a la nueva PAC medidas de apoyo específico para el desarrollo de sistemas de rotación de cultivos, incluyendo leguminosas y proteaginosas, tanto para limitar la dependencia de las importaciones de tortas proteicas, como por el beneficioso efecto medioambiental (Agro-Europa, 2011).

Las leguminosas forrajeras, por su capacidad de fijar nitrógeno atmosférico, pueden ofrecer una estrategia eficaz para hacer frente a los daños ambientales de las prácticas de algunos monocultivos (Chapagain y Riseman, 2015) y son especialmente atractivas para la producción sostenible de alimentos para el ganado. Una mayor inclusión de leguminosas en las raciones del vacuno lechero puede facilitar la optimización de la relación entre energía y nitrógeno fermentables, suponiendo una reducción de la síntesis de metano en el rumen y, por tanto, de la emisión de dicho gas de efecto invernadero a la atmósfera (González *et al.*, 2014). Además de las ventajas nutricionales mencionadas, ciertas leguminosas tienen un sistema radicular capaz de explorar los horizontes inferiores del suelo y bombear nutrientes y agua hacia la superficie de forma eficaz, aspecto muy importante considerando el interés por buscar nuevas especies y asociaciones competitivas en situaciones de estrés hídrico dentro de las estrategias de adaptación al cambio climático orientadas a una mejor gestión del agua (González-Hidalgo *et al.*, 2010).

Trabajos realizados en el SERIDA destacan el papel de las habas forrajeras (*Vicia faba* L.) por su elevada producción (Martínez-Fernández *et al.*, 2013a, Baizán *et al.*, 2015), grandes nódulos de *Rizhobium* fijadores de nitrógeno, porte erguido y por ser una fuente rica de proteínas, fibra y ácidos grasos insaturados. Además, a diferencia de la mayoría de las leguminosas, su baja capacidad tampón y alto contenido en azúcares solubles les confiere una ensilabilidad aceptable (de la Roza *et al.*, 2004; Martínez-Fernández *et al.*, 2005; 2010; 2013b; 2014).



© Adela Martínez Fernández

Ensayo en pequeña parcela de las diferentes alternativas forrajeras invernales.

Experimental plot trial including different winter forage alternatives.

Borreani *et al.* (2009), afirman que cultivos anuales de leguminosas como el guisante (*Pisum sativum* L.), las habas (*Vicia faba* L.) o los altramuces (*Lupinus albus* L.), utilizados para ensilar son una fuente barata de proteína y almidón y pueden mejorar la eficiencia de los sistemas de producción en las explotaciones lecheras, al reducir la necesidad de concentrados. Además, los ensilados de leguminosas permiten mejorar la calidad dietética de la leche mediante la reducción del contenido en ácidos grasos (AG) saturados, el aumento de poliinsaturados (en particular de $\Omega 3$) y la disminución del ratio $\Omega 6/\Omega 3$, aspectos todos de notable interés para lograr una dieta más saludable a través del consumo de leche y derivados lácteos (Dewhurst *et al.*, 2006).

En busca de una mayor sostenibilidad ambiental, también hay que tener en cuenta la utilización de abonos verdes, que, además de actuar como herbicidas naturales, promueven la recuperación y reequilibrio mineral en los cultivos, así como una mayor eficiencia en el reciclaje de nutrientes mediante su movilización y solubilización. En este sentido, la colza forrajera (*Brassica napus* L.), dispone de un sistema radicular potente y profundo que moviliza nutrientes (especialmente P y K) de las capas profundas a las superficiales liberándolos gradualmente durante el proceso de descomposición de la materia orgánica

(Vance *et al.*, 2003). Su utilización como forraje puede ser efectiva para suprimir el desarrollo de malas hierbas (Grundy *et al.*, 1999; Ros *et al.*, 2016) y mantener la fertilidad del suelo (Liebman y Davis, 2000). Además, tras aprovechar su parte aérea como forraje, su sistema radicular puede ser aprovechado como abono verde para mejorar la estructura del suelo. Otra especie interesante para sistemas de agricultura sostenible es el nabo francés (*Camelina sativa* (L.) Crantz), que ejerce un control muy efectivo sobre las malas hierbas (Putnam *et al.*, 1993). Aunque tradicionalmente se ha cultivado como una oleaginosa para producir aceite vegetal, en la actualidad su cultivo está siendo investigado debido a que su semilla presenta niveles excepcionalmente altos (hasta un 45%) de ácidos grasos $\Omega 3$, lo cual es poco común en fuentes vegetales. En ensayos llevados a cabo en la Universidad de Idaho en 2007 con cabras, se observó que el contenido en $\Omega 3$ de la leche se incrementó con el aumento del porcentaje de harina de camelina en la dieta (Pilgeram *et al.*, 2007). Estas características la convierten en un cultivo con un potencial agronómico muy interesante en el ámbito de la nutrición animal, por lo que tanto su harina como su aceite están siendo evaluados para usarlos en la alimentación de peces, vacuno de carne, producción de leche y avicultura (Putnam *et al.*, 1993; Zubr, 1997; Schuster y Friedt, 1998; Bonjean y Le Goffic, 1999).

Por último, cabe destacar que la asociación de familias botánicas, cuando tienen ciclos de desarrollo y momentos de aprovechamiento similares, puede ser una estrategia para incrementar la fertilidad del suelo y obtener producciones de mayor cantidad y calidad que los monocultivos de las mismas especies en superficies equivalentes (Jolliffe, 1997; Li *et al.*, 1999; Hauggaard-Nielsen *et al.*, 2008) debido principalmente al incremento de fertilidad del suelo (Doltra y Olesen, 2013) y a la reducción de malas hierbas (Agegnehu *et al.*, 2008).

En base a las anteriores consideraciones, el objetivo de este trabajo ha sido evaluar leguminosas como el haba forrajera (HB), el trébol violeta (*Trifolium pratense* L. -TV-) y el altramuz (AL), en monocultivo o asociadas con raigrás italiano (RI) o con otras especies como la colza forrajera (CO) y el nabo francés (NF) y manejadas con criterios de sostenibilidad ambiental, como alternativas al monocultivo invernal de raigrás italiano en manejo convencional en un sistema rotacional de dos cultivos por año con el maíz como cultivo de verano.

MATERIAL Y MÉTODOS

El ensayo se llevó a cabo en la finca del SERIDA de Grado (43° 22' 35" N y 6° 03' 45" O, 65 msnm y suelos de textura franco-arcillosa). Se utilizó una parcela experimental en barbecho, cuya preparación previa a la siembra consistió en pase de subsolador cruzado, pase de grada, abonado de fondo y pase cruzado de fresadora. Durante el periodo de ensayo se registraron diariamente los parámetros de temperatura, pluviometría y evapotranspiración en la estación termopluviométrica situada en la propia finca.

Se utilizó un diseño en parcela dividida con tres repeticiones, durante dos años consecutivos. La parcela principal la formaron un testigo sin leguminosa (0L) y tres leguminosas: trébol violeta (TV), haba forrajera (HB) y altramuz (AL) y la subparcela la constituyeron un testigo sin cultivo (ONL), el RI y dos especies de crucíferas (colza -CO- y nabo francés -NF-). Cada repetición (A, B, C), constituyó un bloque, donde el orden de las parcelas principales (0L, TV, HB, AL) y de las subparcelas (ONL, RI, CO, NF) se sorteó al azar. Las especies propuestas en cultivo monofito y las asociaciones leguminosa-gramínea y leguminosa-crucífera se evaluaron en cada repetición en subparcelas de 5,5 m x 5,5 m. La subparcela correspondiente a 0L x ONL representa la vegetación espontánea. Se repitió la misma asignación de los cultivos en cada combinación bloque-parcela principal-subparcela durante los dos años de estudio.

El abonado de fondo N-P-K previo a la siembra de las alternativas forrajeras se realizó con estiércol compostado procedente de la estabulación del SERIDA, según los requerimientos del análisis previo realizado en el suelo y siguiendo las reco-

mendaciones propuestas por Martínez-Fernández y Argamentería (2013). En otoño de 2012 se utilizó un estiércol con unos aportes de 9-8-9 kg/t de N-P-K, a una dosis de aplicación de 6 t/ha, que fue complementado con 115 UF de K₂O en forma de cloruro de potasa del 60%, para no limitar el crecimiento del raigrás. En otoño de 2013, el estiércol disponible contenía unos aportes de 4-4-12 kg/t de N-P-K, requiriendo una dosis de 12 t/ha. En las subparcelas de RI en monocultivo, para simular un manejo convencional, se aplicaron las mismas dosis de N-P-K en presiembra, y además un abono mineral con 60 UF de N/ha en forma de nitrato amónico cálcico del 27% después del primer corte para ensilado en primavera.

Las siembras se realizaron a voleo el 5/11/2012 y el 31/10/2013 respectivamente y las dosis de semilla se fijaron en función de la especie, tamaño y porte de las plantas, estableciéndose para los cultivos monofitos las siguientes cantidades: TV = 20 kg/ha; HB = 150 kg/ha; AL = 100 kg/ha; RI = 40 kg/ha; CO = 8 kg/ha y NF = 8 kg/ha. Los cultivos asociados se plantearon en proporción 50%-50%, reduciendo proporcionalmente la cantidad de semilla aportada. Los cultivos se cosecharon en la primavera siguiente a la siembra (el RI en monocultivo en dos cortes y el resto en un único corte), momento en el que se hizo un control de producción. El RI se aprovechó en preespigado, el trébol y las crucíferas en principio de floración y las habas y los altramuces en estado de vainas con grano. En los cultivos asociados, cuando no coincidieron los momentos óptimos de corte para ambas especies, este se hizo en el correspondiente a la especie de mayor desarrollo.

Una muestra del material vegetal recolectado fue desecada en estufa (60°C, 24 h), para determinar su materia seca (de la Roza *et al.*, 2002). Las muestras secas y molidas (0,75 mm) fueron analizadas en el laboratorio de Nutrición Animal del SERIDA, acreditado por la Entidad Nacional de Acreditación (ENAC), conforme a los criterios recogidos en la norma UNE-EN-ISO/IEC 17025 (Nº de expediente LE 930) para determinar su contenido en principios nutritivos según Weende (AOAC, 1984) y Van Soest (Van Soest *et al.*, 1991). Se estimó el contenido en energía metabolizable (EM) según ARC (1980). Dado que el destino final de estas alternativas forrajeras es la elaboración de ensilado, en todas las muestras se determinaron los parámetros que definen la ensilabilidad: contenido en MS en el momento de ensilar, azúcares solubles (AZSOL) como carbohidratos reductores y carbohidratos solubles totales por reducción con ferricianuro (Hoffman, 1937) y la capacidad tampón (CT) según Playne y McDonald (1966). En las muestras del segundo año se determinó también el perfil de AG siguiendo la metodología de Palmquist y Jenkins (2003), con análisis mediante cromatografía de gases y detector de masas empleando una mezcla patrón para la identificación de compuestos mediante tiempo de retención y espectro de masas.

Los resultados de producción, valor nutritivo y contenido energético fueron contrastados mediante análisis de varianza utilizando un modelo mixto con el software estadístico de libre acceso R (R Core Team, 2014), conforme a un diseño en parcela dividida donde se consideraron los factores “Leguminosa” (parcela principal) y “No leguminosa” (subparcela) como efectos fijos y como efectos aleatorios el bloque, la parcela principal anidada al bloque y el año de cultivo. Para poder comparar las alternativas forrajeras frente al raigrás italiano se llevó a cabo un test de Tukey con las estimaciones del modelo. El perfil de AG correspondiente sólo al segundo año fue contrastado mediante análisis de varianza considerando los mismos efectos fijos y los efectos aleatorios bloque y parcela principal anidada al bloque.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para evaluar la incidencia de las condiciones termoplumiométricas en el desarrollo de los cultivos, se comparó la temperatura media, la cantidad de lluvia caída y el número de días con lluvia de los dos años del ensayo (2012-2013 y 2013-2014) con el histórico disponible del periodo comprendido entre los años 2000 y 2011 (ver Figura 1). Se puede observar que mientras el patrón de variación anual de temperaturas fue similar en los diferentes periodos considerados, no ocurrió lo mismo con la cantidad de lluvia acumulada ni con su distribución, factores ambos que pueden afectar a la germinación y al desarrollo vegetativo de las especies.

En el primer año del ensayo (periodo 2012-2013), se registraron 159 días de lluvia con una precipitación anual acumulada de 1253 mm, de la cual el 80% se distribuyó entre noviembre y abril, muy superior a la media del histórico de datos recogidos en la misma finca correspondientes al periodo

2000-2011 (147 días de lluvia y 962 mm). La gran cantidad de lluvia caída, unida a la textura franco-arcillosa del suelo, propiciaron largos periodos de encharcamiento que impidieron a los cultivos de AL, CO y NF completar su desarrollo.

En el periodo 2013-2014 (año 2) se registraron 124 días de lluvia y una precipitación de 995 mm, cantidad similar a la registrada en el periodo 2000-2011. En estas condiciones, todas las especies excepto la CO se desarrollaron sin problemas. Esto nos hace pensar que esta especie tiene dificultades para desarrollarse en suelos de textura franco-arcillosa, independientemente de las condiciones termoplumiométricas, ya que su raíz pivotante prefiere suelos profundos, con buen drenaje y aireación y con pH entre 5,5-7 (Guerrero, 1999).

En la Tabla 1 se detallan los resultados de producción, valor nutritivo y aporte energético de los cultivos invernales en los dos años de estudio. Las HB en monocultivo y asociadas con raigrás italiano (HB+RI) y con nabo francés (HB+NF), alcanzaron producciones que no difieren significativamente ($p > 0,05$) de las obtenidas con los dos cortes acumulados de RI en monocultivo, con la ventaja de que concentraron toda la producción en un solo corte y no precisaron aporte complementario de N como ocurre con el RI. La asociación HB+RI fue la alternativa más productiva de las ensayadas frente al RI, lo que corrobora los resultados de diversos estudios que han demostrado que cultivos asociados de HB con otras especies incrementan sensiblemente las producciones y proporcionan rendimientos muy rentables (Li *et al.*, 1999; Agegnehu *et al.*, 2006; 2008; Hauggaard-Nielsen *et al.*, 2008), debido principalmente al incremento de fertilidad del suelo (Doltra y Olesen, 2013). Sin embargo, el rendimiento medio de HB+RI en los dos años considerados fue inferior al obtenido por Martínez-Fernández *et al.* (2013a) en ensayos

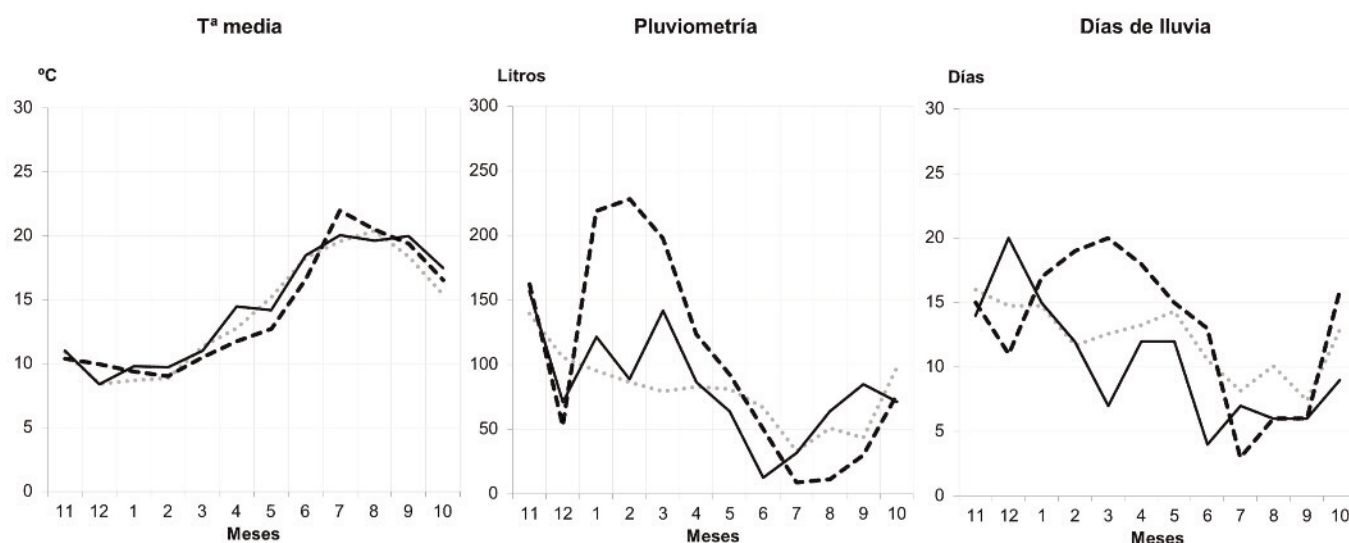


FIGURA 1. Temperaturas medias (°C), lluvia acumulada (L/m²) y días de lluvia en la estación experimental de Grado (SERIDA) durante los periodos 2012-2013 (línea negra de tramos) y 2013-2014 (línea negra continua), y valores medios para el periodo 2000-2011 (línea gris punteada).

FIGURE 1. Average temperatures (°C), cumulative rainfall (L/m²) and rainy days in the experimental station of Grado (SERIDA) during the periods 2012-2013 (black dashed line) and 2013-2014 (black continuous line), and mean values for the period 2000-2011 (grey dotted line).

	kg MS/ha	MO	PB	FAD	FND	Dvivo	EM
1RI (1C+2C)	7794	89,98	9,36	23,24	47,42	74,61	11,06
OLxONL	2079 ***	88,76 ns	10,04 ns	27,60 ns	50,54 ns	67,42 *	9,45 ***
HB	6301 ns	91,70 ns	16,73 ***	38,46 ***	51,05 ns	54,59 ***	8,03 ***
AL	4395 *	88,17 ns	17,85 ***	29,22 ns	45,02 ns	74,51 ns	10,51 ns
TV	2818 ***	88,45 ns	15,40 ***	28,15 ns	48,26 ns	68,29 ns	9,66 **
NF	1486 ***	91,84 ns	13,76 ns	23,29 ns	37,14 *	73,07 ns	10,74 ns
HB+RI	7354 ns	89,62 ns	12,21 ns	33,16 **	55,46 **	63,12 ***	9,05 ***
HB+NF	5844 ns	89,52 ns	15,28 *	42,15 ***	54,64 *	61,85 ***	8,86 ***
AL+RI	4617 *	88,59 ns	10,63 ns	26,94 ns	50,07 ns	67,75 ns	9,60 *
AL+NF	4137 **	88,56 ns	14,55 ns	30,42 ns	46,76 ns	69,73 ns	9,88 ns
TV+RI	5649 *	90,88 ns	6,48 ns	24,3 ns	50,91 ns	64,58 ***	9,39 ***
TV+NF	3099 ***	89,73 ns	11,10 ns	32,22 ns	50,36 ns	66,25 *	9,51 **
rsd	1355,3	1,294	2,093	2,000	3,559	3,829	0,576

Todas las alternativas se comparan estadísticamente frente al RI. El valor nutritivo y aporte energético del RI se ha calculado ponderando los resultados de los dos cortes (1C+2C) realizados en primavera.

RI: Raigrás italiano; OLxONL: Vegetación espontánea; HB: Haba forrajera; AL: Altramuz blanco; TV: Trébol violeta; NF: Nabo francés; MS: Materia seca; MO: Materia orgánica (%); PB: Proteína bruta (% MS); FAD y FND: Fibras ácido detergente sin cenizas y neutro detergente (% MS); Dvivo: Digestibilidad de la MO in vivo predicha (%); EM: Energía metabolizable (MJ/kg MS).

rsd: desviación estándar residual; ***: $p \leq 0,001$; **: $p \leq 0,01$; *: $p \leq 0,05$; ns: no significativo ($p > 0,05$).

TABLA 1. Producción, valor nutritivo y contenido energético estimado de los cultivos de invierno en los años agronómicos 2012-2013 y 2013-2014.

en gran parcela con HB+CO (7,4 vs 9,8 t MS/ha), hecho que puede ser atribuido a las adversas condiciones climatológicas del primer año del ensayo. Por el contrario, las alternativas que incluyeron TV fueron, en general, las menos interesantes de las ensayadas desde el punto de vista de la producción. En las parcelas sin cultivo invernal (OL x ONL), se obtuvo una producción media de 2,1 t MS/ha, representada por especies adventicias habituales en este tipo de suelos como *Ranunculus sp.*, *Juncus sp.*, *Cerastium sp.*, *Agrostis sp.* procedentes del banco de semillas.

Con relación a la calidad nutritiva de estos forrajes, el mayor aporte proteico se obtuvo con las leguminosas en monocultivo, con contenidos de 167, 179 y 154 g PB/kg MS para HB, AL y TV respectivamente, frente a los bajos aportes proteicos del RI (94 g PB/kg MS), por lo que su incorporación en las raciones destinadas a vacuno lechero puede suponer una mejora en la eficiencia de los sistemas de producción en las explotaciones, al reducir la necesidad de concentrados (Boireani et al., 2009).

Las HB mantuvieron su porte erguido hasta el momento de la cosecha. Esto significa que, con tallas a veces superiores a 1,50 m, deben lignificar sus tallos para soportar el peso, a diferencia del resto de forrajes ensayados, que alcanzaron menor talla en el caso de AL, o mantuvieron su consistencia herbácea durante todo su ciclo vegetativo. Este hecho se refleja en el menor porcentaje de digestibilidad de las HB frente al RI (54,59 % vs 74,61 % respectivamente, $p < 0,001$). Los mayores porcentajes de digestibilidad *in vivo* se alcanzaron con el RI sin diferencias con AL en monocultivo o en asociación y con TV en monocultivo. El mayor aporte energético se obtuvo así mismo con el RI y con el AL y NF, tanto en monocultivo como asociados entre sí.

En la Tabla 2 se muestran los rendimientos medios por hectárea para los dos años de estudio en materia orgánica digestible (MOD), proteína bruta (PB) y energía metabolizable

TABLA 1. Yield, nutritive value and estimated energy content of winter crops during the agronomical years 2012-2013 and 2013-2014.

(EM). Los mejores rendimientos en PB corresponden a HB con 1059 kg PB/ha, que superan significativamente ($p < 0,05$) a los obtenidos con la producción de proteína acumulada de los dos cortes de RI (715 kg PB/ha). Las asociaciones HB+RI y HB+NF aportaron en un solo corte 853 y 893 kg PB/ha respectivamente, numéricamente superiores respecto a los dos cortes de RI pero sin diferencias significativas. En este ensayo el RI, con un aporte en energía en los dos cortes acumulados de 86 GJ EM/ha, superó significativamente ($p < 0,05$) al resto de alternativas a excepción de HB+RI, que aportó 67 GJ EM/ha, en un solo corte ($p > 0,05$). Cuando se consideran los rendimientos en MOD solamente las habas asociadas con RI pueden competir con el RI en monocultivo. Considerando estos resultados en conjunto, podemos confirmar que los cultivos forrajeros mixtos de HB+RI, además de abaratar los costes de producción, proporcionan una buena calidad de forraje (Anil et al., 1998).

	kg PB/ha	kg MOD/ha	GJ EM/ha
RI (1C+2C)	715	5209	86
OLxONL	211 ***	1253 ***	20 ***
HB	1059 *	3223 ***	52 ***
AL	785 ns	2888 **	46 **
TV	441 ns	1679 ***	27 ***
NF	206 **	996 ***	16 ***
HB+RI	853 ns	4188 ns	67 ns
HB+NF	893 ns	3239 ***	52 *
AL+RI	487 ns	2768 **	45 **
AL+NF	606 ns	2557 ***	41 ***
TV+RI	367 *	3312 ***	53 ***
TV+NF	338 ns	1841 ***	29 ***
rsd	192,5	941,3	14,4

Todas las alternativas se comparan estadísticamente frente al RI. Los rendimientos del RI se han calculado ponderando los resultados de los dos cortes (1C+2C) realizados en primavera.

RI: Raigrás italiano; OLxONL: Vegetación espontánea; HB: Haba forrajera; AL: Altramuz blanco; TV: Trébol violeta; NF: Nabo francés; PB: Proteína bruta; MOD: Materia orgánica digestible; EM: Energía metabolizable.

rsd: desviación estándar residual; ***: $p \leq 0,001$; **: $p \leq 0,01$; *: $p \leq 0,05$; ns: no significativo ($p > 0,05$).

TABLA 2. Rendimientos en proteína, materia orgánica digestible y energía de los cultivos de invierno en los años agronómicos 2012-2013 y 2013-2014.

TABLA 2. Protein, digestible organic matter and energy yields of winter crops during the agronomical years 2012-2013 and 2013-2014.

En la Tabla 3 se detallan los parámetros de ensilabilidad de los forrajes evaluados en función de sus contenidos en MS después de 24 h de prehenificación, azúcares solubles (AZSOL) y capacidad tampón (CT). Como era esperable, el contenido en azúcares solubles de las leguminosas en monocultivo fue inferior al del RI ($p < 0,001$). Los mayores contenidos en AZSOL corresponden a RI en monocultivo o en asociación con AL o TV. La CT de HB tanto en monocultivo como en asociación no difiere estadísticamente del RI mientras que el AL en monocultivo o en asociación y el TV en asociación presentan valores significativamente inferiores al RI.

	MS prehenificada	AZSOL	CT	IE	Ensilabilidad
RI (1C+2C)	222	238	360	-6	Media
OLxONL	235 ns	117 ***	207 ***	38	Alta
HB	165 ns	97 ***	284 ns	22	Media-alta
AL	219 ns	87 ***	179 ***	49	Alta
TV	215 ns	98 ***	275 ns	15	Media-alta
NF	217 ns	170 ns	316 *	5	Media
HB+RI	178 ns	137 ***	299 ns	17	Media-alta
HB+NF	152 ns	70 ***	355 ns	-5	Media
AL+RI	258 ns	207 ns	196 ***	46	Alta
AL+NF	241 ns	93 ***	176 ***	47	Alta
TV+RI	292 *	283 ns	244 *	28	Alta
TV+NF	368 ***	90 ***	275 **	-16	Media
rsd	37,0	37,8	45,5		

Todas las alternativas se comparan estadísticamente frente al RI. La ensilabilidad del RI se ha calculado ponderando los resultados de los dos cortes (1C+2C) realizados en primavera.

RI: Raigrás italiano; OLxONL: Vegetación espontánea; HB: Haba forrajera; AL: Altramuz; TV: Trébol violeta; NF: Nabo francés; MS: Materia seca (g/kg); AZSOL: Azúcares solubles (g/kg MS); CT: Capacidad tampón (mmeq NaOH/kg MS). IE: Índice de ensilabilidad (según Martínez-Fernández *et al.*, 2013b; Alta: E>28; Media-alta: 9<IE≤28; Media: -28<IE≤9). rsd: desviación estándar residual; ***: $p < 0,001$; **: $p < 0,01$; *: $p < 0,05$; ns: no significativo ($p > 0,05$).

TABLA 3. Características de ensilabilidad de los cultivos de invierno. Años agronómicos 2012-2013 y 2013-2014.

TABLE 3. Ensilability characteristics of winter crops. Agronomical years 2012-2013 and 2013-2014.

Ácidos grasos	RI	TV	HB	AL	NF	TV+RI	HB+RI	AL+RI	TV+NF	HB+NF	AL+NF	e.e
Caproico	0,028	<LC	<LC	<LC	0,640***	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	0,0870
Caprílico	0,014	0,012ns	0,121***	0,068**	0,060*	0,020ns	0,035ns	0,019ns	0,012ns	0,041ns	0,043ns	0,0124
Pelargónico	0,002	<LC	<LC	<LC	0,004ns	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	0,0022
Cáprico	0,016	0,021ns	0,183**	0,025ns	0,139*	0,033ns	0,049ns	0,014ns	0,014ns	0,071ns	0,018ns	0,0363
Laurico	0,183	0,066*	0,727***	0,240ns	0,082ns	0,232ns	0,268ns	0,145ns	0,082ns	0,254ns	0,209ns	0,0342
Mirístico	0,422	0,533ns	0,966**	0,729ns	0,749ns	0,583ns	0,580ns	0,531ns	0,450ns	0,503ns	0,573ns	0,1229
Pentadecílico	0,089	0,138ns	0,501***	0,195*	0,209*	0,147ns	0,297***	0,126ns	0,139ns	0,326***	0,151ns	0,0349
Palmitico	19,936	19,112ns	30,253***	24,536ns	25,975**	20,360ns	22,145ns	19,395ns	18,443ns	22,241ns	20,970ns	1,5660
Palmitoleico	0,448	0,106**	0,709ns	0,613ns	0,824**	0,226ns	0,797**	0,438ns	0,181*	0,742*	0,622ns	0,0859
Margárico	0,065	0,095ns	0,260***	0,131**	0,121*	0,112ns	0,133**	0,087ns	0,097ns	0,171***	0,088ns	0,0171
Estearico	0,548	1,037*	2,556***	1,650***	1,301***	0,848ns	1,629***	1,409***	1,226**	1,916***	1,016ns	0,1575
Oleico	0,900	3,080*	1,897ns	2,542ns	3,624**	1,715ns	1,671ns	2,724*	4,263***	1,845ns	1,438ns	0,6068
Vaccénico	0,134	0,285ns	0,286ns	0,341*	0,459***	0,243ns	0,185ns	0,294ns	0,375*	0,162ns	0,176ns	0,0693
Araquídico	0,043	0,051ns	0,452***	0,122*	0,163***	0,074ns	0,249***	0,096ns	0,066ns	0,286***	0,077ns	0,0244
Linoleico	11,068	21,243***	25,932***	14,684ns	17,979**	16,010*	18,737***	16,501*	24,205***	21,158***	11,623ns	1,5580
γ -Linolénico	0,073	0,116ns	0,120ns	0,102ns	0,168*	0,119ns	0,149ns	0,111ns	0,094ns	0,122ns	0,108ns	0,0269
α -Linolénico	65,848	54,105**	35,039***	53,977**	47,506***	59,226ns	53,074***	58,071ns	50,354***	50,164***	62,848ns	2,7300
Saturados	21,343	21,065ns	36,710***	27,695*	29,441***	22,408ns	25,384ns	21,822ns	20,530ns	25,808ns	23,144ns	1,7230
Insaturados	78,471	78,935ns	63,983***	72,260*	70,559**	77,538ns	74,611ns	78,138ns	79,471ns	74,192ns	76,815ns	1,7280

RI: Raigrás italiano; TV: Trébol violeta; HB: Haba forrajera; AL: Altramuz; NF: Nabo francés;

e.e.: error estándar de la media; <LC: Por debajo del nivel de cuantificación; ***: $p < 0,001$; **: $p < 0,01$; *: $p < 0,05$; ns: no significativo ($p > 0,05$)

No se consideran los datos de colza (CO) en monocultivo ni asociada con otras especies (AL+CO; TV+CO; HB+CO)

TABLA 4. Perfil de ácidos grasos (g/100 AG) de las alternativas forrajeras evaluadas (monocultivo o en asociación) y comparación estadística con el monocultivo de raigrás italiano. (Datos correspondientes al segundo año del ensayo).

Según los índices de ensilabilidad (IE) definidos por Martínez-Fernández *et al.* (2013b), el proceso de fermentación durante el ensilado se desarrollaría adecuadamente en todas las alternativas ensayadas que son clasificadas desde media a alta ensilabilidad. El AL fue clasificado como una especie de alta ensilabilidad, tanto en monocultivo como asociado con otras especies (AL+RI, AL+NF). Aunque presentó menor contenido en AZSOL que el resto de leguminosas ensayadas, con 87 g/kg MS, su baja capacidad tampón (179 mmol NaOH/kg MS) en el momento de la cosecha le garantiza una correcta fermentación durante el proceso de ensilado. Por el contrario, el NF presentó contenido en AZSOL elevado (170 g/kg MS), pero debido a su elevada CT (316 mmol NaOH/kg MS) se clasificó como un forraje de media ensilabilidad tanto en monocultivo como asociado con haba y trébol.

La evaluación del perfil de ácidos grasos de las alternativas ensayadas muestra que los principales AG en las especies forrajeras evaluadas son los ácidos linoleico, α -linolénico, palmítico y oleico (Tabla 4). En general, ninguna de las alternativas ensayadas mejora al RI en relación con la proporción de ácidos grasos insaturados. Contrariamente a lo esperado, la proporción de α -linolénico ($\Omega 3$) resultó significativamente superior ($p < 0,001$) en RI que en las leguminosas o en NF. Por el contrario, la concentración de ácido linoleico y γ -Linolénico ($\Omega 6$) en RI fue inferior ($p < 0,001$) al de las otras especies estudiadas, especialmente a HB y TV en monocultivo o en asociación con NF, a excepción del AL o la asociación AL+NF. En este sentido cabe destacar que la ingesta por las vacas de forrajes ricos en ácido linoleico causa un incremento lineal de la producción de CLA en la leche (Morales-Almaráz *et al.*, 2010) al ser éste el primer derivado de la biohidrogenación del ácido

TABLE 4. Fatty acids profiles (g/100 AG) of the forage alternatives evaluated (monoculture or mixtures) and their statistical comparison with the Italian ryegrass monoculture. (Data for the second year of the trial).



Aspecto general de los cultivos invernales de raigrás italiano y haba forrajera en ensayo en pequeña parcela.

Overview of the Italian ryegrass and the fava bean in experimental plots.

linoleico en el rumen. En comparación al RI las alternativas ensayadas no disminuyeron la ratio $\Omega 6/\Omega 3$. Los monocultivos de HB y NF presentaron un nivel más elevado de ácido palmítico que RI (30,25; 25,98 y 19,94 g/100 AG respectivamente, $p < 0,001$), mientras que los cultivos asociados no mostraron diferencias significativas con el monocultivo de RI. Los mayores contenidos de ácido oleico se obtuvieron con TV y NF en monocultivo y su asociación (NF+TV).

CONCLUSIONES

Los resultados muestran que la colza no es una alternativa viable en las condiciones edafológicas ensayadas. En cuanto al resto de especies evaluadas, teniendo en cuenta las producciones, rendimientos en materia seca, materia orgánica digestible, proteína, energía, características de ensilabilidad y perfil de ácidos grasos, podemos concluir que de todos los cultivos ensayados, las habas forrajeras en monocultivo o asociadas con raigrás italiano en condiciones de manejo sostenible y aprovechada en un solo corte, son una clara alternativa al raigrás italiano como cultivo de invierno para rotar con maíz, ya que a igualdad de rendimientos en materia seca, proteína y energía, requieren menos manejo al acumular toda la producción en un único corte, y no requieren aporte complementario de nitrógeno en primavera.

AGRADECIMIENTOS

Trabajo financiado por INIA proyecto RTA2012-00065-05-01 cofinanciado con fondos FEDER. Silvia Baizán es beneficiaria de un contrato de personal investigador predoctoral en formación FPI-INIA y FSE. Los autores agradecen la colaboración del personal de apoyo del SERIDA, a la Finca La Orden y a la empresa Camelina Company, por la disponibilidad de semillas de altramuza y nabo francés respectivamente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGEGNEHU G., GHIZAW A. Y SINEBO W. (2006) Yield performance and land-use efficiency of barley and fava bean mixed cropping in Ethiopian highlands. *European Journal of Agronomy*, 25(3), 202-207.
- AGEGNEHU G., GHIZAW A. Y SINEBO W. (2008) Yield potential and land use efficiency of wheat and fava bean mixed intercropping. *Agronomy for Sustainable Development*, 28(2), 257-263.
- AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL (1980) *The nutrient requirements of ruminant livestock*. Reino Unido: Commonwealth Agricultural Bureaux, 351 pp.
- AGRO-EUROPA (2011) Nº 1.148 del 31 de enero de 2011.
- ÁLVAREZ PINILLA A. Y PÉREZ MÉNDEZ J.A. (2010) *Acciones de Futuro para el Sector Lechero en la Cornisa Cantábrica*. Oviedo, España: Centro Nacional de Competencia Tecnológica de la leche, 65 pp.
- ANIL L., PARK J., PHIPPS R.H. Y MILLER F.A. (1998) Temperate intercropping of cereals for forage: a review of the potential for growth and utilization with particular reference to the UK. *Grass and Forage Science*, 53, 301-317.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMIST (1984) *Official methods of analysis*. E.E.U.U.: Association of Official Agricultural Chemist, 14th edition, 1141 pp.
- BAIZÁN S., VICENTE F., GONZÁLEZ M.A., GONZÁLEZ C., DE LA ROZA B., SOLDADO A. Y MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ A. (2015) Leguminosas forrajeras en monocultivo o en asociación con otras especies como alternativa viable al cultivo invernal de raigrás italiano para rotar con maíz. En: Cifre J. et al. (Eds). *Pastos y Forrajes en el siglo XXI*, pp. 225-231. Palma de Mallorca, España. Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.
- BONJEAN A. Y LE GOFFIC F. (1999) La cameline -*Camelina sativa* (L.) Crantz-: une opportunité pour l'agriculture et l'industrie européennes. *Oléagineux. Corps Gras Lipides*, 6, 28-34.
- BORREANI G., REVELLO A., COLOMBINI S., O'DOARDI M., PAOLETTI R. Y TABACCO E. (2009) Fermentative profiles of field pea (*Pisum sativum*), fava bean (*Vicia faba*) and white lupin (*Lupinus albus*) silages as affected by wilting and inoculation. *Animal Feed Science and Technology*, 151, 316-323.
- CHAPAGAIN T. Y RISEMAN A. (2015) Nitrogen and carbon transformations, water use efficiency and ecosystem productivity in monocultures and wheat-bean intercropping systems. *Nutrient Cycling Agroecosystems*, 101(1), 127-121.
- DE LA ROZA B., MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ A. Y ARGAMENTERÍA A. (2002) Determinación de materia seca en pastos y forrajes. Temperatura de secado para análisis. *Pastos*, XXXII(1), 91-104.
- DE LA ROZA B., MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ A., SOLDADO A. Y ARGAMENTERÍA A. (2004) Evolución de la producción y ensilabilidad de la asociación triticale - haboncillos, según estado de desarrollo. En: García B. et

- al.* (Eds) *Pastos y Ganadería Extensiva*, pp. 273-278. Salamanca, España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.
- DEWHURST R.J., SHINGFIELD K.J., LEE M.R.F. Y SCOLLAN N.D. (2006) Increasing the concentrations of beneficial polyunsaturated fatty acids in milk produced by dairy cows in high forage systems. *Animal Feed Science and Technology*, 131, 168-206.
- DOLTRA J. Y OLESEN J.E. (2013) The role of catch crops in the ecological intensification of spring cereals in organic farming under Nordic climate. *European Journal of Agronomy*, 44, 98-108.
- FERNÁNDEZ LORENZO B., CASTRO P., FLORES G., GONZÁLEZ-ARRÁEZ A. Y VALLADARES J. (2004) Estimación de la composición química del guisante (*Pisum sativum* L.) y triticale (*x Triticosecale* Wittm.) mediante NIRS. En: García B. *et al.* (Eds). *Pastos y Ganadería Extensiva*, pp. 285-290. Salamanca, España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.
- GONZÁLEZ M.A., VICENTE F., DE LA ROZA DELGADO B., SOLDADO A., MODROÑO S., GONZÁLEZ C., JAIMEZ A.S Y MARTÍNEZ FERNÁNDEZ A. (2014) Evaluación de nuevos cultivos invernales como alternativa al raigrás italiano en rotaciones forrajeras adaptadas a zonas templado húmedas del norte de España. En: Busqué J. *et al.* (Eds). *Pastos y PAC 2014-2020*, pp. 311-318. Potes, España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.
- GONZÁLEZ-HIDALGO J.C., BRUNETTI M. Y DE LUIS M. (2010) Precipitation trends in Spanish hydrological divisions, 1946-2005. *Climate Research*, 43, 215-228.
- GRUNDY A.C., MEAD A. Y BURNSTON S. (1999) Modelling the effect of cultivation on seed movement with application to the prediction of weed seedling emergence. *Journal of Applied Ecology*, 36, 663-678.
- GUERRERO GARCÍA A. (1999) Cultivos herbáceos extensivos. Ediciones Mundi-Prensa.
- HAUGGAARD-NIELSEN H., JORNSGAARD B., KINANE J. Y JENSEN E. (2008) Grain legume-cereal intercropping: the practical application of diversity, competition and facilitation in arable and organic cropping systems. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 23, 3-12.
- HOFFMAN W.S. (1937) A rapid photoelectric method for the determination of glucose in blood and urine. *The Journal of Biological Chemistry*, 120, 51-55.
- JOLLIFFE P.A. (1997) Are mixed populations of plant species more productive than pure stands? *Oikos*, 80, 595-602.
- LI L., YANG S., LI X., ZHANG F. Y CHRISTIE P. (1999) Interspecific complementary and competitive interactions between maize and fava bean. *Plant and Soil*, 212(2), 105-114.
- LIEBMAN M. Y DAVIS A.S. (2000) Integration of soil, crop and weed management in low-external-input farming systems. *Weed Research*, 40 (1), 27-47.
- MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ A. Y ARGAMENTERÍA A. (2013) Recomendaciones para la fertilización de praderas y cultivos forrajeros anuales en zonas templado-húmedas. *Afriga*, 102, 100-110.
- MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ A., ARGAMENTERÍA A. Y DE LA ROZA B. (2014) *Manejo de forrajes para ensilar*. Villaviciosa, España: SERIDA. 280 pp.
- MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ A., BENAOUA M., PRÓSPERO F. Y VICENTE F. (2013a) Comportamiento agronómico de la asociación forrajera haba-colza como alternativa invernal sostenible al raigrás italiano. En: Olea L. *et al.* (Eds). *Los Pastos: nuevos retos, nuevas oportunidades*, pp. 219-226. Badajoz, España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.
- MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ A., DE LA ROZA B., SOLDADO A. Y ARGAMENTERÍA A. (2005) Evaluación de producción y valor nutritivo de las habas forrajeras como alternativas al raigrás italiano utilizadas como cultivo de invierno en rotación con el maíz. En: De la Roza B. *et al.* (Eds). *Producciones agroganaderas: gestión eficiente y conservación del medio natural*, pp. 681-688. Gijón, España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.
- MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ A., SOLDADO A., DE LA ROZA B., VICENTE F., GONZÁLEZ M.A. Y ARGAMENTERÍA A. (2013b) Modelling a quantitative ensilability index adapted to forages from wet temperate areas. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 11(2), 455-462.
- MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ A., SOLDADO A., VICENTE F., MARTÍNEZ-MARTÍNEZ A. Y DE LA ROZA B. (2010) Wilting and inoculation of *Lactobacillus buchneri* on intercropped triticale fava silage: effects on nutritive, fermentative and aerobic stability characteristics. *Agricultural and Food Science*, 19, 302-312.
- MARTÍNEZ-MARTÍNEZ, A. PEDROL N. Y ALPERI J. (2003) Siembra de praderas. Guías Agroganaderas. Oviedo, España: SERIDA y KRK. 89 pp.
- MORALES-ALMARÁZ E., SOLDADO A., GONZÁLEZ M.A., MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ A., DOMÍNGUEZ-VARA I., DE LA ROZA B. Y VICENTE, F. (2010) Improving the Fatty Acid Profile of Dairy Cow Milk by combining grazing with feeding on total mixed ration. *Journal of Dairy Research*, 77, 225-230.
- PALMQUIST D.L. Y JENKINS T.C. (2003) Challenges with fats and fatty acid methods. *Journal of Animal Science*, 81, 3250-3254.
- PEETERS A., PARENTE G. Y LE GALL A. (2006) Temperate Legumes: key-species for sustainable temperate mixtures. *Grassland Science in Europe*, 11, 205-219.
- PEREIRA S., FLORES G., GONZÁLEZ-ARRÁEZ A., VALLADARES J., FERNÁNDEZ-LORENZO B. (2009) Variación del valor nutritivo de variedades de guisante para forraje en función de la fecha de corte. En: Reiné R. *et al.* (Eds). *La multifuncionalidad de los pastos: producción ganadera sostenible y gestión de los ecosistemas*, 367-374. Huesca, España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.
- PILGERAM A.L., SANDS D.C., BOSS D., DALE N., WICHMAN D., LAMB P., LU C., BARROWS L., KIRKPATRICK M.,

- THOMPSON B. Y JOHNSON D. (2007) *Camelina sativa*, A Montana Omega-3 and Fuel Crop. En: Janick J. y Whipkey A. (Eds.) *Issues in new crops and new uses*, pp. 129-131. Alexandria (VA), EEUU: ASHS Press.
- PLAYNE M.J. Y McDONALD P. (1966) The buffering constituents of herbage and of silage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 17, 264-268.
- PUTNAM D.H., BUDIN J.T., FIELD L.A. Y BREENE W.M. (1993) Camelina: A promising low-input oilseed. En: Janick J. y Simon J.E. (Eds). *New crops*, pp. 314-322. Nueva York, EEUU: Wiley.
- R CORE TEAM. (2014) *R: A language and environment for statistical computing*. Viena, Austria: R foundation for Statistical Computing.
- ROS C., SÁNCHEZ F., MARTÍNEZ V., LACASA C.M., HERNÁNDEZ A., TORRES J., GUERRERO M.M. Y LACASA A. (2016) El cultivo de brásicas para biosolarización reduce las poblaciones de *Meloidogyne incognita* en los invernaderos de pimiento del Sudeste de España. *ITEA*, 112, 109-126.
- SCHUSTER A. Y FRIEDT W. (1998) Glucosinolate content and composition as parameters of quality of Camelina seed. *Industrial Crops and Products*, 7, 297-302.
- STEINFELD H., GERBER P., WASSENAAR T., CASTEL V., ROSALES M. Y DE HAAN C. (2009) *La larga sombra del ganado. Problemas ambientales y opciones*. Iniciativa para Ganadería, Medio Ambiente y Desarrollo (LEAD). Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO).
- VAN SOEST P.J., ROBERTSON J.B. Y 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.
- VANCE C.P., UHDE-STONE C. Y ALLAN D.L. (2003) Phosphorus acquisition and use: Critical adaptations by plants for securing a non renewable resource. *New Phytologist*, 157 (3), 423-447.
- ZUBR J. (1997) Oil-seed crop: *Camelina sativa*. *Industrial Crops and Products*, 6, 113-119.



USO DEL GANADO PARA EL CONTROL DE CUBIERTAS HERBÁCEAS EN EL OLIVAR ECOLÓGICO

Antonio García Fuentes*, Juan Antonio Torres Cordero, Gemma Siles Colmenero y Luis Ruiz Valenzuela

Departamento de Biología Animal, Biología Vegetal y Ecología. Facultad de Ciencias Experimentales. Universidad de Jaén. 23071-Jaén (España)

USE OF LIVESTOCK TO CONTROL HERBACEOUS COVER IN THE ORGANIC OLIVE GROVE

Historial del artículo:

Recibido: 03/10/14

Revisado: 11/01/15

Aceptado: 19/09/16

Disponible online: 14/11/2016

* Autor para correspondencia:

agarcia@ujaen.es

ISSN: 2340-1672

Disponible en: <http://polired.upm.es/index.php/pastos>

Palabras clave:

Agroecosistema, biodiversidad, fitocenosis, manejo agroganadero, suelo.

Keywords:

Agroecosystem, biodiversity, phytocoenoses, agricultural and livestock management, soil.

RESUMEN

En este trabajo se presentan los resultados obtenidos en un estudio comparativo para diferentes sistemas de control de la cubierta herbácea durante el bienio 2006-2007. Así se analizó la diversidad y composición florística de las cubiertas vegetales, valor pastoral y valores de los parámetros edáficos en cinco fincas bajo tratamientos diferentes: olivar ecológico con ganado ovino durante todo el año (VT), olivar ecológico con ganado ovino en régimen temporal (BS(ov)), olivar ecológico con ganado equino también temporal (BS(eq)), olivar ecológico sin ganado, (BS(sg)) y olivar convencional (BS(conv)). Se comprobó que en ninguno de los tratamientos se produjeron cambios significativos en cuanto a la diversidad florística y a la riqueza específica. Hubo pérdida de cobertura vegetal en suelo en los tratamientos con ovino y aumento de las especies perennes y con roseta basal. Asimismo, se observó un cambio de composición en la flora para las fincas VT y BS(sg), pasando a dominar las gramíneas y disminuyendo la proporción de leguminosas. Igualmente, en la parcela de BS(ov) se produjo un importante descenso de gramíneas, aunque se mantuvieron las leguminosas debido al posible transporte y dispersión de semillas procedentes de otras fincas a través del ganado.

ABSTRACT

In this paper we present results of a study which has used sheep and horses as a control tool of the herbaceous cover in different organic olive farms. We analyzed the floristic diversity and composition and pastoral value of the herbaceous cover, and soil parameters in five plots with different treatments: sheep grazing throughout the year (VT), sheep grazing on a temporary basis (BS(ov)), horse grazing on a temporary basis (BS(eq)), organic olive groves without grazing (BS(sg)); and non-organic olive groves without grazing (BS(conv)). We found that none of the treatments produced significant changes in terms of plant diversity and species richness. In the treatments with sheep there was a loss of plant cover and increases of perennial species and of plants with basal rosette. In the VT and BS(sg) farms a change was observed in the botanical composition at the family level, with an increase in the proportion of grasses and a decrease in the proportion of legumes. Similarly, in the treatment BS(ov) there was a significant decrease of grasses while legumes remained stable, possibly because of sheep seed transport and dispersion from nearby farms.

INTRODUCCIÓN

En comparación con las prácticas tradicionales de labranza, la presencia de cubiertas vegetales en cultivos de olivar reduce significativamente la erosión del suelo y la consiguiente pérdida de nutrientes y materia orgánica (Castro *et al.*, 2008; Francia *et al.*, 2006; Gómez *et al.*, 2009a; Gómez *et al.*,

2009b; Gómez-Muñoz *et al.*, 2014). En la actualidad la utilización de cubiertas vegetales espontáneas de arvenses en el cultivo del olivar es una práctica muy extendida porque aporta beneficios netos al sistema (Nieto *et al.*, 2011; Saavedra y Pastor, 2002; Sánchez *et al.*, 2004), realiza una acción protectora del suelo frente el impacto directo de la lluvia (Milgroom *et al.*, 2006), regula la economía hídrica del agroecosistema (Pastor,

2006) y aumenta la biodiversidad en el cultivo, favoreciendo a su vez un mayor grado de sostenibilidad (Pajarón, 2007; Sánchez Escudero, 2004).

Sin embargo, un manejo inadecuado de estas cubiertas vegetales puede suponer desequilibrios en el agroecosistema, especialmente en la competencia por el agua en periodos desfavorables, de ahí que el agricultor deba de establecer pautas precisas para su control (Saavedra y Pastor, 2002).

Según Pajarón (2007) el manejo más extendido en agricultura ecológica es el mantenimiento de cubiertas naturales con posterior incorporación al suelo mediante cultivador. Pero este manejo es caro en cuanto a mano de obra y depende del año climatológico, siendo difícilmente previsible el número de cortes y el momento óptimo de siega. Una siega demasiado temprana en invierno puede provocar un defecto de biomasa en el olivar, e impedir el efecto protector de la cubierta vegetal. Igualmente, una siega tardía provocará que la cubierta vegetal genere una posible competencia por agua y nutrientes con el olivo (Castro *et al.*, 2006).

Una alternativa puesta en práctica por los agricultores es el uso de ganadería ovina y equina para el control de estas cubiertas vegetales espontáneas. Este manejo es ideal en aquellas fincas de olivar ecológico donde la pendiente es elevada (Guzmán y Foraster, 2012). El uso de este tipo de ganadería es una buena herramienta para el control de las cubiertas vegetales en olivares de diferente condición, siendo perfectamente factible la integración ovino-olivar (Fernández Rebollo, 2013).

Existen trabajos realizados en sistemas agrosilvopastorales similares al olivar, donde se estudia el manejo del ganado y los cambios producidos en la cubierta herbácea o en el suelo. García Moreno *et al.* (2013) demostraron en fincas de dehesa del Valle de los Pedroches (Córdoba) que la intensificación del pastoreo está relacionada con la mejora de las propiedades edáficas y con el consiguiente aumento de producción de fruto en la encina, produciendo asimismo un efecto positivo en la vecería del árbol. Igualmente, Ramos *et al.* (2010) demostraron que las precipitaciones anuales afectan a la producción y a la riqueza florística de la cubierta herbácea, mientras que el tipo de manejo influye en mayor medida en la composición florística, en la contribución de las familias y en la diversidad. Concretamente el cultivo no labrado y pastoreado presentó menor diversidad específica y mayor presencia de especies subnitrófilas y nitrófilas que aquellos cultivos de almendros labrados recientemente y no pastoreados.

Sin embargo, no existen trabajos que aborden los cambios en las cubiertas herbáceas en olivares ecológicos bajo diferentes manejos, y existen pocos estudios sobre el uso de ganado como herramienta para el control de la cubierta vegetal en las fincas de olivar ecológico y sus posibles efectos en el agroecosistema, tanto negativos como positivos. Álvarez *et al.* (2007a; 2007b) y García-Fuentes *et al.* (2007;



© J.A. Torres Cordero

Aspecto en primavera del olivar ecológico con ganado ovino en régimen temporal (finca BS(ov)).

Organic olive grove in spring with temporal sheep grazing (treatment BS(ov)).

2008) muestran que los suelos de olivares ecológicos manejados con ganado no presentan carencias a nivel de elementos como el carbono, nitrógeno, fósforo o potasio en suelo, al contrastarlos con suelos laboreados de fincas de olivar o incluso con suelos forestales. Por el contrario, Gómez *et al.* (2009a) sí encuentran ligeras deficiencias de nutrientes en suelo en olivares con ganadería.

Con este trabajo se pretende analizar los cambios en la vegetación herbácea, cobertura, diversidad y calidad del pasto y en la composición química del suelo bajo diferentes manejos. Se muestran los resultados de dos años de experiencias bajo diferentes tratamientos: (a) olivar ecológico con pastoreo permanente de ovino (VS), (b) olivar ecológico con pastoreo temporal de ovino (BS(ov)), (c) olivar ecológico con pastoreo temporal de equino (BS(eq)), (d) olivar ecológico sin pastoreo (BS(sg)) y (e) olivar convencional bajo no laboreo (BS(conv)).

MATERIAL Y MÉTODOS

Parcelas de estudio

Se seleccionaron cinco fincas de características agronómicas y abióticas similares, localizadas en Andalucía (sur de España) (Figura 1). Cuatro de ellas se ubican en la localidad de Beas de Segura (Jaén) (BS) y la quinta se encuentra en el término municipal de Villanueva del Trabuco (Málaga) (VT). Desde el punto de vista bioclimático ambas localidades se encuentran bajo un bioclima Pluviestacional Oceánico con un piso bioclimático mesomediterráneo seco-subhúmedo (Valle *et al.*, 2004).

En la finca VT se venía utilizando un control de la cubierta vegetal mediante pastoreo y redileo ovino, mientras que en BS(ov) y BS(sg) el control de la cubierta vegetal se ha realizado mediante segadora manual en los dos años previos a la toma de datos. En BS(eq) el control de la cubierta vegetal se hacía

mediante pastoreo con equino. En BS(conv) el control se ha practicado mediante herbicidas de pre y post-emergencia. Los tratamientos ensayados durante el periodo de estudio fueron los siguientes: pastoreo con ovino todo el año (VT), pastoreo temporal con equino BS(eq), pastoreo temporal con ovino BS(ov), siega mecánica en primavera BS(sg) y aplicación de herbicidas BS(conv). El manejo previo recibido y las características ecológicas y de manejo para cada una de las fincas se recogen en la Tabla 1.

Variables florísticas estudiadas

De cada una de las fincas se seleccionó una hectárea para realizar la toma de datos. Para el conocimiento de la composición florística de la cubierta vegetal y su evolución se realizaron en Abril del año 2006 diez inventarios fitosociológicos (Braun-Blanquet, 1979) en cada una de las parcelas seleccionadas. Los puntos de muestreo se eligieron al azar en las calles de los árboles y se repitieron en Abril del año siguiente en los mismos lugares del muestreo inicial. El



FIGURA 1. Mapa de localización de las fincas de experimentación. (○) Localidad de Villanueva del Trabuco (Málaga) (VT) (●) Localidad de Beas de Segura (Jaén) (BS).

FIGURE 1. Location map of experimental farms. (○) Villanueva del Trabuco (Malaga) (VT) (●) Beas de Segura (Jaén) (BS).

Fincas	T ^a	Pp	Suelo	Tratamientos previos al experimento	Tratamientos durante la realización del experimento	Carga ganadera
VT	15,9	625,5	Margas y margocalizas del cuaternario con una capa importante de arcillas en superficie. Cambisol vértico.	Olivar ecológico con control de la cubierta vegetal espontánea mediante ganado ovino durante todo el año. En los tres años previos al estudio siempre se realizó el mismo manejo.	Cultivo ecológico con pastoreo de ovino todo el año que se realiza en calles de olivar hasta que la cubierta tenga una altura media inferior a 5 cm. En los ruedos del olivo se utilizó siega mecánica. El manejo del ganado es mediante pastor eléctrico que se desplaza cuando el pasto ha sido consumido (aproximadamente cada 2-3 días en primavera). El ganado permanece durante el día en las calles del olivar y de noche se recoge en aprisco. No se realizan fertilizaciones ni laboreo.	41 cabezas de ovino ha-año ⁻¹ .
BS(eq)	14,5	612,7	Margas y margocalizas del cuaternario. Cambisol calcáreo.	Olivar ecológico con entradas continuadas de ganado equino en primavera y otoño para control de cubierta vegetal espontánea. Esta técnica se empleó los dos años previos al estudio.	Cultivo ecológico de olivar con pastoreo de ganado equino. El equino pastorea hasta apurar la cubierta vegetal (5-10 cm aproximadamente de altura media), después se retira de la finca. No se realizan fertilizaciones ni laboreo.	1 cabeza/ha pastoreando en los meses de Abril y Mayo cada año.
BS(ov)	14,5	612,7	Margas y margocalizas del cuaternario. Cambisol calcáreo.	Olivar ecológico sin ganado en dos años previos al inicio de la toma de datos. Siega mecánica de la cubierta vegetal espontánea a finales de primavera.	Cultivo ecológico de olivar con pastoreo temporal de ganado ovino en primavera. Éste se retiró cuando la cubierta vegetal tenía altura media inferior a 5 cm. Además del pastoreo se practicó un desbrozado con siega mecánica en Julio. No se realizan fertilizaciones ni laboreo.	5,18 cabezas de ovino ha-año ⁻¹ . En el año 2006 las entradas se realizaron en Abril, Junio y Octubre. En 2007 se realizó una sola entrada en Abril.
BS(sg)	14,5	612,7	Margas y margocalizas del cuaternario. Cambisol calcáreo.	Olivar ecológico sin ganado en los dos años anteriores al inicio de la toma de datos. Siega mecánica de la cubierta vegetal espontánea en primavera (2 pases).	Cultivo ecológico del olivar con cubierta vegetal controlada por siega mecánica. Se realizaron dos siegas durante la primavera con desbrozadora manual de hilos. El material vegetal quedó en el suelo de la finca. No se realizan fertilizaciones ni laboreo.	–
BS(conv)	14,5	612,7	Margas y margocalizas del cuaternario. Cambisol calcáreo.	Olivar convencional sin cubiertas vegetales mediante tratamientos herbicidas en los 10 años previos al experimento.	Cultivo convencional sin cubierta vegetal. Aplicación de herbicidas en otoño (Diurón, 1,8 kg ha ⁻¹) y postemergencia en Marzo-Abril (Glifosato, 2 kg ha ⁻¹).	–

T^a: Temperatura media anual (°C). Pp: Precipitación media anual (mm)

TABLA 1. Características generales de las fincas experimentales del estudio.

TABLE 1. General characteristics of the experimental farms of the study.



© A. García Fuentes

Pastoreo rotacional de ganado ovino mediante pastor eléctrico en olivar ecológico de Villanueva del Trabuco, Málaga (finca VT).

Rotational sheep grazing using electric fence in the organic olive grove farm of Villanueva del Trabuco, Málaga (treatment VT).

área inventariada en todos los casos fue de un cuadrado de 2x1m.

El índice de diversidad de Shannon (H') (Shannon y Weaver, 1981) se calculó mediante la siguiente fórmula:

En la valoración de la calidad de las cubiertas herbáceas se han considerado las siguientes variables florísticas: composición florística, formas vitales o biotipos dominantes, riqueza específica, índice de diversidad de Shannon, valor pastoral, porcentaje de suelo desnudo y contribución específica de leguminosas y gramíneas.

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i * \ln(p_i)$$

Donde S es la riqueza específica por inventario y p_i es la abundancia relativa de la especie i .

Para la determinación de los taxones y el estudio de los biotipos de las especies vegetales nos hemos basado en la obra de Flora Vascular de Andalucía Oriental (Blanca *et al.*, 2011). En el estudio de las formas vitales hemos diferenciando solo dos tipos de especies: terófiticas (Ter) para las especies anuales y (Hem) para todas aquellas bianuales o perennes, independientemente de que sean hemicriptófitos, caméfitos, geófitos o fanerófitos. El valor se expresa en tanto por ciento de presencia en el inventario. Se descartan las especies con índice "+" de Braun-Blanquet y se tiene en cuenta el porcentaje de suelo desnudo en cada inventario.

Para la determinación del valor pastoral (V_p) se siguió la metodología de Daget y Poissonet (1972) y su desarrollo aplicado a los inventarios fitosociológicos (Barrantes *et al.* 2004):

$$V_p = 0,2 \sum C_s * I_s$$

Para cada uno de estos inventarios fitosociológicos se calculó la riqueza específica (S), correspondiéndose con el número total de especies por inventario.

Donde C_s es la contribución específica o abundancia de cada una de las especies vegetales en el inventario, en porcentaje. I_s es el índice de calidad forrajera de cada una de las especies, que varía de 0 a 5, y que se ha obtenido por comparación con especies similares de I_s conocido, por apreciaciones personales y por consultas a los ganaderos propietarios de las fincas de estudio. Los valores de este índice de calidad se presentan en el Anexo 1. Para cada tratamiento y año se obtiene un valor único de V_p .

Como medida adicional de la calidad y equilibrio de la composición florística de las cubiertas se usó el valor de la contribución específica para las leguminosas (*Fabaceae*) presentes en los inventarios levantados (Cs(leg)) y para las gramíneas (*Poaceae*) (Cs(gra)). Se seleccionaron estas dos familias botánicas por ser las más abundantes, aportar mayor valor pascícola y tener mejores adaptaciones al pastoreo (Machado y Milera, 2009).

Como medida de calidad de la cubierta vegetal, también se ha tenido en cuenta el porcentaje de suelo desnudo (SD) en la misma, estimada en los muestreos fitosociológicos realizados.

Variables edáficas estudiadas

Se tomaron muestras de suelo al inicio y final de los experimentos en los mismos puntos donde se realizaron los inventarios fitosociológicos.

Para ello se extrajo un kg de tierra con barrena manual sobre los 40 primeros cm de suelo, eliminando restos de la cubierta vegetal existente. Las muestras fueron llevadas a analizar al Laboratorio del IFAPA (Centro Alameda del Obispo, Córdoba). Las variables edáficas estudiadas fueron CIC (Capacidad de intercambio catiónico), Ca^{2+} (Calcio de cambio), Mg^{2+} (Magnesio de cambio), Na^+ (Sodio de cambio), K^+ (Potasio de cambio), P (Fósforo asimilable), MOO (materia orgánica oxidable), N (Nitrógeno orgánico), C/N (relación carbono-nitrógeno) y SO_4^{2-} (Sulfatos extracto acuoso 1/5).

Análisis estadísticos

Los análisis de las diferentes variables florísticas y edáficas se realizaron por separado. Se aplicó un modelo mixto lineal generalizado tomando como variable respuesta cada una de las variables estudiadas, como efectos fijos se usaron la finca y el tiempo (medidas repetidas), y como efecto aleatorio las diferentes parcelas muestreadas en cada finca. La distribución se ajustó para cada caso, utilizándose una distribución Gamma (enlace recíproco) o una distribución Poisson (enlace Log). Para aquellas variables que cumplían la condición de normalidad se usó una distribución Normal con enlace de identidad. Para la variable Cs(gra) se realizó una transformación de los datos \sqrt{x} para alcanzar una distribución Normal.

En todos los casos, tras aplicar el modelo estadístico, se revisó la distribución de residuales. Los efectos se consideraron significativos a un nivel de probabilidad del 5%. Se realizaron comparaciones múltiples por parejas mediante el método secuencial de Sidak, estableciéndose diferencias entre los distintos niveles con $p < 0,05$. Se ha utilizado el programa IBM SPSS Statistics (ver. 22 para Windows) para la elaboración de estos análisis.

Los análisis multivariantes se han realizado con el programa Ginkgo (Cáceres *et al.*, 2003). Se elaboró un análisis de componentes principales (PCA) utilizando la información mostrada en la Tabla 2 (variables florísticas) y la Tabla 4 (parámetros edáficos) correspondiente a la variación a lo largo del tiempo de cada una de las fincas (letras mayúsculas), transformando estos datos a variables categóricas. Para cada tratamiento se asignó el valor "-1" en el caso de que la variable descendiera de forma significativa, valor "1" en el caso de que ascendiera significativamente y "0" en el caso de que no se produjeran cambios significativos para esa variable a lo largo del periodo de estudio. En paralelo al PCA se realizó un análisis de clasificación tipo Fuzzy C-means (FZM) para comprobar las posibles similitudes (agrupamientos) entre las fincas en función de los datos categóricos mencionados. Para elegir el número de grupos se utilizaron los valores de los coeficientes "silueta". Sobre este análisis de clasificación se representó el PCA. Asimismo, para conocer las variables con mayor influencia en cada uno de los grupos creados mediante el FZM se aplicó un análisis de fidelidad de especies en el clúster (Chytrý *et al.*, 2006), realizado igualmente con el programa Ginkgo.

RESULTADOS

Variación de las variables florísticas de las cubiertas vegetales

Los resultados del modelo lineal generalizado aplicado a las variables estudiadas relacionadas con la flora se presentan en la Tabla 2.

En general, para las variables S y H' no hay cambios durante la duración del experimento para ninguna de las fincas. Los valores más altos de S se dan para ambos años en el tratamiento de equino. El valor medio de H' es similar en todas las fincas, salvo para BS(conv).

Las fincas VT y BS(sg) presentan grandes cambios en el segundo año respecto a Cs(leg), siendo este descenso muy drástico en esta última finca.

Un detalle más pormenorizado de estos cambios en la flora se muestra en la Tabla 3. En la finca VT las leguminosas presentes el primer año (*Medicago polymorpha* L., *M. doliata* Carming. y *M. orbicularis* (L.) Bartal.) disminuyen su grado de presencia en el segundo año, o desaparecen como *M. orbicularis*. En el caso de BS(sg) *Medicago minima* (L.) L. reduce su presencia en un 46,15% al segundo año. En la finca BS(eq) se produce también un fuerte descenso en el porcentaje de presencia de *M. minima* (35,72%), pero no llega a presentar cambios significativos la variable Cs(leg) ($F=3,41$; g.l.=1; $p=0,069$).

En BS(ov) aparecen dos nuevas leguminosas perennes como *Medicago sativa* L. y *Anthyllis vulneraria* L. subsp. *maura* (Beck.) Maire. Aunque no se dan cambios significativos en

Variable respuesta

S	Finca	2006	2007
H'	VT	21,70 ± 0,73 A b	19,20 ± 0,53 A bc
	BS(eq)	25,30 ± 1,02 A a	24,70 ± 1,21 A a
	BS(ov)	20,70 ± 0,77 A b	22,10 ± 0,50 A ab
	BS(sg)	19,50 ± 1,08 A b	17,70 ± 0,82 A c
	BS(conv)	2,30 ± 0,33 A c	2,90 ± 0,48 A d
Cs(leg)	VT	3,02 ± 0,35 A a	2,89 ± 0,03 A a
	BS(eq)	3,19 ± 0,39 A a	3,15 ± 0,05 A a
	BS(ov)	2,97 ± 0,40 A a	3,05 ± 0,02 A a
	BS(sg)	2,90 ± 0,54 A a	2,80 ± 0,05 A a
	BS(conv)	0,73 ± 0,15 A b	0,95 ± 0,16 A b
Cs(gra)	VT	38,28 ± 8,57 A ab	2,40 ± 0,40 B c
	BS(eq)	59,22 ± 6,88 A a	37,76 ± 7,45 A a
	BS(ov)	27,60 ± 4,34 A b	32,25 ± 4,27 A a
	BS(sg)	60,88 ± 8,53 A a	6,94 ± 1,97 B b
	BS(conv)	0,23 ± 0,23 c	-
SD	VT	52,85 ± 10,52 A a	78,45 ± 4,77 B a
	BS(eq)	6,50 ± 2,07 A c	26,48 ± 7,06 B b
	BS(ov)	53,88 ± 6,77 A a	9,47 ± 3,12 B b
	BS(sg)	15,37 ± 3,67 A b	66,29 ± 2,82 B a
	BS(conv)	-	-
Ter	VT	0,20 ± 0,20 A c	7,50 ± 3,18 B d
	BS(eq)	15,50 ± 2,63 A b	18,50 ± 2,36 A c
	BS(ov)	14,00 ± 2,77 A b	31,00 ± 1,94 B b
	BS(sg)	18,00 ± 5,38 A b	23,50 ± 2,79 A bc
	BS(conv)	94,30 ± 0,64 A a	93,40 ± 1,32 A a
Hem	VT	97,43 ± 0,75 A a	81,41 ± 4,78 B a
	BS(eq)	71,09 ± 4,48 A b	68,43 ± 4,45 A ab
	BS(ov)	82,20 ± 3,21 A a	40,44 ± 3,91 B b
	BS(sg)	78,82 ± 6,64 A a	74,30 ± 3,37 B a
	BS(conv)	4,11 ± 0,61 A c	3,37 ± 0,66 A c
Vp	VT	2,31 ± 0,79 A a	11,04 ± 2,62 B b
	BS(eq)	4,69 ± 2,93 A a	8,73 ± 3,43 A bc
	BS(ov)	1,31 ± 0,56 A a	21,52 ± 2,83 B a
	BS(sg)	0,24 ± 0,24 A a	0,77 ± 0,77 A cd
	BS(conv)	1,41 ± 0,52 A a	3,20 ± 1,62 A bd
Vp	VT	1274,50	1110,00
	BS(eq)	769,93	708,17
	BS(ov)	1104,68	447,36
	BS(sg)	825,96	490,85

Abreviaturas: (VT) Olivar ecológico con ganado ovino permanente, [BS(eq)] Olivar ecológico con control de la cubierta mediante ganado equino temporal, [BS(ov)] Olivar ecológico con control de la cubierta mediante ganado ovino temporal, [BS(sg)] Olivar ecológico con control de la cubierta mediante siega mecánica, [BS(conv)] Olivar convencional, (S) Riqueza específica, (H') Índice de diversidad de Shannon, (Cs(leg)) Contribución específica de leguminosas, (Cs(gra)) Contribución específica de gramíneas, (SD) Suelo desnudo, (Ter) Porcentaje de terófitos, (Hem) Porcentaje de bianuales y perennes, (Vp) Valor pastoral (UF/ha/año).

TABLA 2. Medias y error estándar para cada una de las variables relacionadas con la flora en cada finca/tratamiento y año. Letras mayúsculas en filas se corresponden a la variación de cada finca en el tiempo. Letras minúsculas en columnas a la comparación entre medias de las fincas en ese año. Letras distintas en filas y en columnas indican diferencias significativas ($P < 0,05$). Para la variable valor pastoral no se realizan comparaciones estadísticas por disponer de una sola repetición por finca y año.

TABLE 2. Means and standard error for the variables related to the flora for each property/treatment and year. Capital letters in rows correspond to the variation of each property over time. Lowercase letters in columns show the comparison between means of the properties in that year. Different letters in rows and columns indicate significant differences ($P < 0,05$). For the variable pastoral value there are no statistical comparisons as there is only one repetition for each property and year.

Cs(leg), sí se produce un aumento significativo de las especies perennes en esta finca, como se comenta más adelante.

En el primer año BS(sg) y BS(eq) tenían los mayores valores en cuanto a porcentaje de leguminosas en sus cubiertas (Tabla 2). Al final del experimento, los de mayor proporción fueron los tratamientos BS(eq) y BS(ov).

En cuanto al porcentaje de gramíneas en las cubiertas vegetales, los resultados indican que hubo cambios en todas las fincas salvo en BS(conv), donde no se encontraron gramíneas en la duración del experimento. En VT, BS(eq) y BS(sg) aumentó el porcentaje de forma considerable. Por el contrario, en BS(ov) se produjo un fuerte descenso de la presencia de gramíneas.

En la Tabla 3 comprobamos que en el conjunto de gramíneas que aumentan considerablemente en VT destaca principalmente *Bromus diandrus* Roth., y en menor medida *Hordeum murinum* L. subsp. *leporinum* (Link) Arcang., *Lolium rigidum* Gaudin y *Avena sterilis* L. En BS(eq) el aumento de gramíneas se encuentra también protagonizado principalmente por *Bromus diandrus*. Finalmente, para BS(sg) hay un aumento importante de *Trachynia distachya* (L.) Link y *Aegilops geniculata* Roth., y en este tratamiento la especie *Bromus diandrus* reduce su porcentaje de presencia.

En BS(ov) el descenso significativo de Cs(gra) está protagonizado por la especie *Bromus diandrus* Roth., al mismo tiempo se observa un aumento de *Plantago lanceolata* L., el cual eleva su presencia un 16,42%.

Los mayores valores de Cs(gra) fueron para los tratamientos VT y BS(ov) al inicio de los experimentos. En el año 2007 los mayores valores de presencia de gramíneas en las cubiertas los tuvieron las fincas VT y BS(sg).

En cuanto a la cobertura de suelo desnudo (SD; Tabla 2), se produjeron cambios en los tratamientos VT y BS(ov), aumentando de forma notable en esta última finca, llegándose a doblar la superficie de suelo desnudo. No obstante, el mayor porcentaje de cobertura vegetal se mantuvo en la finca VT en ambos años. Los mayores valores de suelo desnudo se presentaron obviamente en la finca BS(conv).

La presencia de terófitos en las cubiertas vegetales sufrió cambios significativos para los tratamientos VT y BS(ov) y para la BS(sg). Estas tres fincas presentaban al inicio de las experiencias los mayores porcentajes de terófitos. En el año 2007, VT y BS(sg) siguieron teniendo los mayores índices de terófitos, pero hubo descensos muy importantes en BS(ov).

En cuanto a la presencia de especies perennes en las cubiertas vegetales se comprueba que al finalizar la toma de datos en 2007 se producen aumentos en las fincas con control de

Especies	T/H	2006					2007				
		VT	BS(eq)	BS(ov)	BS(sg)	BS(conv)	VT	BS(eq)	BS(ov)	BS(sg)	BS(conv)
<i>Lolium rigidum</i>	T	9,54	0,39	0,30	1,99		12,08		0,65	0,54	
<i>Bromus diandrus</i>	T	6,82		54,81	10,44		16,42	19,81	8,50	6,81	
<i>Medicago minima</i>	T		61,70	21,80	52,68			25,98	27,80	6,53	
<i>Scorpiurus muricatus</i>	T		0,39		0,99	0,13		0,33	0,27		
<i>Avena sterilis</i>	T	0,82	1,18				3,14	0,32			
<i>Medicago doliata</i>	T	0,55	3,93	0,61	1,74						
<i>Coronilla scorpioides</i>	T		0,39	2,12				0,32	0,65		
<i>Silene vulgaris</i>	H		0,39				0,24		0,33		0,10
<i>Trifolium stellatum</i>	T		3,14	0,91				11,69	4,58		
<i>Medicago polymorpha</i>	T	31,09		0,61			1,69				
<i>Cerastium glomeratum</i>	T	1,36					0,24		0,33		
<i>Scandix pecten-veneris</i>	T	0,27					0,24	0,32			
<i>Taraxacum obovatum</i>	H		4,72	0,30					0,99		
<i>Bromus madritensis madritensis</i>	T		2,36		0,25					0,54	
<i>Polygala monspeliaca</i>	T			0,61				0,32		0,54	
<i>Aegilops geniculata</i>	T				3,48			2,6		19,6	
<i>Leontodon longirostris</i>	T				1,49			8,12	0,65		
<i>Minuartia hybrida</i>	T					0,13		0,32			0,10
<i>Hordeum murinum leporinum</i>	T	41,72					47,34				
<i>Medicago orbicularis</i>	T	2,18			1,49						
<i>Crepis vesicaria</i>	H	1,36					8,45				
<i>Carduus pycnocephalus</i>	H	0,27					0,97				
<i>Bromus sterilis</i>	T		3,14		0,50						
<i>Sherardia arvensis</i>	T		0,79					2,27			
<i>Lathyrus cicera</i>	T		0,39						0,33		
<i>Plantago lanceolata</i>	H			0,91					17,33		
<i>Vicia benghalensis</i>	T			0,91					0,65		
<i>Medicago truncatula</i>	T				4,72					0,27	
<i>Dactylis glomerata hispanica</i>	H				0,25				0,33		
<i>Anthyllis vulneraria maura</i>	H							0,32	0,33		
<i>Galium tricorutum</i>	T					0,81					0,82
<i>Asparagus acutifolius</i>	H					0,67					1,03
<i>Reseda lutea lutea</i>	H					0,67					0,72
<i>Vaccaria hispanica</i>	T					0,27					0,21
<i>Convolvulus arvensis</i>	H					0,13					0,31
<i>Medicago rigidula</i>	T						0,24			0,27	
<i>Trachynia distachya</i>	T							2,27		39,20	
<i>Geranium dissectum</i>	T	1,64									
<i>Torilis arvensis neglecta</i>	T	1,64									
<i>Senecio vulgaris</i>	T	0,27									
<i>Anacyclus clavatus</i>	T	0,27									
<i>Calendula arvensis</i>	T		0,79								
<i>Avena barbata barbata</i>	T		0,39								
<i>Echinaria capitata</i>	T		0,39								
<i>Trifolium hirtum</i>	T			2,12							
<i>Parentucellia latifolia</i>	T				1,74						
<i>Hippocrepis ciliata</i>	T				0,25						
<i>Hirschfeldia incana</i>	T					0,27					
<i>Rumex pulcher woodsii</i>	H						0,97				
<i>Trifolium tomentosum</i>	T						0,48				
<i>Micropyrum tenellum aristatum</i>	T							2,60			
<i>Vicia lutea lutea</i>	T							1,95			
<i>Rhagadiolus stellatus</i>	T							0,65			
<i>Filago lutescens</i>	T							0,65			
<i>Valerianella coronata</i>	T							0,32			
<i>Vulpia unilateralis</i>	T							0,32			
<i>Lagoecia cuminoides</i>	T							0,32			
<i>Medicago sativa</i>	H								2,62		
<i>Plantago sempervirens</i>	H								1,96		
<i>Linum tenue</i>	H								0,33		
<i>Bellis perennis</i>	H								0,33		
<i>Aegilops triuncialis</i>	T									0,82	
<i>Linum strictum</i>	T									0,27	
<i>Anarrhinum bellidifolium</i>	H									0,27	
<i>Bituminaria bituminosa</i>	H									0,27	
<i>Cynodon dactylon</i>	H									0,27	
<i>Daucus carota</i>	H										0,10
<i>Euphorbia serrata</i>	H										0,10

Abreviaturas: (VT) Olivar ecológico con ganado ovino permanente, [BS(eq)] Olivar ecológico con control de la cubierta mediante ganado equino temporal, [BS(ov)] Olivar ecológico con control de la cubierta mediante ganado ovino temporal, [BS(sg)] Olivar ecológico con control de la cubierta mediante siega mecánica, [BS(conv)] Olivar convencional.

TABLA 3. Listado de especies detectadas en las fincas de estudio para los años 2006-2007. Se han descartado los taxones con valores inferiores a 1 en el índice de Braun-Blanquet. Para cada taxon se indica su contribución específica (Cs) media en cada finca. La columna T/H indica si se trata de un terófito (T) o de una especie bianual o perenne (H). Los números en negrita señalan los valores de Cs mayores al 10%

TABLE 3. List of species detected in the study properties for the years 2006-2007, discarding taxa with values less than 1 in the Braun-Blanquet index. For each taxon the mean specific contribution (Cs) values in each property are indicated. The T/H column indicates if the taxon is a terophyte (T) or biannual or perennial (H). Numbers in bold are Cs values above 10%.

cubierta mediante ganado ovino, siendo muy importante este incremento en la finca BS(ov). Asimismo, los mayores valores de presencia de perennes se dan en estas fincas. En VT el aumento de las especies perennes se debe fundamentalmente a la presencia de *Crepis vesicaria* L. subsp. *taraxacifolia* (Thuill.) Thell. En BS(ov) destaca el taxon *Plantago lanceolata* (Tabla 3).

En cuanto al valor pastoral de las fincas (Tabla 2) destacar que todas las fincas muestran una tendencia a la baja en este valor, produciéndose un descenso considerable del valor pastoral de las cubiertas vegetales en las parcelas de BS(ov) y BS(sg).

Parámetros edáficos en las diferentes fincas de estudio

En la Tabla 4 se muestran los resultados para las diferentes variables edáficas estudiadas.

En los contrastes por pares de año en cada finca se observan algunos cambios significativos. La variable CIC sólo experimenta cambios para la finca BS(conv), que incrementa de manera importante su valor. La variable Mg^{2+} incrementa sus contenidos para las fincas sin ganado. El Na^+ aumenta en las fincas con ovino permanente, con equino y en olivar convencional, se mantiene sin cambios en ovino temporal y disminuye en la finca sin ganado. El P se mantiene en las fincas de manejo ecológico pero disminuye de manera importante en la finca de olivar convencional. El N sólo aumenta en la finca que mantiene el ganado de manera permanente. El pH disminuye ligeramente en la finca con ganado equino y aumenta en la finca de manejo temporal con ovino y en la de manejo convencional. La relación C/N aumenta para la finca manejada con equino, y disminuye para BS(sg). La conductividad aumenta para todas las fincas salvo para VT. Finalmente, los sulfatos disminuyen en todas las fincas.

Analizando en detalle ahora los contrastes entre fincas en cada año, destaca VT al presentar los mayores valores de N y K^+ en todo momento. Para el fósforo, VT también es el tratamiento con el valor más elevado, seguido de cerca por BS(conv) aunque solo para el año 2006.

Los mayores valores de Ca^{2+} se dan en VT y BS(eq). En cambio, el tratamiento de ovino temporal presenta los menores valores de este elemento en suelo.

Los valores de Mg^{2+} son los más altos en los tratamientos VT y BS(ov) y en BS(conv), pero solo al inicio de la toma de datos. Al finalizar la toma de datos solo la finca BS(conv) tiene el mayor valor de este parámetro.

Los mayores valores de Na^+ los presentaba BS(sg) en el primer año. En el año 2007 parecen igualarse todos los tratamientos en cuanto a este nutriente.

BS(sg), BS(ov) y BS(eq) tienen los mayores valores en la relación C/N en el primer año. En el segundo año solo BS(ov) y BS(eq) mantienen la supremacía. En cuanto a la materia orgánica, VT es la de mayor valor en ambos años de muestreo. La finca con menores valores es BS(conv).

En los carbonatos destacan BS(ov) y BS(sg) en ambos años. Para los sulfatos BS(eq) tiene el mayor valor en el primer año pero en el segundo parecen igualarse todos los tratamientos, salvo BS(conv) que sigue siendo el de menor valor.

En la conductividad destacan VT y BS(eq), que se mantienen altos al segundo año, junto con BS(ov). En el valor del pH todas las fincas presentan datos parecidos. La finca con mayor valor de CIC es VT para ambos años de medición.

Finalmente, en la Figura 2 se representa un análisis de componentes principales realizado a partir de la transformación en valores categóricos según los cambios producidos en las variables florísticas y edáficas a lo largo del tiempo. En él comprobamos que las fincas manejadas con ovino tienen variaciones muy similares según este PCA basado en un agrupamiento FZM (90,99% de varianza acumulada para los tres primeros ejes). El resto de los tratamientos no tienen similitudes entre ellos en función de las variaciones habidas en el tiempo.

En la Tabla 5, donde se exponen las variables que más influencia tienen para el agrupamiento de los diferentes tratamientos, se comprueba que en el caso de BS(conv) influye la

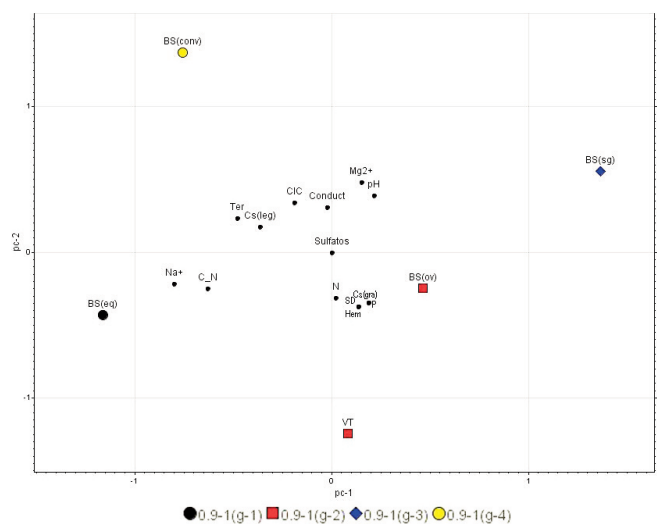


FIGURA 2. Agrupaciones de las diferentes fincas/tratamientos según análisis de componentes principales (PCA) de las variables florísticas y edáficas estudiadas. En la leyenda se muestra la probabilidad asignada a cada grupo generado a través del análisis Fuzzy-C-means.

FIGURE 2. Grouping of different properties/treatments according to a principal component analysis (PCA) of the floristic and soil variables studied. The probability assigned to each group generated through Fuzzy C-means clustering is presented in the legend.

Variable respuesta	Finca	2006	2007	Variable respuesta	Finca	2006	2007
CIC (meq/100g)	VT	30,47 ± 1,03 A a	27,60 ± 0,72 A a	MOO (%)	VT	3,51 ± 1,57 A a	3,97 ± 0,17 A a
	BS(eq)	24,86 ± 1,06 A a	22,62 ± 1,05 A a		BS(eq)	2,55 ± 1,10 A b	2,76 ± 0,11 A b
	BS(ov)	12,47 ± 0,66 A b	12,21 ± 0,77 A b		BS(ov)	2,33 ± 0,19 A b	2,38 ± 0,20 A bc
	BS(sg)	14,92 ± 0,98 A b	15,00 ± 0,96 A b		BS(sg)	2,07 ± 0,16 A b	2,09 ± 0,22 A cd
	BS(conv)	19,36 ± 2,01 A b	23,63 ± 1,73 B a		BS(conv)	1,52 ± 0,17 A c	1,57 ± 0,13 A d
Ca ²⁺ (meq/100g)	VT	25,79 ± 1,02 A a	23,12 ± 0,78 A a	N (%)	VT	0,18 ± 0,00 A a	0,21 ± 0,00 B a
	BS(eq)	22,44 ± 1,22 A a	20,32 ± 1,03 A ab		BS(eq)	0,13 ± 0,00 A ab	0,13 ± 0,00 A b
	BS(ov)	7,77 ± 0,72 A c	7,37 ± 0,73 A d		BS(ov)	0,11 ± 0,00 A b	0,11 ± 0,01 A b
	BS(sg)	12,51 ± 0,94 A b	11,78 ± 0,82 A c		BS(sg)	0,10 ± 0,00 A b	0,11 ± 0,01 A b
	BS(conv)	14,25 ± 1,53 A b	16,61 ± 1,47 A b		BS(conv)	0,08 ± 0,00 A b	0,08 ± 0,01 A b
Mg ²⁺ (meq/100g)	VT	2,76 ± 0,27 A ab	2,53 ± 0,14 A c	pH	VT	8,45 ± 0,18 A a	8,40 ± 0,01 A a
	BS(eq)	1,78 ± 0,39 A b	1,48 ± 0,10 A d		BS(eq)	8,63 ± 0,02 A a	8,52 ± 0,02 B a
	BS(ov)	3,90 ± 0,21 A a	3,98 ± 0,45 A b		BS(ov)	8,45 ± 0,02 A a	8,53 ± 0,02 B a
	BS(sg)	1,70 ± 0,15 A b	2,35 ± 1,67 B c		BS(sg)	8,54 ± 0,02 A a	8,54 ± 0,02 A a
	BS(conv)	3,96 ± 0,39 A a	5,31 ± 0,39 B a		BS(conv)	8,44 ± 0,05 A a	8,56 ± 0,04 B a
Na ⁺ (meq/100g)	VT	0,23 ± 0,00 A c	0,33 ± 0,01 B a	C/N	VT	11,10 ± 0,22 A b	10,85 ± 0,39 A b
	BS(eq)	0,20 ± 0,00 A c	0,34 ± 0,00 B a		BS(eq)	11,29 ± 0,14 A ab	12,31 ± 0,19 B a
	BS(ov)	0,32 ± 0,00 A b	0,34 ± 0,01 A a		BS(ov)	12,16 ± 0,24 A a	12,61 ± 0,39 A a
	BS(sg)	0,41 ± 0,03 A a	0,35 ± 0,0 B a		BS(sg)	12,21 ± 0,30 A a	11,04 ± 0,33 B b
	BS(conv)	0,33 ± 0,00 A b	0,38 ± 0,01 B a		BS(conv)	10,68 ± 0,27 A b	10,79 ± 0,23 A b
K ⁺ (meq/100g)	VT	1,59 ± 0,11 A a	1,61 ± 0,07 A a	CE (mmhos/cm)	VT	0,16 ± 0,01 A a	0,15 ± 0,00 A ac
	BS(eq)	0,43 ± 0,03 A c	0,48 ± 0,37 A b		BS(eq)	0,12 ± 0,00 A ab	0,21 ± 0,01 B a
	BS(ov)	0,48 ± 0,04 A c	0,50 ± 0,08 A b		BS(ov)	0,10 ± 0,00 A b	0,16 ± 0,01 B ab
	BS(sg)	0,43 ± 0,08 A c	0,52 ± 0,18 A b		BS(sg)	0,10 ± 0,00 A b	0,12 ± 0,00 B bc
	BS(conv)	0,85 ± 0,16 A b	0,72 ± 0,60 A b		BS(conv)	0,10 ± 0,00 A b	0,13 ± 0,00 B bc
Carbonatos (%)	VT	37,79 ± 1,38 A b	42,46 ± 0,58 A bc	SO ₄ ²⁻	VT	0,74 ± 0,02 A b	0,61 ± 0,05 B a
	BS(eq)	35,53 ± 3,86 A b	37,74 ± 3,19 A c		BS(eq)	0,88 ± 0,03 A a	0,53 ± 0,03 B a
	BS(ov)	60,11 ± 2,80 A a	55,71 ± 3,48 A ab		BS(ov)	0,66 ± 0,04 A b	0,49 ± 0,02 B a
	BS(sg)	70,88 ± 2,41 A a	64,94 ± 2,85 A a		BS(sg)	0,66 ± 0,02 A b	0,48 ± 0,06 B a
	BS(conv)	30,92 ± 3,18 A b	33,87 ± 4,14 A c		BS(conv)	0,53 ± 0,01 A c	0,32 ± 0,01 B b
P (ppm)	VT	9,99 ± 1,06 A a	12,53 ± 1,63 A a				
	BS(eq)	4,21 ± 0,39 A b	3,55 ± 0,33 A b				
	BS(ov)	4,71 ± 0,89 A b	3,55 ± 0,77 A b				
	BS(sg)	4,18 ± 0,27 A b	3,42 ± 1,44 A b				
	BS(conv)	8,43 ± 1,69 A a	2,53 ± 0,35 B b				

Abreviaturas: (VT) Olivar ecológico con ganado ovino permanente. [BS(eq)] Olivar ecológico con control de la cubierta mediante ganado equino temporal. [BS(ov)] Olivar ecológico con control de la cubierta mediante ganado ovino temporal. [BS(sg)] Olivar ecológico con control de la cubierta mediante siega mecánica. [BS(conv)] Olivar convencional. CIC (Capacidad de intercambio catiónico). Ca (Calcio de cambio). Mg (Magnesio de cambio). Na (Sodio de cambio). K (Potasio de cambio). P (Fósforo asimilable). MOO (materia orgánica oxidable). N (Nitrógeno orgánico). C/N (relación carbono-nitrógeno). CE (Conductividad eléctrica). SO₄²⁻ (Sulfatos extracto acuoso 1/5).

TABLA 4. Medias y error estándar para cada una de las variables edáficas en cada finca/tratamiento y año. Letras mayúsculas en filas se corresponden con la variación en el tiempo para cada finca. Letras minúsculas en columnas a la comparación entre medias de las fincas en ese año. Letras distintas en filas y en columnas indican diferencias significativas ($P < 0,05$).

variación al alza de las medias en las variables CIC, Mg²⁺ y pH. Para BS(eq) las variables que más influyen son la relación C/N y el Na⁺. En el agrupamiento de las fincas VT y BS(ov) son sobre todo variables florísticas SD y Hem las que tienen el mayor peso. En menor medida influye la variación al alza en N ocurrida en VT. Para BS(sg) es el aumento de Mg²⁺ la variable que tiene mayor incidencia a la hora de establecer esta discriminación.

DISCUSIÓN

Los resultados indican que las parcelas con cubiertas herbáceas, con o sin tratamiento ganadero, poseen valores de riqueza específica y de diversidad vegetal mayores que el tratamiento con manejo convencional, resultados parecidos a los obtenidos por Mas y Verdú (2005) en cultivos de mandarina y comparando calles con herbicida y calles con cubierta segada. Asimismo, destacamos que estas variables tienen mayores valores medios en fincas manejadas con ganado, si

TABLE 4. Means and standard errors for each of the soil variables for each property/treatment and year. Capital letters in rows correspond to the variation in time for each property. Lowercase letters in columns correspond to the comparison means for each property in that year. Different letters in rows and columns indicate significant differences ($P < 0,05$).

bien sería necesario un mayor tiempo de análisis para confirmar estas tendencias. Es en la composición florística donde se han producido alteraciones más notables en el tiempo estudiado, así como en la cobertura del suelo, y de manera desigual para los diferentes fincas-tratamientos.

Así en las fincas con manejo con ovino, especialmente el realizado con altas cargas en primavera, se ha observado una disminución de gramíneas anuales, un aumento de especies perennes, con morfología de crecimiento postrado, poco palatables y con arquitectura de roseta basal, a la vez que un aumento del suelo desnudo, hechos que se han visto reflejados en otros trabajos (Díaz *et al.*, 2001; Díaz *et al.*, 2007; Fernández-Rebollo, 2013; Noy-Meir, 1989). Otro efecto observado en estas dos fincas con control de cubierta mediante ganado ovino es un descenso de especies anuales. Este último hecho es probable que no se deba solamente al pastoreo, puesto que aparece también de forma significativa en la finca BS(sg), si bien en esta última lo hace

en un porcentaje mucho menor que en las de manejo con ganado ovino.

Tampoco parece ser el pastoreo la causa del descenso en la presencia de leguminosas, puesto que se produce en los tratamientos VT y BS(sg). Las leguminosas tienen una controvertida y difícil relación con el pastoreo. En la mayoría de las ocasiones no se puede predecir su comportamiento de forma clara puesto que su emergencia y desarrollo dependen de la abundancia y reparto de precipitaciones, del riesgo de heladas y de su propia estrategia reproductiva, con importantes mecanismos de latencia (Granda y Prieto, 1989; Díaz et al., 2007) y dispersión de sus semillas, como la epizocoria y la endozocoria.

En el caso del tratamiento BS(sg) el fuerte descenso en la presencia de leguminosas se fundamenta en la especie *M. minima*,

Variables	g-1 [BS(eq)]	g-2 [VT y BS(ov)]	g-3 [BS(sg)]	g-4 [BS(conv)]
S	-	-	-	-
H'	-	-	-	-
Cs(leg)	-	-	-	-
Cs(gra)	0,25	0,41	0,25	-1,00
SD	-0,71	1,73	-0,71	-0,71
Ter	-	-	-	-
Hem	-0,71	1,73	-0,71	-0,71
CIC	-0,50	-0,82	-0,50	2,00
Ca ²⁺	-	-	-	-
Mg ²⁺	-0,71	-1,15	1,06	1,06
Na ⁺	0,58	-0,24	-0,87	0,58
K ⁺	-	-	-	-
Carbonatos	-	-	-	-
P	-	-	-	-
MOO	-	-	-	-
N	-0,50	1,22	-0,50	-0,50
pH	-0,71	0,29	-0,71	1,06
C/N	2,00	-0,82	-0,50	-0,50
CE	0,25	-0,61	0,25	0,25
SO ₄ ²⁻	-	-	-	-

Abreviaturas: (VT) Olivar ecológico con ganado ovino permanente, [BS(eq)] Olivar ecológico con control de la cubierta mediante ganado equino temporal, [BS(ov)] Olivar ecológico con control de la cubierta mediante ganado ovino temporal, [BS(sg)] Olivar ecológico con control de la cubierta mediante siega mecánica, [BS(conv)] Olivar convencional, (S) Riqueza específica, (H') Índice de diversidad de Shannon, (Cs(leg)) Contribución específica de leguminosas, (Cs(gra)) Contribución específica de gramíneas, (SD) Suelo desnudo, (Ter) Porcentaje de terófitos, (Hem) Porcentaje de bianuales o perennes, CIC (Capacidad de intercambio catiónico), Ca²⁺ (Calcio de cambio), Mg²⁺ (Magnesio de cambio), Na⁺ (Sodio de cambio), K⁺ (Potasio de cambio), P (Fósforo asimilable), MOO (materia orgánica oxidable), N (Nitrógeno orgánico), C/N (relación carbono-nitrógeno), CE (Conductividad eléctrica), SO₄²⁻ (Sulfatos extracto acuoso 1/5).

TABLA 5. Valores resultantes del análisis de fidelidad de variables florísticas y edáficas aplicado sobre la matriz de datos de variación en el tiempo. Los grupos fueron previamente establecidos mediante análisis fuzzy c-means (FCM) siendo el más idóneo el que establecía cuatro grupos. Para este cálculo se han tenido en cuenta las letras mayúsculas en filas de las Tablas 2 y 4. Los valores de las variables han sido transformados a datos categóricos, de tal forma que si los cambios en el año de medición eran significativos al alza se le asigna el valor de (+1), si eran significativos a la baja el valor de (-1), y el valor (0) si no hay cambios significativos en la variable.

TABLE 5. Values resulting from the analysis of fidelity of the floristic and soil variables applied to the data matrix of changes over time. The four groups were previously established by fuzzy c-means (FCM) analysis. The calculation considers the capital letters in rows of tables 2 and 4. The values of the variables were transformed to categorical data: significant increases with time (+1), decreases (-1), and no significant changes (0).

que ejercía como dominante en la cubierta vegetal al inicio de la toma de datos, siendo sustituida al segundo año por *Trachynia distachya*. Esta gramínea es un taxon característico del orden *Trachynietalia dystachiae*, sintaxon que engloba los pastos terófiticos pioneros sobre materiales carbonatados (Ríos y Salvador, 2009). En el período de toma de datos no se llega a ver un descenso acusado de los nutrientes del suelo, pero se puede apreciar una tendencia marcada por el descenso significativo del sodio y los sulfatos, así como de la relación C/N. Este cambio de leguminosas por gramíneas con autoecología propia de suelos con nulo o incipiente pastoreo pudiera deberse a esta ausencia de pastoreo durante varios años consecutivos previa a la toma de datos y, por consiguiente, tener relación con el cambio producido en algunos de los nutrientes del suelo.

Al no haberse producido entradas de ganado en BS(sg) las especies dominantes asociadas al pastoreo desaparecen, dejando paso a otras especies características de niveles sintaxonómicos superiores (orden y alianza) y de autoecologías propias de zonas de poco o nulo pastoreo, y a menudo con menor palatabilidad. Este hecho ya fue denunciado por Izco (1973) en su esquema sobre la dinámica de pastos terófiticos mediterráneos.

Por otra parte, en las parcelas VT y BS(eq) las especies que protagonizan la subida del porcentaje de gramíneas en el segundo año de toma de datos son principalmente dos anuales propias de ambientes subnitrofilos por acción antropozógena: *Bromus diandrus*, característica del orden *Thero-Brometalia* y *Hordeum murinum* subsp. *leporinum*, propia de la alianza *Hordeion leporini* (García-Fuentes y Cano, 1998). Al mismo tiempo que se producen estos cambios en la composición florística que evidencian un aumento en nutrientes en el suelo, se produce un enriquecimiento significativo en nitrógeno orgánico para VT y un aumento en sodio de cambio para VT y BS(eq). Podemos en tal caso interpretar igualmente que este aumento de gramíneas obedece a la dinámica sucesional de comunidades, en este caso hacia formaciones vegetales con mayores apetencias por suelos eutrofizados debido a la acción del ganado; en el caso del tratamiento con ovino permanente por pastoreo continuado y en el caso del pastoreo con equino por un aumento inicial de la nitrificación.

Muy diferente es el comportamiento de las gramíneas en la finca pastoreada con altas cargas de ovino mediante entradas intermitentes (Bs(ov)). En esta finca se produce una pérdida importante de gramíneas terófitas destacando de nuevo *Bromus diandrus*. Este hecho se une a un aumento significativo del suelo desnudo, una entrada importante de especies perennes con arquitectura en roseta, y un mantenimiento del nivel de leguminosas. Estos cambios podrían deberse a diversas razones, entre las que estarían la intrusión de especies perennes desde zonas aledañas de monte transportadas por el ganado y la fuerte presión de pastoreo. Esta

finca se encuentra localizada en los pies de una ladera de monte y colindando con la vegetación natural de bosque mediterráneo. Esta mancha de vegetación vecina aporta un flujo importante de semillas de especies perennes que tienden a colonizar rápidamente las zonas aleatorias de olivar (Bochet *et al.*, 2007; Novák y Prach, 2003). Estas especies tienen una importante capacidad para generar bancos de semillas persistentes a corto plazo y una alta tasa de germinación en estos ecosistemas pastoreados (Reiné, 1998). Tal es el caso de *Silene vulgaris* subsp. *vulgaris*, algunas leguminosas hemipterofíticas: *Medicago sativa*, *Anthyllis vulneraria* subsp. *maura*, o gramíneas cespitosas, *Dactylis glomerata* subsp. *hispanica*, y sobre todo las plantagináceas *Plantago lanceolata* y *P. sempervirens*. Asimismo, al utilizar en esta finca cargas ganaderas instantáneas elevadas en cortos periodos de tiempo, se pudo haber favorecido el descenso de las gramíneas anuales, presentando dificultad de crecimiento tras la intensa defoliación, disminuyendo su capacidad fotosintética, superficie de transpiración y actividad radicular (Fahnestock y Detling, 2000). Todo ello conlleva a una notable reducción en la producción de semillas y a un aumento en la mortalidad.

En cuanto al comportamiento de las leguminosas anuales en esta finca, la especie que domina en el conjunto de leguminosas y que a lo largo del periodo de estudio eleva su porcentaje de presencia es *M. minima*. Esta especie tiene una producción de legumbres de pequeño tamaño y con espiras compactas y espinescentes adaptadas a este tipo de dispersión epizoócora. El ganado ovino ha podido transportar en su pelo legumbres de *M. minima* de fincas aleatorias en las diferentes entradas que ha realizado durante la duración de la toma de datos, pudiendo incidir en el mantenimiento del banco de semillas de leguminosas, fenómenos ya reconocidos por otros autores en sus diferentes trabajos sobre leguminosas y ganado ovino (Grime 1979; Shmida y Ellner 1983; Fischer *et al.*, 1996; Couvreur *et al.*, 2004; Freund *et al.*, 2014; Ramos *et al.*, 2015). Asimismo, este tipo de legumbres de pequeño tamaño, redondas y compactas resisten mejor el paso por el tracto digestivo del ganado ovino (Thomson *et al.*, 1990; Pakeman *et al.*, 2002), frente a otras especies con semillas de mayor tamaño y con menor dureza seminal. Por tanto, también se pudo enriquecer el banco de semillas con esta especie al consumir el ganado ovino legumbres de fincas aleatorias.

Por otra parte, las fincas que usaron ovino para el control de la cubierta vegetal, ya sea de forma permanente o temporal, parecen tener comportamientos similares según el análisis PCA (Figura 2), destacando el hecho del aumento del suelo desnudo y la presencia de hemipterofitos. En la finca de ovino temporal (BS(ov)) es muy llamativo que en el escaso tiempo transcurrido se produzca una pérdida de cobertura vegetal tan considerable. En trabajos similares como el de Ramos *et al.* (2010) no se encuentran diferencias significativas a lo largo del tiempo estudiado entre los tratamientos al analizar la cobertura

de suelo y el pastoreo en fincas de almendros. Sin embargo, en el trabajo de Ferrer *et al.* (1997) se concluye que el efecto del pastoreo en pastos arbolados tiende a aumentar significativamente el suelo desnudo, disminuyendo la cobertura de las gramíneas. Estos dos cambios se dan simultáneamente en el tratamiento con ovino temporal.

No obstante, el notable descenso de la cobertura de suelo en los tratamientos con ovino no es todavía preocupante si se mantienen los porcentajes de cobertura del segundo año, ya que según los datos de Belmonte *et al.* (1999), para ejercer de freno ante la erosión son suficientes valores de cobertura de suelo superiores al 60-65%. Asimismo, según estos mismos autores, el aumento paulatino de las especies perennes y la compactación del suelo son factores que influyen en que se produzca una menor erosión.

CONCLUSIONES

En el periodo de estudio se producen variaciones a nivel florístico y en cobertura de suelo desnudo de manera diferente según las fincas-tratamientos. El manejo de cubierta en olivar ecológico con ganado equino presenta los mayores valores de diversidad y riqueza florística, y no aumenta significativamente la superficie de suelo desnudo. En aquellos tratamientos con altas cargas de ovino se produce un aumento de las especies perennes con roseta basal, elevándose en ambos casos el porcentaje de suelo desnudo, si bien, en el tratamiento de ovino permanente se producen los mayores valores pastorales y las menores coberturas de suelo desnudo. En el tratamiento donde se maneja la cubierta con siega se dan buenos datos de diversidad florística y una alta presencia de terófitos.

Los cambios en los parámetros edáficos en los diferentes tratamientos a lo largo del tiempo no parecen ser destacables. A la finalización de la toma de datos, la finca con control de cubierta con ovino permanente presentó los mayores valores de nitrógeno, fósforo y potasio, materia orgánica y capacidad de intercambio catiónico; este último parámetro es también muy alto en la finca manejada con equino y en el olivar convencional.

Según los análisis multivariantes, los tratamientos de control de cubierta vegetal con altas cargas de ovino parecen tener comportamientos similares en cuanto al aumento de perennes y suelo desnudo. No se producen otros agrupamientos para el resto de los tratamientos.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a D. Jose María Pacios, D. Marcos Hita del Cid y D. Manuel Núñez su colaboración en todo momento para la realización del trabajo. Asimismo, agradecemos a los revisores anónimos de la revista Pastos sus sugerencias y aportaciones

que, sin duda, han mejorado y ayudado a la elaboración final de este artículo. Este trabajo fue financiado por un proyecto del Plan Propio de la Universidad de Jaén (Vicerrectorado de Investigación).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ÁLVAREZ S., SORIANO M.A. Y GÓMEZ J.A. (2007a) Evaluación del estado del suelo en olivares ecológicos de montaña en Sierra Morena. En: VVAA (Eds.). *Actas de las VIII Jornadas de Investigación de la zona no saturada del suelo*, Vol. VIII. Córdoba, España. Disponible en: <http://www.zonanosaturada.com/publics/ZNS07/area_3/02.pdf>.
- ÁLVAREZ S., SORIANO M.A., LANDA B.B. Y GÓMEZ J.A. (2007b) Soil properties in organic olive groves compared with that in natural areas in a mountainous landscape in southern Spain. *Soil Use and Management*, 23(4), 404-416.
- BARRANTES O., REINÉ R., ASCASO J., MENDOZA A., BROCA A. Y FERRER C. (2004) Pastos arbustivos y pastizales del tipo lasto-timo-aliagar de la Depresión del Ebro en la provincia de Huesca. Tipificación, cartografía y valoración. En: García Criado B. et al. (Eds.) *Pastos y ganadería extensiva*, pp 601-611. Salamanca, España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.
- BELMONTE SERRATO F., ROMERO DÍAZ A., LÓPEZ BERMÚDEZ F. Y HERNÁNDEZ LAGUNA E. (1999) Óptimo de cobertura vegetal en relación a las pérdidas de suelo por erosión hídrica y las pérdidas de lluvia por interceptación. *Papeles de Geografía*, 30, 5-15.
- BLANCA G., CABEZUDO B., CUETO M., SALAZAR C. Y MORALES TORRES C. (eds.) (2011) *Flora Vascular de Andalucía Oriental*. Granada, España: Universidades de Almería, Granada, Jaén y Málaga.
- BOCHET E., GARCÍA-FAYOS P. Y TORMO J. (2007) Roadside revegetation in semiarid Mediterranean environments. Part I: Seed dispersal and spontaneous colonization. *Restoration Ecology*, 15, 88-96.
- BRAUN-BLANQUET J. (1979) *Fitosociología: bases para el estudio de las comunidades vegetales*. Madrid, España: Editorial Blume.
- CACERES M. DE, FONT X., GARCIA R. & OLIVA F. (2003) VEGANA, un paquete de programas para la gestión y análisis de datos ecológicos. En: Actas del VII Congreso Nacional de la Asociación Española de Ecología Terrestre (eds A.E.E.T.), p 1484. Barcelona, España: A.E.E.T. Disponible en : <http://biodiver.bio.ub.es/ginkgo/Ginkgo.htm>
- CASTRO G., GÓMEZ, J.A. Y FERERES, E. (2006) Determinación de la fecha de siega de la cubierta protectora en el olivar. *Vida Rural*, 228, 36-48.
- CASTRO J., FERNÁNDEZ-ONDOÑO E., RODRÍGUEZ C., LALLENA A.M., SIERRA M. Y AGUILAR J. (2008) Effects of different olive-grove management systems on the organic carbon and nitrogen content of the soil in Jaén (Spain). *Soil & Tillage Research*, 98, 56-67.
- CHYTRÝ M., TICHÝ L., JASON H. Y BOTTA-DUKÁT Z. (2002) Determination of diagnostic species with statistical fidelity measures. *Journal of Vegetation Science*, 13, 79-90.
- COUVREUR M., VANDENBERGHE B., VERHEYEN K. Y HERMY M. (2004) An experimental assessment of seed adhesivity on animal furs. *Seed Science Research* 14, 147-159.
- DAGET P. Y POISSONET J. (1972) Un procédé d'estimation de la valeur pastorale des paturages. *Fourrages*, 49, 31-39.
- DÍAZ S., LAVOREL S., MCINTYRE S., FALCZUK V., CASANOVES F., MILCHUNAS D.G., SKARPE C., RUSCH G., STERNBERG M., NOY-MEIR I., LANDSBERG J., ZHANG W., CLARK H. Y CAMPBELL B.D. (2007) Plant trait responses to grazing – a global synthesis. *Global Change Biology*, 13, 313-341.
- DÍAZ S., NOY-MEIR I. Y CABIDO M. (2001) Can grazing response of herbaceous plants be predicted from simple vegetative traits? *Journal of Applied Ecology*, 38, 497-508.
- FAHNESTOCK J.T. Y DETLING J.K. (2000) Morphological and physiological responses of perennial grasses to long-term grazing in the Pryor Mountains, Montana. *American Midland Naturalist*, 143, 312-320.
- FERNÁNDEZ REBOLLO P. (2013). Contribución de la ganadería extensiva al mantenimiento de las funciones de los ecosistemas. En: Montero González G., Guijarro Guzmán M. et al. (Eds.), *Actas 6º Congreso Forestal Español CD-Rom*. 6CFE02-010, pp 1-24. Pontevedra, España: Sociedad Española de Ciencias Forestales. Disponible en: <http://secforestales.org/publicaciones/index.php/congresos/article/view/11013/10912>
- FERRER V., FERRER C., BROCA A. Y MAESTRO M. (1997) Cambios producidos por el ganado en la vegetación de pastos arbolados mediterráneos de Navarra. *Pastos*, 27(1), 87-115.
- FISCHER S.F., POSCHLOD P. Y BEINLICH B. (1996) Experimental studies on the dispersal of plants and animals on sheep in calcareous grasslands. *Journal of Applied Ecology*, 33(5), 1206-1222.
- FRANCIA-MARTÍNEZ J.R., DURÁN-ZUAZO V.H. Y MARTÍNEZ-RAYA A. (2006) Environmental impact from mountainous olive orchards under different soil-management systems (SE Spain). *Science of the Total Environment*, 358, 46-60.
- FREUND L., EICHBERG C., RETTA I. Y SCHWABE A. (2014) Seed addition via epizoochorous dispersal in restoration: an experimental approach mimicking the colonization of bare soil patches. *Applied Vegetation Science*, 17, 74-85.
- GARCÍA-FUENTES A. Y CANO E. (1998) Estudio de la flora en el alto valle del Guadalquivir (Jaén). *Monograf. Jard. Bot. Córdoba*, 7, 1-100. Disponible en: <http://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/187852.pdf>
- GARCÍA-FUENTES A., TORRES J.A. Y VALENZUELA L. (2008) Aprovechamiento con ganado de la cubierta vegetal del

- olivar ecológico: estudios de diversidad florística y parámetros edáficos. En: Fernández Rebollo P. et al. *Pastos, clave en la gestión de los territorios: Integrando disciplinas*, pp. 137-142. Córdoba, España: Consejería Agricultura y Pesca (Junta de Andalucía).
- GARCÍA-FUENTES A., VALENZUELA L. Y TORRES J.A. (2007) Características de la cubierta vegetal en olivar ecológico mantenida mediante pastoreo. En: Mansilla Martínez J. et al. (Eds.) *La Malherbología en los nuevos sistemas de producción agraria*, pp. 275-280. Albacete, España: UCLM y SEMh.
- GARCÍA MORENO A.M., CARBONERO MUÑOZ M.D., LEAL MURILLO J.R., MORENO ELCURE F. Y FERNÁNDEZ REBOLLO P. (2013) Efecto de la intensidad del pastoreo en la vejería, sincronía y producción de bellota de la encina en la dehesa. En: Sociedad Española de Ciencias Forestales. *Montes: servicios y desarrollo rural*, 12 pp. Vitoria-Gasteiz, España: Sociedad Española de Ciencias Forestales. Disponible en: www.congresoforestal.es/actas/doc/6CFE/6CFE01-125.pdf
- GÓMEZ J.A., ÁLVAREZ S. Y SORIANO M.A. (2009a) Development of a soil degradation assessment tool for organic olive groves in southern Spain. *Catena*, 79, 9-17.
- GÓMEZ J.A., SOBRINHO T.A., GIRÁLDEZ J.V. Y FERERES E. (2009b) Soil-management effects on runoff, erosion and soil properties in an olive grove of Southern Spain. *Soil and Tillage Research*, 102, 5-13.
- GÓMEZ-MUÑOZ B., HATCH D.J., BOL R. Y GARCÍA-RUIZ R. (2014) Nutrient dynamics during decomposition of the residues from a sown legume or ruderal plant cover in an olive oil orchard. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 184, 115-123.
- GRANDA M.L. Y PRIETO P.M. (1989) Contribución de pratenses anuales en la explotación de pastos naturales de la dehesa extremeña. En: SEEP (Ed.) *II Reunión Ibérica de Pastos y Forrajes*, pp 213-220. Badajoz-Elvás, España-Portugal: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos y Sociedade Portuguesa de Pastagens e Forrajes.
- GRIME J.P. (1979) *Plant Strategies and Vegetation Processes*. New York, EE.UU.: John Wiley & Sons.
- GUZMÁN G.I. Y FORASTER, L. (2012) El manejo del suelo y las cubiertas vegetales en el olivar ecológico. En: Consejería de Agricultura y Pesca, Junta de Andalucía (Ed.) *El olivar ecológico*, pp 45-88. Sevilla, España: Servicio de Publicaciones y Divulgación de la Consejería de Agricultura y Pesca, Mundi-Prensa.
- IZCO J. (1973) Aspectos dinámicos sobre los pastizales xerofíticos mediterráneos de la provincia de Madrid. *Anales del Instituto Botánico Cavanilles*, 30, 215-223.
- MACHADO R. Y MILERA M. (2009) Diversity and quantity of the flora in a disturbed and rationally grazed pastureland. *Pastos y Forrajes*, 32(3), 1-12.
- MAS M.T. Y VERDÚ A.M.C. (2005) Biodiversidad de la flora arvense en cultivos de mandarina según el manejo del suelo en las interfilas. *Bol. San. Veg. Plagas*, 31, 231-241.
- MILGROOM J., SORIANO M.A., GARRIDO J.M., GÓMEZ J.A. Y FERERES CASTIEL E. (2006) *Erosión en olivar ecológico. Manual de campo. Diagnóstico y recomendaciones*. Sevilla, España: Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía.
- NIETO O.M., CASTRO J., GUZMÁN G., FORASTER L. Y FERNÁNDEZ-ONDOÑO E. (2011) Ensayos con cubiertas vegetales y sistemas de manejo de suelo para la mejora del olivar. *Vida Rural*, 324, 36-40.
- NOVÁK J. Y PRACH K. (2003) Vegetation succession in basalt quarries: Pattern on a landscape scale. *Applied Vegetation Science*, 6, 111-116.
- NOY-MEIR I., GUTMAN M. Y KAPLAN Y. (1989) Responses of mediterranean grassland plants to grazing and protection. *Journal of Ecology*, 77, 290-310.
- PAJARÓN SOTOMAYOR M. (2007) *El olivar ecológico. Aprender a observar el olivar y comprender sus procesos vivos para cuidarlo*. Navarra, España: La fertilidad de la Tierra.
- PAKEMAN R.J., DIGNEFFE G. Y SMALL J.L. 2002. Ecological correlates of endozoochory by herbivores. *Functional Ecology*, 16, 296-304.
- PASTOR M. (2006) Efecto de las cubiertas vegetales en el contenido de agua del suelo. *Vida Rural*, 228, 1-9.
- RAMOS FONT M.E., GONZÁLEZ REBOLLAR J.L. Y ROBLES CRUZ A.B. (2015) Dispersión endozoócora de leguminosas silvestres: desde la recuperación hasta el establecimiento en campo. *Ecosistemas*, 24(3), 14-21.
- RAMOS FONT M.E., ROBLES CRUZ A.B. Y GONZÁLEZ REBOLLAR J.L. (2010) Efectos del manejo del suelo en la producción y composición botánica de los pastos de una "dehesa de almendros" en el sudeste ibérico. *Pastos*, 40(2), 157-173.
- REINÉ VIÑALES R.J. (1998) *El banco de semillas del suelo en comunidades pratenses de montaña, con distintos regímenes de gestión agrícola*. Tesis doctoral. Lérida, España: Universitat de Lleida.
- RÍOS S. Y SALVADOR F. (2009). 6220 Pastizales xerofíticos mediterráneos de vivaces y anuales. En: VV.AA. (Eds.) *Bases ecológicas preliminares para la conservación de los tipos de hábitat de interés comunitario en España*, pp 1-88. Madrid, España: Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino. Disponible en: http://www.jolube.es/Habitat_Espana/documentos/6220.pdf
- SAAVEDRA M. Y PASTOR M. (2002) *Sistemas de cultivo en olivar. Manejo de malas hierbas y herbicidas*. Madrid, España: Agrícola Española. S.A.
- SÁNCHEZ S., SAAVEDRA M. Y ALCÁNTARA C. (2004) Siega mecánica y capacidad de rebrote de cubiertas de crucíferas en el olivar. *Phytoma España*, 155, 14.
- SÁNCHEZ ESCUDERO J. (2004) La biodiversidad: un componente clave para la sostenibilidad de los agroecosistemas. En: Instituto de Sociología y Estudios Campesinos (Eds.) *Manual de Olivicultura Ecológica*, pp. 73-92. Córdoba, España: Universidad de Córdoba.

- SHANNON C.E. Y WEAVER W. (1981) *Teoría matemática de la comunicación*. Madrid, España: Forja.
- SHMIDA A. Y ELLNER S. (1983) Seed dispersal on pastoral grazers in open Mediterranean chaparral, Israel. *Israel Journal of Botany*, 32(3), 147-159.
- THOMSON E.F., RIHAWI S., COCKS P.S., OSMAN A.E. Y RUSSI, L. (1990) Recovery and germination rates of seeds of Mediterranean medics and clovers offered to sheep at a single meal or continuously. *Journal of Agricultural Science*, 114, 295–299.
- VALLE F. ET AL. (2004) *Modelos de restauración Forestal*. Volumen I. Datos Botánicos Aplicados a la Gestión del Medio Natural Andaluz I. Consejería de Medio Ambiente (Junta de Andalucía). Sevilla.

Especie	Is	Especie	Is
<i>Aegilops geniculata</i>	1	<i>Linum tenue</i>	0
<i>Aegilops triuncialis</i>	1	<i>Lolium rigidum</i>	3
<i>Anacyclus clavatus</i>	1	<i>Medicago doliata</i>	3
<i>Anarrhinum bellidifolium</i>	0	<i>Medicago minima</i>	3
<i>Anthyllis vulneraria subsp. maura</i>	4	<i>Medicago orbicularis</i>	4
<i>Asparagus acutifolius</i>	0	<i>Medicago polymorpha</i>	4
<i>Avena barbata subsp. barbata</i>	2	<i>Medicago rigidula</i>	2
<i>Avena sterilis</i>	2	<i>Medicago sativa</i>	5
<i>Bellis perennis</i>	0	<i>Medicago truncatula</i>	3
<i>Bituminaria bituminosa</i>	0	<i>Micropyrum tenellum var. aristatum</i>	1
<i>Bromus diandrus</i>	2	<i>Minuartia hybrida</i>	0
<i>Bromus madritensis subsp. madritensis</i>	3	<i>Parentucellia latifolia</i>	0
<i>Bromus sterilis</i>	1	<i>Plantago lanceolata</i>	0
<i>Calendula arvensis</i>	1	<i>Plantago sempervirens</i>	0
<i>Carduus pycnocephalus</i>	0	<i>Polygala monspeliaca</i>	0
<i>Cerastium glomeratum</i>	0	<i>Reseda lutea</i>	0
<i>Convolvulus arvensis</i>	0	<i>Rhagadiolus stellatus</i>	0
<i>Coronilla scorpioides</i>	2	<i>Rumex pulcher subsp. woodsii</i>	1
<i>Crepis vesicaria</i>	0	<i>Scandix pecten-veneris</i>	0
<i>Cynodon dactylon</i>	3	<i>Scorpiurus muricatus</i>	3
<i>Dactylis glomerata subsp. hispanica</i>	2	<i>Senecio vulgaris</i>	0
<i>Daucus carota</i>	0	<i>Sherardia arvensis</i>	0
<i>Echinaria capitata</i>	1	<i>Silene vulgaris</i>	2
<i>Euphorbia serrata</i>	0	<i>Taraxacum obovatum</i>	1
<i>Filago lutescens</i>	0	<i>Torilis arvensis subsp. neglecta</i>	0
<i>Galium tricorutum</i>	0	<i>Trachynia distachya</i>	1
<i>Geranium dissectum</i>	0	<i>Trifolium hirtum</i>	2
<i>Hippocrepis ciliata</i>	2	<i>Trifolium stellatum</i>	2
<i>Hirschfeldia incana</i>	0	<i>Trifolium tomentosum</i>	3
<i>Hordeum murinum subsp. leporinum</i>	3	<i>Vaccaria hispanica</i>	0
<i>Lagoecia cuminoides</i>	0	<i>Valerianella coronata</i>	0
<i>Lathyrus cicera</i>	3	<i>Vicia benghalensis</i>	3
<i>Leontodon longirrostris</i>	1	<i>Vicia lutea subsp. lutea</i>	3
<i>Leontodon saxatilis</i>	1	<i>Vulpia unilateralis</i>	1
<i>Linum strictum</i>	0		

ANEXO 1. Valores del índice de calidad forrajera (Is) tenidos en cuenta para el cálculo del valor pastoral (Vp).

APPENDIX 1. Forage quality index (Is) values used for calculating the pastoral value (Vp).

2

IN MEMORIAM

IN MEMORIAM

Leopoldo Olea Márquez de Prado**20 de octubre de 1943 - 8 de mayo de 2016****Socio de Honor de la SEEP**

Como dice una vieja canción “algo se muere en el alma cuando un amigo se va”... No sé si será en el alma, pero lo que sí es cierto es, querido profesor, que algo se ha quedado vacío desde el pasado 8 de mayo. Quienes compartimos tu día a día de cerca tuvimos la suerte de disfrutar de un ENTUSIASTA de la familia, del Rocío y la Feria de Sevilla, de la VIDA, y como no, de la dehesa.

En estas líneas queremos recordarte Leopoldo, y lo vamos a hacer en presente, como para muchos de nosotros lo estás en la cotidianeidad. Al Leopoldo profesor, catedrático, miembro de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos, marido y padre orgulloso de una gran familia; y por último al ganadero, humilde papel al que debemos dirigir nuestros esfuerzos para preservar la dehesa a lo largo del tiempo.

Naciste en tu querida Higuera de Vargas, a la que siempre volvías con cualquier excusa para disfrutar del campo, como tú sabes. Tras obtener el título de Ingeniero Agrónomo en la Universidad de Valencia volviste a tu amada Extremadura, donde te esperaba impaciente la dehesa para que la estudiaras y os conocierais como llegasteis a hacerlo. Primero como becario del Ministerio (qué raro se nos hace verte en ese papel), más tarde con la FAO y el Banco Mundial, donde tuviste la oportunidad de viajar por el mundo recogiendo semillas de pratenses en Chile, Australia, Estados Unidos,... lugares de donde guardas numerosas vivencias, compartidas con la gracia que te caracteriza. Al mismo tiempo simultaneaste la labor docente en la Escuela, que creció gracias al esfuerzo de gente como tú, desde una Escuela de Capacitación a la gran Escuela de Ingenierías que es hoy en día. Y mucho te lo debe a ti, queridísimo profesor, no sólo por tu labor como director desde 1984 a 1987, sino porque has formado a más de 2.000 egresados a los que has transmitido con pasión el respeto a nuestro ecosistema, posicionándolo en el lugar que le corresponde, uno de los motores de nuestra región. Nunca pasaste inadvertido, en ninguna de tus facetas, ni para lo bueno, ni para lo malo, pero supongo que es una característica intrínseca de tener una fuerte personalidad y de luchar por los tuyos por encima de todo, eso nadie te lo podrá recriminar.

Como investigador destacaríamos tu capacidad de observación y tu practicidad. Todos los proyectos que has dirigido, que son muchos, tanto regionales, como nacionales y europeos, están centrados en potenciar la capacidad de autoabastecimiento de la dehesa desde un punto de vista sostenible, destacando la importancia del pastoreo para el mantenimiento de la misma. Gracias a ellos y a tus numerosísimas comunicaciones a congresos, artículos, tesis y tesinas, tu basto legado no caerá en el olvido. Tus discípulos, entre los que afortunadamente nos encontramos, no lo permitiremos.

Pero no todo lo que has conseguido lo has logrado sólo; sí, querido profesor, detrás tuya siempre has encontrado el apoyo de Elena, una gran mujer que con gran coraje y paciencia te ayudó a formar la familia que tanto te enorgullece; tus tres hijos, Elena, Leopoldo y Borja y tus siete nietos, tu equipo de fútbol particular, ya que no les enseñaste a hacer niñas, para disgusto de Elena.

En tu otra familia, que es así como te gusta llamar a la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos, eres uno de los activos más potentes, socio desde 1976, miembro de la junta directiva desde el 87 ocupando la Presidencia 12 años después, impresionante. La has traído en numerosas ocasiones a reencontrarse con tu dehesa, organizando numerosos congresos, alabando sus virtudes en tus ponencias y “discutiendo” activamente en todos ellos.

Para acabar nos gustaría repetir uno de tus anhelos expuesto en la Reunión de Toledo en tu brillante ponencia “La dehesa: reflexiones de un ganadero”. En ella pedías que se iniciase el proceso de declaración de la dehesa del SO de la Península Ibérica como Patrimonio de la Humanidad, como siempre la vendiste. Ahora nos toca a nosotros culminar tu labor,

Gracias, profesor.

M^a José Poblaciones, Sara M. Rodrigo, Celia López-Carrasco, Teodoro García-White y Óscar Santamaría

3

REUNIONES CIENTÍFICAS

55 REUNIÓN CIENTÍFICA DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA PARA EL ESTUDIO DE LOS PASTOS (S.E.E.P.)

INNOVACIÓN SOSTENIBLE EN PASTOS: HACIA UNA AGRICULTURA DE RESPUESTA AL CAMBIO CLIMÁTICO LUGO-A CORUÑA, 26-29 ABRIL 2016



© Diputación de La Coruña

Participantes en la 55 Reunión Científica de la SEEP posan en las escaleras del Pazo de Mariñán (La Coruña).

En el escenario actual de mercados liberalizados, con bajos precios para la leche y la carne de vacuno y precios de insumos agrarios con proyección al alza y sumamente volátiles, el modelo productivo de las explotaciones de ganado vacuno se enfrenta a crecientes dificultades, motivo por lo que se hace necesaria su reorientación a sistemas basados en pastos producidos en la explotación, de forma económica, con alto valor nutricional y eficientemente utilizados en la alimentación del ganado.

La elevada potencialidad forrajera que posee la mayor parte de la Cornisa Cantábrica constituye uno de los puntos fuertes del

sector, mientras que la disponibilidad de tierras en las explotaciones, junto con la producción y la utilización eficiente de los recursos forrajeros en la alimentación del ganado, supone uno de los desafíos tecnológicos más importantes a los que se enfrenta la ganadería de vacuno, particularmente la de leche, como factor clave para su competitividad.

De ahí la necesidad de poner en práctica nuevos conocimientos derivados de las investigaciones en pastos, y de promover la innovación de forma sostenible dando respuesta a uno de los principales retos de la sociedad:

disponer de alimentos de calidad, producidos de forma sostenible, que ambientalmente protejan nuestro entorno. Con estos objetivos, a los que se une la necesidad de dar respuesta al cambio climático, en la 55ª Reunión Científica de la SEEP bajo el lema de "Innovación Sostenible en Pastos: hacia una Agricultura de Respuesta al Cambio Climático", se puso de manifiesto que el manejo de los pastos, especialmente con leguminosas ofrece grandes oportunidades para mejorar la competitividad de las explotaciones ganaderas. Se debatió sobre la importancia de los pastos en la conservación de la biodiversidad, la riqueza paisajística, y la aplicación de prácticas sostenibles con el medio ambiente que reduzcan las emisiones de gases de efecto invernadero. Además, se puso de manifiesto que otra herramienta clave en la adaptación al cambio climático es el aprovechamiento de los bancos de germoplasma, fuente de variedades autóctonas que por su naturaleza pueden adaptarse mejor a las condiciones climáticas actuales, y ser más resistentes a plagas y enfermedades.

DATOS DE PARTICIPACIÓN

• Participación de instituciones nacionales:

- Aprèn, Serveis Ambientals, S.L., Catalunya
- Bosques Naturales, Madrid
- Centro de Investigación y Formación Agrarias (CIFA), Cantabria
- Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA), Zaragoza
- Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo (CIAM), A Coruña
- Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de Extremadura (CICYTEX-LA ORDEN), Badajoz
- CIFP La Granja, Cantabria
- Estación Experimental de Aula Dei (CSIC), Zaragoza
- Estación Experimental del Zaidín (CSIC), Granada
- Fundación HAZI de Desarrollo Rural, Litoral y Alimentario, Gobierno Vasco
- Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera (IFAPA) Centro Las Torres, Alcalá del Río, Sevilla
- IFAPA-Centro Alameda del Obispo, Córdoba
- IFAPA-Centro Hinojosa del Duque, Córdoba
- Instituto Agroalimentario de Aragón-IA2, (Universidad de Zaragoza-CITA), Zaragoza
- Instituto de Agricultura Sostenible (CSIC), Córdoba
- Instituto de Ganadería de Montaña (CSIC-Universidad de León), León
- Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología (IRNASA-CSIC), Salamanca
- Instituto Madrileño de Investigación y Desarrollo Rural Agrario (IMIDRA), Madrid
- Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León (ITACyL), Salamanca
- Laboratorio Interprofesional Galego de Análise do Leite (LIGAL), A Coruña
- NEIKER-Instituto Vasco de I+D Agrario, Bizkaia
- Parque Nacional "Tablas de Daimiel", Ciudad Real
- Sección de estudios y normativa. Gobierno de Cantabria
- Servicio de Política Forestal y Espacios Naturales. JC Castilla-La Mancha, Toledo
- Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario (SERIDA), Asturias
- Sociedad Asturiana de Servicios Agropecuarios S. L. (ASA), Asturias
- Tecnologías e Infraestructuras Agroalimentarias (INTIA S.A.), Navarra
- Universidad Autónoma de Barcelona
- Universidad de Alcalá, Alcalá de Henares
- Universidad de Córdoba
- Universidad de Extremadura
- Universidad de León
- Universidad de Lleida
- Universidad de Oviedo
- Universidad de Santiago de Compostela
- Universidad de Zaragoza
- Universidad del País Vasco, Bizkaia
- Universidad Politécnica de Madrid
- Universidad Pública de Navarra
- Universitat de les Illes Balears
- Universitat de Vic-Universitat Central de Catalunya
- **TOTAL: 41**

• Colaboraciones fuera de España:

- Natural Resources Institute Finland (LUKE), Finlandia
- Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, México
- Universidad Autónoma Chapingo, México
- Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM), México
- Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Lerma (UAM-L), México
- Universidad de Aveiro, Portugal
- Universidad de Guadalajara, México
- Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua
- University of Turku, Finlandia
- University of Western Australia

Esta participación generó 85 inscripciones incluyendo ponentes invitados, delegados, acompañantes y organización.

El programa de trabajo se estructuró en 4 ponencias invitadas, 1 mesa redonda y 11 sesiones de trabajo: 2 dedicadas a Botánica y Ecología, 4 de Producción Vegetal, 3 de Producción

Animal y 2 de Sistemas y Recursos Silvopastorales, donde fueron expuestas 59 comunicaciones orales distribuidas de la siguiente forma:

- Botánica y Ecología: 10
- Producción Vegetal: 21
- Producción Animal: 15
- Sistemas y Recursos Silvopastorales: 13

Se llevaron a cabo tres visitas técnicas:

- Explotación experimental del Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo (A Coruña) donde se visitaron microinvernaderos para la multiplicación de semilla, cultivos de leguminosas anuales y raigrás, nave metabólica y sistemas de alimentación en las dietas típicas de ganado vacuno en Galicia, bancos de germoplasma, sistema piloto de tratamiento de efluentes y esorrentías en las explotaciones ganaderas, etc.
- Montaña suroriental lucense donde se visitó el valle de Cruzul con bosques de ribera, antiguos prados de siega, encinares y bosques mixtos incluidos dentro del espacio de la Red Natura "ZEC Cruzul-Agueira"; el entorno de Liñares (Pedrafito do Cebreiro) con arbolado autóctono y prados de siega con vegetación

influenciada por aspectos edáficos, y finalmente, la explotación "Casa Valín" con representación de prados de riego dedicados a pastoreo, a siega para heno, pastizales y pastos arbustivos.

- Sistemas de producción de ganado bobino de carne y de leche con diferentes sistemas de manejo (en pastoreo, semi-extensivo e intensivo), dando a conocer las transformaciones que tuvieron lugar en los últimos años en el modelo de aprovechamiento del territorio en dos localidades lucenses caracterizadas por la importancia del sector agro-ganadero. En el recorrido se visitaron dos explotaciones de vacas nodrizas en el municipio de A Fonsagrada (explotaciones "Frade" y "Casa de Pedreira") y dos de producción de leche en los municipios de A Pastoriza (ganadería "Patalarga") y Castro de Rei (SAT A Vereda), representando los sistemas de producción de carne y leche que se están consolidando en Galicia.

Y además a las jornadas de trabajo se añadieron otras actividades como:

- Recepción en el ayuntamiento de Lugo y visita guiada a la ciudad.
- Visita al Pazo de Mariñán (Bergondo). Diputación de Coruña.



RESEÑAS DE TESIS DOCTORALES

■ **Autora:** Julia M^a Chacón Labella.

Título: Spatial patterns of biodiversity in a species-rich Mediterranean shrubland.

Universidad/Departamento/Programa: Universidad Rey Juan Carlos. Biología y Geología, Física y Química Inorgánica. Conservación de Recursos Naturales.

Mención Internacional: Concedida.

Directores: Dr. Adrián Escudero Alcántara y Dr. Marcelino De la Cruz Rot.

Fecha de Lectura: 19/02/2016

Resumen

Comprender los mecanismos que estructuran las comunidades biológicas es uno de los mayores retos de la ecología desde sus comienzos como disciplina (Vellend 2010). Partiendo de la vieja dicotomía propuesta por Clements y Gleason donde se mostraban las comunidades como entes estructurados por procesos totalmente aleatorios (Gleason 1926) o como un "superorganismo" ideal (Clements 1916) hasta hoy, son múltiples las teorías que se han desarrollado y que se proponen explicar cómo se organiza y ensambla la diversidad a escalas locales y en comunidades muy diversas (Hubbell 2001; Ackerly 2003; Lortie *et al.* 2004). De manera más reciente, la controversia sobre el funcionamiento de los ecosistemas continúa, y el debate sigue desarrollándose en torno a una dialéctica basada en puntos de vista muy polarizados (Levins and Levontin 1985). En la actualidad el debate y la mayoría de trabajos se estructuran en torno a dos ejes principales: por un lado, la teoría de nicho ecológico (Levin 1970; MacArthur 1970; Weiher and Keddy 1999), derivada de la definición de nicho de Hutchinson 1957, y que propone comunidades formadas por especies que se comportan como elementos con requerimientos ambientales determinados que les permiten vivir en lugares concretos. Esta teoría se basa principalmente en la competición entre especies y en los filtros ambientales como responsables de la composición y estructura que encontramos a escalas locales/regionales (procesos de exclusión competitiva y partición de nicho). Por otro lado, y en el polo opuesto, la teoría neutral de la biodiversidad (Hubbell 2001) se basa en la idea de que las especies son equivalentes, y por lo tanto las diferencias de nicho no son determinantes para la coexistencia. En este caso, las comunidades no se encontrarían ensambladas por pro-

cesos relacionados con su nicho ecológico. Los procesos que darían lugar a la formación de las comunidades neutrales serían procesos estocásticos, de limitación en la dispersión de semillas, de extinción y especiación (Hubbell 2001; Chave 2004).

En este contexto, los matorrales Mediterráneos representan una oportunidad para explorar cuestiones relacionadas con la coexistencia de especies. Por un lado porque pueden presentar niveles de riqueza de especies muy elevados (Blondel *et al.* 1999). Por otro lado, porque son pocos los trabajos relacionados con la coexistencia de especies en ambientes hiperdiversos, que se hayan desarrollado fuera del ámbito forestal y/o tropical (ver como excepción los trabajos de Perry *et al.* 2008; Perry *et al.* 2009; Perry *et al.* 2014 en matorrales Mediterráneos de Australia). Además, los ecosistemas Mediterráneos son heterogéneos en el espacio y el tiempo: presentan una fuerte variación climática estacional, una larga historia de manejo, pastoreo y fuego. Y por último, porque dadas las condiciones semiáridas de estas localizaciones, es esperable, que las interacciones positivas entre especies tengan un papel más que relevante en los mecanismos de coexistencia.

En esta tesis se pretende explorar cuestiones relacionadas con la coexistencia de especies y la estructura de las comunidades en un matorral Mediterráneo hiperdiverso (tomillar). Para ello, se ha seguido un enfoque espacial, basado en el uso de herramientas de análisis de patrones de puntos, que contempla de manera conjunta explorar si los patrones observados responden al efecto de las interacciones entre especies (facilitación, competencia, segregación de nicho), si tienen como causa la heterogeneidad edáfica, o si son simple resultado de una posible estructuración geométrica y estocástica de la diversidad.

Disponible en:

<https://www.educacion.es/teseo/mostrarRef.do?ref=1226985>

■ **Autora:** María Isabel Fernández Abascal.

Título: Análisis comparativo de los efectos de la revegetación en brezales quemados de la provincia de León.

Universidad/Departamento/Programa: Universidad de León. Biodiversidad y Gestión Ambiental. Biología de Sistemas y Medioambiental.

Directores: Dr. Estanislao De Luis Calabuig y Dra. Reyes Tárrega García-Mares.

Fecha de Lectura: 03/02/2016.

Resumen

El objetivo general de la tesis es comprobar la efectividad de la siembra en zonas quemadas, con el propósito de aumentar la cobertura vegetal a fin de reducir la erosión del suelo. Con esta intención se abordaron los cuatro capítulos específicos de los que consta esta tesis: Analizar cuál de las diferentes combinaciones de especies herbáceas y leñosas es la más indicada en la revegetación de un brezal quemado experimentalmente, para reducir la erosión a corto plazo, y poder favorecer la sucesión hacia el bosque, a largo plazo. (CAPÍTULO 3). Establecer si la siembra de especies herbáceas autóctonas de la zona produce un incremento en la cobertura durante las primeras etapas de la regeneración en un brezal, quemado en un incendio natural. Determinar cuáles son las especies herbáceas más convenientes, en relación a cuál produce mayor cobertura a corto plazo y a la vez no interfiere con la recuperación natural de la vegetación. (CAPÍTULO 4). Investigar la dinámica de la recuperación de la comunidad vegetal en los dos brezales, para determinar si la siembra afecta a la regeneración natural. (CAPÍTULOS 3 Y 4). Determinar, mediante un estudio a corto plazo en laboratorio, si las especies herbáceas sembradas en ambos brezales (dos gramíneas y una leguminosa) afectan a la germinación de las semillas presentes en el banco edáfico de la zona, así como las posibles interacciones entre la leguminosa y las gramíneas. (CAPÍTULO 5). Determinar la dinámica de recuperación de la biomasa aérea después del fuego, en brezales, comparando parcelas quemadas en años diferentes y parcelas similares no quemadas. Se analiza la biomasa total de la comunidad vegetal, así como la de las principales especies leñosas presentes, comparando además los cambios en las fracciones fotosintéticas y no fotosintéticas, en función del tiempo transcurrido desde el fuego. Todos estos cambios pueden tener importantes implicaciones en la determinación del riesgo de futuros incendios (CAPÍTULO 6).

El éxito de la revegetación fue variable en las diferentes zonas, confirmándose la importancia de las condiciones meteorológicas posteriores a la siembra, sobre todo en el caso de las especies herbáceas. De las especies arbustivas sembradas, *Cytisus spp.* es la única que germina y presenta un buen desarrollo, manteniendo coberturas superiores al 50% en las parcelas sembradas desde el cuarto año hasta el fi-

nal del estudio (9 años). Además, se observa su colonización de las parcelas no sembradas. Los robles plantados tienen una tasa de supervivencia alta durante todo el periodo (9 años), aunque presentan problemas en su crecimiento, probablemente debido a malformaciones en su sistema radical. La siembra de herbáceas no parecía interferir con la recuperación natural de las especies leñosas durante el primer año. Sin embargo, a partir del segundo año se encuentra una cobertura leñosa significativamente menor en las parcelas sembradas con *Agrostis capillaris*, pero no en las sembradas con *Festuca rubra*, y la tendencia se mantiene hasta el fin del estudio (cuarto año). Esto confirma a *Festuca rubra* como más indicada para la revegetación. De todos los ensayos de revegetación se concluye la dependencia del éxito de la siembra de herbáceas de las condiciones meteorológicas posteriores. Además, especies a priori muy semejantes, como *Agrostis capillaris* y *Festuca rubra*, ambas gramíneas rizomatosas perennes, manifestaron un comportamiento muy diferente, con importantes implicaciones para el control de la erosión a corto plazo y para la recuperación natural de la comunidad a más largo plazo. Además, la rápida regeneración natural en estos brezales no haría necesaria, en la mayoría de los casos, su revegetación para prevenir la erosión. Otro aspecto es favorecer el avance sucesional mediante la introducción de especies de etapas maduras, que parece haber tenido un éxito parcial en el experimento realizado en la zona de Corcos.

■ **Autora:** María José Bande Castro.

Título: Valorización agronómica de residuos orgánicos na producción de cultivos forrajeros.

Universidad/Departamento/Programa: Universidad de Santiago de Compostela. Producción vegetal.

Directores: Dra. María Jesús Sainz Osés y Dra. María Elvira López Mosquera.

Fecha de Lectura: 01/02/2016.

Resumen

El VII Programa Ambiental Europeo (2013-2020), al igual que en programas anteriores, da prioridad a estrategias destinadas a convertir a la Unión Europea en una "economía circular" impulsando la mayor eficiencia en el uso de los recursos y la conversión de residuos en recursos. La transformación que ha sufrido el sector ganadero en las últimas décadas hacia una mayor intensificación, ha implicado la generación de gran cantidad de residuos, siendo su gestión una de las tareas más importantes a desarrollar desde el punto de vista medioambiental. De la misma manera, una de las prioridades de la industria alimentaria para mejorar su competitividad y la sostenibilidad de sus procesos productivos, es la minimización de los residuos que generan, así como el mejor aprovechamiento de todos aquellos que se originan en su actividad. El objetivo de este estudio, llevado a cabo durante cuatro años en una pradera y otros tres años

en una rotación de raigrás italiano-maíz forrajero, ha sido conocer y comparar el valor agronómico de distintos materiales orgánicos procedentes del sector ganadero y agroindustrial (purín de vacuno, estiércol de pollo (Biof®), lodo de industria láctea), frente a la fertilización convencional con abonos minerales en los dos aprovechamientos forrajeros más importantes en el NW español, estudiando sus efectos en la fertilidad del suelo y en la producción en cantidad y calidad en cultivo de pradera, raigrás italiano y maíz forrajero.

Los resultados mostraron que los distintos materiales orgánicos empleados han sido competitivos frente a la fertilización convencional a base de abonos minerales en los dos ensayos, aportando los nutrientes necesarios para el desarrollo rentable de los cultivos. Por otro lado se pudo comprobar que la aplicación anual de 4500 kg ha⁻¹ de estiércol de pollo deshidratado o dosis superior, tanto en un cultivo de pradera como en la rotación raigrás italiano-maíz forrajero, tiene un efecto enalante claro en el suelo, que se refleja sobre todo en la reducción del porcentaje de saturación de aluminio, comprobando que este parámetro es un indicador más sensible y significativo que el pH para valorar dicho efecto neutralizante. El purín y los lodos de industria láctea no recapitalizaron el contenido de materia orgánica a tan corto plazo, pero si la aplicación anual de 4500 kg ha⁻¹ de estiércol de pollo deshidratado, que en el cultivo de pradera pudo incrementar en 1-2 unidades porcentuales la materia orgánica del suelo en el período de estudio. Por otro lado se ha demostrado que la aplicación en una pradera durante cuatro años consecutivos, de purín de vacuno, lodo de industria láctea y estiércol deshidratado de pollo, no ha modificado el contenido en metales del suelo. Además, todos los metales han estado muy por debajo de los límites máximos permitidos por la legislación española y gallega que afecta a la aplicación de lodos en suelos ácidos. En condiciones limitantes para la producción de una pradera (sequía estival, retención de P en el suelo), el empleo de Biof® y lodo de industria láctea han proporcionado mayores producciones de forraje, que se pueden relacionar con la mayor disponibilidad del suelo en P y/o especialmente con su efecto enalante. En la pradera, el lodo de industria láctea y el estiércol de pollo deshidratado, aplicados como fertilizantes, determinan una composición química y una digestibilidad in vitro del forraje cortado para ensilado similar a la obtenida con la fertilización mineral convencional. El estiércol de pollo deshidratado es un fertilizante muy eficaz para la producción de maíz forrajero en suelos de baja fertilidad inicial. La aplicación de 7500 kg ha⁻¹ de estiércol de pollo deshidratado puede proporcionar entre un 25% y un 45% más de materia seca en corte de ensilado, dependiendo de las condiciones de cada año de cultivo, respecto a la fertilización mineral convencional. En la rotación de maíz forrajero-raigrás italiano, el estiércol de pollo deshidratado, aplicado a la dosis de 7500 kg ha⁻¹ en el cultivo de

maíz y 3500 kg ha⁻¹ en el de raigrás, proporciona forrajes con composición mineral y química y con digestibilidad in vitro similares a los producidos con la fertilización mineral convencional.

■ **Autor:** Alfonso Rodríguez Torres.

Título: Flora y vegetación del norte de la provincia de Toledo (Valles del Alberche y Alto Tiétar).

Universidad/Departamento/Programa: Universidad de Castilla-La Mancha. Ciencias ambientales. Herramientas y métodos para el estudio y conservación del Medio Ambiente.

Directores: Dr. Eusebio Cano Carmona y Dr. Federico Fernández González.

Fecha de Lectura: 19/01/2016.

Resumen

Se ha realizado un estudio florístico y fitosociológico del territorio situado al norte de la provincia de Toledo (España) entre los valles del río Alberche y alto Tiétar. Geológicamente se distingue dos grandes unidades diferenciadas claramente por los materiales metamórficos y plutónicos de naturaleza silíceo y edad primaria, sierras, y los sedimentarios de edad terciaria y cuaternaria, provenientes de la erosión de los materiales primarios y aportes fluviales, que se sitúan en las rampas y valles riparios. Existen inclusiones de calizas metamórficas repartidas por el territorio. El relieve está condicionado por la tectónica, que en este territorio se ha mostrado muy activa. Los suelos, por lo general, tienen pHs bajos y textura arenosa, naturaleza oligotrófica sobre los materiales silíceos y eutrófica sobre los sedimentarios. En los afloramientos calizos, los suelos poseen pHs algo mayores y son de naturaleza silicibásica, al estar cubiertos por derrubios de naturaleza silíceo. El clima de la zona es de tipo mediterráneo con oscilaciones en las precipitaciones que disminuyen de oeste a este. Biogeográficamente, el territorio se incluyen en la provincia Mediterránea Ibérica Occidental, subprovincia Luso-Extremaduraense, sector Toledano-Tagano. Se identifican dos termotipos, meso y supramediterráneo, y tres ombrotipos, seco, subhúmedo y húmedo.

El catálogo de la flora vascular incluye datos sobre sinónimas, biogeografía, fitosociología, biotipo y comentarios, en su caso, sobre los usos, afecciones, estado de conservación, etc. Recoge un total de 1100 táxones autóctonos, cultivados y naturalizados, destacando los de corología mediterránea que son el 50,4% de total. Se han identificado las especies vulnerables, las protegidas y las neófitas. De estas últimas se resaltan las que presentan carácter invasor. En el estudio de la vegetación se ha seguido la escuela fitosociológica de BRAUN BLANQUET. Se han identificado 117 asociaciones y comunidades vegetales englobadas en 38 clases fitosociológicas, y se incluyen descripciones, inventarios representativos y relaciones geosifitosociológicas. Se

han documentado 11 series de vegetación. Como series climatófilas destacan los encinares y melojares, como series fluviales las alisedas, fresnedas, saucedas y tamujares. Tienen también presencia las series temporihigrófilas de carácter relictico de alcornocales y quejigares lusitanos. Se ha realizado un listado de los tipos de Hábitats de Interés Comunitario y de Interés Regional, con sus equivalencias fitosociológicas, presentes en el territorio estudiado, identificándose un total de 32 tipos de Hábitats incluidos en el Anexo I de la Directiva 92/43, de los que 5 son prioritarios y 24 tipos de Hábitats de Interés Regional para Castilla-La Mancha, según la Ley 9/1999, de conservación de la naturaleza que engloban 65 asociaciones y comunidades vegetales.

La cartografía de la vegetación actual del territorio se ha elaborado a partir de las ortofotografías aéreas más recientes disponibles y la revisión de campo, apoyada en los recorridos asociados a los muestreos de la vegetación, además de la consulta de las fuentes cartográficas accesibles (Atlas de hábitats, Mapa Forestal, etc.) La superficie cartografiada se ajusta a la delimitación oficial de los espacios de la Red Natura 2000 más un búfer adicional de aproximadamente 100 m de anchura, establecido para poder adecuar los límites a la distribución real de los tipos de hábitats. La tabla de atributos asociada al teselado incluye en diversos campos las codificaciones de los tipos de hábitat del anexo 2 de la Directiva 92/43/CEE y del Catálogo de Hábitats de Protección Especial de Castilla-La Mancha representados en cada tesela, así como su equivalencia en términos de la clasificación fitosociológica de la vegetación, junto con una estimación de su cobertura relativa y de su estado de conservación. Además, en campos adicionales de observaciones se recogen otros tipos de vegetación o de ocupaciones del suelo representados en las teselas, así como información sobre la presencia de especies protegidas o con interés de conservación.

■ **Autor:** Iker Pablo Pardo Guereño.

Título: Distribution and dynamics of multiple components of plant diversity in a high mountain area: the Ordesa-Monte Perdido National Park.

Universidad/Departamento/Programa: Universidad de Barcelona. Institut de Recerca de la Biodiversitat. Biodiversidad.

Directores: Dra. Maria Begoña Garcia Gonzalez y Dr. Josep Maria Ninot Sugrañes.

Fecha de Lectura: 11/01/2016.

Resumen

The aim of this thesis was to explore the distribution of the taxonomic, phylogenetic and functional components of plant diversity in high mountains, and to show how different components of diversity have responded to land-use and climate change over the last two decades. To address this aim, we

used a multiple approach at different scales, by combining information from biodiversity databases and descriptive and experimental data gathered in the field. Some methodological improvements were implemented to account for the main sources of uncertainty inherent in the baseline data. The study was conducted in the Central Pyrenees, mainly in the Ordesa-Monte Perdido National Park (OMPNP).

In Chapter 1 we developed a novel method to assess the effect of the sampling effort when using information of classical databases to analyze spatial diversity patterns. Such method was used in chapter 2 to identify hotspots, and results were compared with the ones produced by an unbiased database information (standardized community surveys), finding an overall spatial mismatch among the different diversity components at small scale (Chapter 2). Grasslands resulted to be the richest habitat in terms of species and endemisms, whereas the highest values of phylogenetic and functional diversity were observed in some forests, specially among the mixed ones. The second part of the thesis analyzed recent trends of the richest plant communities in high mountain ranges, alpine grasslands, to the generalized reduction in grazing and climate warming. In chapter 3 we compared plant community composition and tree cover in the upper limit of the treeline ecotone between 1998 and 2009. A weak effect of the increase in tree cover on the dynamics of field layer vegetation was found, evidencing the slow response of alpine plant communities to drastic structural changes in the habitat. In chapter 4, we revisited after two decades 12 sites along an elevational gradient in two valleys of the Central Pyrenees. After accounting for the effect of the resampling error and the natural fluctuations of communities, we found that alpine grasslands were relatively stable over time at community, species and trait level. Evidences of the large ecological inertia of alpine grasslands were also found in two experimental exclusion of herbivores set 20 years ago where species richness did not significantly differ from control grasslands (Chapter 5). Differences in the community trajectories of ungrazed and control grasslands occurred only during a sequence of warm and dry growing seasons, which led us to conclude that the effects of the grazing reduction and climate warming acted synergistically.

Taken together, these results indicate that the response of alpine grasslands to land-use and climate change may be weaker and slower than expected according to predictive models and observations made in several grasslands below the treeline (rapid ecological succession after abandonment) and mountain summits (thermophilization) in the Central Pyrenees. The apparent stability of alpine grasslands depicted in our studies may revert as some tipping points are exceeded. However, the smooth response of grasslands may provide a good opportunity to implement timely management actions for the conservation of this exceptionally rich

habitat. The maintenance, and in some cases restoration, of traditional grazing activities, might be the simpler and more efficient strategy in the face of global change, and perhaps the only possible to alleviate the impact of climate warming on plant diversity.

■ **Autora:** Aránzazu Louro López.

Título: Greenhouse gas fluxes derived from agricultural practices in forage crops in the Atlantic area.

Universidad/Departamento/Programa: Universidad de Santiago de Compostela. Producción vegetal. Investigación Agraria y Forestal.

Mención Internacional: Concedida.

Directores: Dra. M. Dolores Baez Bernal, Dra. Laura M. Cárdenas, y Dra. María Jesús Sainz Osés.

Fecha de Lectura: 22/12/2015

Resumen

The overall aim of this thesis was to evaluate the impact of the agricultural practices for dairy farming on losses of GHG from soils under the Atlantic climatic conditions in Galicia (NW Spain), in order to make recommendations for practices that reduce emissions and increase crop yields. Large inter-annual and seasonal variations in the N₂O emissions from grasslands with dairy cattle grazing management and mineral fertilization were observed. These losses were driven by climatic and soil variables but also affected by differences in N management. Under a scenario of future climate change in Galicia, predicted by a global climatic model, better grazing management could help to reduce annual N₂O losses derived from N-management. Dry-wetting episodes can significantly contribute to increased annual N₂O emissions from soils and therefore justifies further research to identify the exact mechanisms in Galician soils. In grasslands, the use of cattle slurry as fertilizer did not significantly increase N₂O emissions with respect to mineral fertilization. Similar conclusions were obtained during forage maize cropping when organic fertilizers (injected cattle and pig slurries) were compared with mineral fertilization. The soils used in these experiments were C-rich so this factor did not limit N₂O production, and the large soil mineral N contents stimulated the losses of this gas. Modelling the effect of slurry application technique on emissions from grasslands showed that large proportions of mineral N are lost from slurries by ammonia volatilization when surface broadcast compared to when injected. When using slurries as fertilizers, shallow injection is recommended rather than surface broadcast application in order to mitigate indirect losses of N₂O and increase the fraction of mineral N available for plant N uptake. In terms of emission factors, the fraction of N lost as N₂O was lower than 1% proposed by IPCC when fertilizer applications coincided with dry weather conditions and mineral N was limited in soils. However, under the typical climatic conditions of the Atlantic area, that led optimal WFPS values for denitrification, losses of N₂O derived from

fertilization can reach values beyond 1%, especially when soil mineral N levels are large. Grassland soils in the Atlantic area were sinks of CH₄ and mineral fertilizer applications did not modify soil capacity to CH₄ uptake.

Similar conclusions were obtained for slurry applications, if the CH₄ emissions observed immediately after slurry application that resulted from the release of the dissolved CH₄ in the slurry were not considered. That denoted that the N applications to soils that received N for many years did not modify methanotrophy activity of the microorganisms present in those soils. Slurry applications did not cause an overall effect in the ecosystem respiration compared to non-treated or mineral fertilized grassland soils even when the resulting high CO₂ emissions observed immediately after slurry applications were considered. In grassland soils, mineral fertilizers and cattle slurries caused similar total CO₂ equivalents to produce the same yields, so both fertilizers could be used. However, if the costs of purchasing mineral fertilizers is considered, using injected slurries as fertilizer would be more beneficial for dairy farmers as animal wastes produced on farms would be recycled and milk production costs would be reduced. In forage maize soils, organic and mineral fertilizers resulted in similar yield-scaled N₂O emissions (expressed as dry matter or N uptake). However, they failed to efficiently increase crop yields and caused high losses of N₂O. Thus, the initial soil N contents at the moment of the N application and the dynamics of soil organic matter mineralization must be considered to adapt N rates to efficiently meet crop demands, especially in the period between sowing and top dressing application when demands are small.

Disponible en:

<https://www.educacion.es/teseo/mostrarRef.do?ref=1198629>

■ **Autor:** Francisco Antonio Galea Gragera.

Título: Desarrollo de un modelo predictivo usando tecnología NIRS para determinar las extracciones del triticale de doble aptitud (forraje y grano).

Universidad/Departamento/Programa: Universidad de Extremadura. Biología Vegetal, Ecología y Ciencias de la Tierra. Gestión y Educación Ambiental.

Directores: Dr. Fernando Llera Cid, Dr. Juan García Olmo y Dr. Luis Fernández Pozo.

Fecha de Lectura: 17/12/2015.

Resumen

Actualmente, para establecer el plan de abonado del triticale se están utilizando las necesidades nutritivas del trigo. Para determinar las extracciones del triticale de doble aptitud (cv. Verato) se planteó un diseño en bloques (tres tratamientos (SC=sin pastoreo, 1C=un pastoreo y 2C=dos pastoreos) y cinco repeticiones). El primer objetivo fue determinar las

extracciones de N, P, K, Ca y Mg utilizando equipos de laboratorio y métodos de referencia. El segundo objetivo consistió en diagnosticar el estado nutricional del cultivo (mediante espectroscopía) a partir de espectros NIR, estableciendo modelos de calibración multivariante en dos colectivos distintos: colectivo intacto fresco (hojas verdes) y colectivo molido seco (hojas secas y molidas).

Los resultados del primer objetivo fueron los siguientes: por cada 1000 kg MS/ha producida el triticale extrae 15,76 kg N/ha, 13,33 kg K/ha, 2,33 kg P/ha, 3,84 kg Ca/ha y 1,22 kg Mg/ha, lo que indica la elevada exigencia en N y K del triticale de doble aptitud. En el segundo objetivo fue posible predecir los parámetros de materia seca, N, P, K, Ca y Mg, expresados en % ($r^2 > 0,78$; RPD $> 2,12$ y RER $> 7,34$) o kg/ha ($r^2 > 0,70$; RPD $> 1,80$ y RER $> 7,03$), en ambos colectivos. En el colectivo intacto fresco, los errores de predicción fueron superiores a los obtenidos con triticale seco y molido. Las ecuaciones NIRS desarrolladas poseían un elevado valor científico y económico, así como una gran utilidad para el sector agrícola, permitiendo el análisis composicional inmediato y a bajo coste, independientemente del estado fenológico en que se encuentre el cultivo y de los pastoreos que se realicen.

■ **Autor:** Nuno Rafael Rebelo Faria.

Título: Implications of dry grassland management in the ecology and conservation of grassland birds in South Portugal.

Universidad/Departamento/Programa: Universidad Autónoma de Madrid. Ecología. Ecología.

Directores: Dr. João Eduardo Gomes Morais Rabaça y Dr. Manuel Borja Morales Prieto.

Fecha de Lectura: 23/10/2015.

Resumen

Los resultados indican que la abundancia de aves en un campo está positivamente relacionada con la superficie cortada en el entorno de ese campo en el año anterior. Sin embargo, se han encontrado efectos anuales contrastantes para los no paseriformes. Algunas especies prefieren campos con menos cortes de heno o superficie cortada (por ejemplo, la cogujada montesina), mientras que otras prefieren campos gestionados con frecuencia para la producción de heno (por ejemplo, la cogujada común y el triguero). La siega del heno induce el abandono de los campos y conduce a un fuerte descenso en la abundancia de aves en los campos. Los modelos obtenidos para sesión indican que la especie se encuentra principalmente en sitios con alta riqueza florística y gran abundancia de especies de leguminosas, aunque la composición vegetal difiere entre las áreas de machos y hembras. Se reveló que estas variables son cruciales para proporcionar mayores abundancias de artrópodos, en especial de *Acrididea*, *Formicidae* y algunos gru-

pos de coleópteros que son decisivos para la selección de los sitios de parada y de reproducción de las hembras. Por otro lado, los sisones se encuentran principalmente en los pastos de largo plazo y con pastoreo bajo a moderado. Por el contrario, se han encontrado una menor probabilidad de ocurrencia en los campos con altas cargas de pastoreo o sin pastoreo. Los transectos en campos segados para heno revelaron un bajo número de intentos de anidación con éxito, lo que sugiere una alta eliminación de nidos/aves muertas por la maquinaria. Las probabilidades más altas de eventos de mortalidad se encontraron en los campos segados más tarde y con rastrillos hileradores de un rotor.

■ **Autora:** Irene Martín Fores.

Título: Naturalización transcontinental de especies herbáceas en pastizales mediterráneos españoles y chilenos.

Universidad/Departamento/Programa: Universidad Complutense de Madrid. Ecología. Ecología y Medio Ambiente.

Directores: Dra. Belén Acosta Gallo y Dr. Miguel Ángel Casado González.

Fecha de Lectura: 09/10/2015.

Resumen

La naturalización de plantas exóticas se considera comúnmente una amenaza para la biodiversidad nativa. Sin embargo, algunos aspectos de este proceso no están claros: qué determina el éxito en la colonización, cómo ocurre el ensamblaje de comunidades con las especies nativas o qué mecanismos favorecen su dispersión. En los pastizales chilenos coexisten especies nativas y exóticas asociadas con la cultura agraria introducida durante el colonialismo español. El éxito de su naturalización está determinado por las características del área de origen y por factores ambientales condicionantes de la llegada, supervivencia, establecimiento, ensamblaje en comunidades, reproducción y expansión en el área de destino. El objetivo de este estudio es dilucidar los mecanismos subyacentes del proceso de naturalización transcontinental en Chile central. Se consideran diferentes escalas espaciales (biogeográfica, comunidad y población) y diferentes fases del proceso de colonización (establecimiento, naturalización e invasión).

Se han considerado pastizales mediterráneos españoles (dehesas) y chilenos (espinales). Los datos proceden de una exhaustiva revisión bibliográfica, muestreos de campo que consideran diferentes gradientes, y diseños experimentales de siembra de *Leontodon taraxacoides*, *Hypochaeris glabra* y *Trifolium glomeratum* bajo condiciones uniformes en área de origen y destino. Las exóticas de Chile son anuales (*Poaceae*, *Asteraceae*, y *Fabaceae*) procedentes de la cuenca mediterránea. Su proporción es mayor a escalas espaciales menores (espinal). La especie más abundante es

L. taraxacoides. Espinales y dehesas son equivalentes en términos florísticos, aunque la riqueza es mayor en España. El clima es el principal predictor del establecimiento de las especies, seleccionando en origen aquellas especies preadaptadas a las condiciones de destino. Las comunidades relacionadas con hábitats antrópicos en el origen actúan como principales donantes, aunque su importancia se supedita al clima de destino.

A escala regional los factores abióticos tienen más importancia que los bióticos actuando como filtro de especies. En España las especies colonizadoras (naturalizadas en Chile) no presentan relaciones marcadas con el ambiente, mientras que en Chile las exóticas dependen del clima, especialmente de la disponibilidad hídrica. Existen diferencias inter e intra-regionales en la co-ocurrencia de especies en la organización espacial de las comunidades. Las exóticas han desensamblado la comunidad chilena original, estando más segregadas espacialmente que las nativas, y más estructuradas en Chile que en España. Las especies nativas y exóticas se complementan en la ontogenia de la

comunidad en el tiempo, presentando estrategias diferentes en la ocupación del espacio. Las exóticas (anuales tolerantes al pastoreo) se establecen al principio, mientras que las nativas (defensivas frente al pastoreo) aumentan con el tiempo, lo que permite la coexistencia de ambas. Los mecanismos adaptativos (diferenciación ecotípica y plasticidad fenotípica) empleados por las poblaciones para adaptarse a las nuevas condiciones ambientales difieren según la especie considerada. *L. taraxacoides* presenta plasticidad fenotípica, mientras que *T. glomeratum* retrasa su fenología cuando procede de áreas más húmedas (diferenciación ecotípica). Para las tres especies, las poblaciones exóticas tienen mayores tasas de supervivencia que las nativas. Finalmente, la capacidad de dispersión se evaluó en *L. taraxacoides*. Esta especie combina diferenciación ecotípica y plasticidad fenotípica para aumentar su producción de semillas y la proporción de aquenos de dispersión anemócora en las poblaciones exóticas, incrementando su carácter invasor. Los resultados sugieren que se están dando procesos de facilitación entre ambos tipos de especies.

INSTRUCCIONES PARA AUTORES

ÁMBITO DE LA REVISTA

La revista PASTOS admite artículos originales sobre la producción y utilización de pastos y forrajes, dentro de las áreas de conocimiento siguientes: recursos naturales (suelo, agua, clima, etc.) en los que se basa la producción de pastos y forrajes; ecología, nutrición, protección, selección, mejora, manejo y conservación de especies forrajeras y pratenses; nutrición, alimentación y manejo de animales; sistemas de producción animal con base en pastos y forrajes; aprovechamiento de pastos; impacto ambiental de las explotaciones ganaderas; estudios económicos; etc. El envío de un trabajo a PASTOS implica que sus autores no han enviado simultáneamente el mismo original a otra revista para su publicación.

CESIÓN DE DERECHOS DE LOS AUTORES

Dado que la revista es de libre acceso, la publicación en PASTOS implica la cesión de los derechos de los autores para que PASTOS pueda difundir sus artículos a través de las bases de datos que estime oportunas.

IDIOMAS

La revista PASTOS acepta artículos originales en español e inglés.

TEXTOS ORIGINALES

Los textos originales se escribirán utilizando el programa Word de Microsoft Office. No se requiere ninguna especificación en cuanto a formato (fuente de letras, espacios, etc). La extensión máxima de los artículos científicos será de 70.000 caracteres (sin espacios). Para las revisiones científicas y ponencias de reuniones científicas no hay un límite prefijado de caracteres.

ENVÍO DE LOS ORIGINALES

Se enviarán por correo electrónico a uno o a los dos editores principales de la Revista PASTOS, D. Juan Busqué Marcos (juanbusque@cifacantabria.org) y D. Ramón Reiné Viñales (rreine@unizar.es).

PROCESO DE REVISIÓN DE LOS ORIGINALES

Los editores principales enviarán los originales recibidos a uno de los editores asociados del área al que corresponda el trabajo. El editor asociado asignará la evaluación a un mínimo de dos revisores anónimos externos y expertos en la temática.

ORGANIZACIÓN DEL TEXTO

Los artículos científicos tendrán la siguiente disposición:

- Título principal en idioma original (máximo 25 palabras)
- Título en segundo idioma (inglés o español)
- Título abreviado (para cabecera de páginas; máximo 50 caracteres con espacios)
- Nombre autor/es
- Dirección autor/es

- Correo electrónico del autor de contacto
- Resumen en idioma original
- Resumen en segundo idioma (inglés o español)
- Palabras clave en idioma original
- Palabras clave en segundo idioma (inglés o español)
- Introducción
- Material y métodos
- Resultados
- Discusión (o junto a Resultados)
- Conclusiones
- Agradecimientos
- Referencias bibliográficas

NOMBRE DEL AUTOR O AUTORES

Nombre completo y dos apellidos. La dirección de los autores incluirá la dirección postal completa. Si los distintos autores tienen direcciones diferentes, debe indicarse con un superíndice numérico.

Se señalará el autor para la correspondencia con un asterisco y una nota con su correo electrónico a continuación de las direcciones.

Ejemplo: Juan Fernández García*1, Antonio Gómez Ferrán1 y Raúl Andrés Sarmiento2

1 Área de Producción Animal. Facultad de Veterinaria.
Universidad de Cádiz. Plaza de la Ciencia s/n E-25371 Cádiz (España).

2 Área de Ecología. Facultad de Biología. Universidad de Toledo.

E-45071 Toledo (España).

* jfgarcia@tmail.com

RESUMEN

Debe ser informativo, no indicativo, para permitir al lector apreciar el contenido e interés del trabajo. Debe informar sobre objetivos, metodología, resultados y conclusiones. En su contenido no debe haber referencias ni al texto, ni a las figuras, ni a las tablas del artículo resumido. Máximo de 300 palabras para artículos científicos y notas de investigación, y 450 para las revisiones científicas.

PALABRAS CLAVE

El resumen irá seguido de un máximo de cinco palabras clave que no estén contenidas en el título.

SUBPARTADOS

Para los apartados "Material y Métodos", "Resultados" y "Discusión", se podrá estructurar el texto en unidades menores como subapartados jerarquizados.

TABLAS

Las tablas deben estar concebidas y estructuradas de tal modo que puedan leerse y entenderse por sí mismas, con independencia del texto. Se recomienda hacerlas con el procesador de

textos y nunca insertadas como imagen desde otro programa. Se situarán al final del texto, después del apartado de referencias bibliográficas, aunque los autores podrán indicar su preferencia de ubicación en el trabajo. Los títulos irán encima de las tablas. Se traducirá al segundo idioma inmediatamente debajo del título en idioma original.

FIGURAS

Las figuras deben estar concebidas y diseñadas de tal modo que puedan leerse y entenderse por sí mismas, con independencia del texto. Se enviarán en formato JPG o TIF a una resolución mínima de 300 ppp, o como fichero de excel. Se indicará en el texto del artículo su lugar de inserción. Se recomienda que las figuras sean originalmente en color, pero cuidando que sean comprensibles en la escala de grises. El pie (título de la figura) no formará parte de la figura. Se escribirá a continuación de las tablas con la correspondiente traducción al segundo idioma.

FOTOGRAFÍAS

Se recomienda incluir dos fotografías que ayuden a entender mejor aspectos importantes del trabajo. Estas deberán enviarse como archivos TIF, JPG o PSD, con una calidad mínima de 300 ppp. Se publicarán en color. El pie (texto de la fotografía) no formará parte de la fotografía. Se escribirá en el texto a continuación de los pies de figuras con la correspondiente traducción al segundo idioma. Se recomienda especificar el autor de la fotografía.

CITAS DENTRO DEL TEXTO

Todas las citas que aparezcan en el texto deben figurar también en el apartado de referencias bibliográficas, situado al final del texto, y viceversa.

1. Si el nombre/s del autor/es no forma parte del texto se citarán solamente los apellidos, sin iniciales, entre paréntesis, en letra minúscula, seguidos del año de la publicación, separado por una coma, en el lugar que corresponda.

Ejemplos: Caso de un autor "... (Garcés, 1995a)...", caso de dos autores "... (Pérez y Marqués, 2005)...", caso de más de dos autores "... (Navarro *et al.*, 2010)..."

2. Si el nombre/nombres del autor/es forma parte del texto se pone el año entre paréntesis.

Ejemplos: "...según los trabajos de Garcés (1995a), Pérez y Marqués *et al.* (2005), Navarro *et al.* (2010), ...".

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS (al final del texto)

Las referencias bibliográficas se ordenarán por orden alfabético de apellidos del autor o primer autor, si son varios. Para distintos trabajos de un mismo autor, o autores, se seguirá el orden cronológico del año de publicación. Si en un mismo año hay más de una publicación de un autor, o autores, se distinguirán añadiendo una letra al año de publicación.

Ejemplo: 2013a, 2013b.

Forma de presentación de las referencias al final del texto:

• Caso de revistas:

Formato:

APELLIDO/S INICIAL/ES [del nombre],..... Y APELLIDO/S INICIAL/ES [del nombre] [de los autores] (año) Título del artículo. *Nombre completo de la revista [en cursiva]*, volumen (número), primera página-última página (del artículo).

Ejemplos:

PÉREZ A. Y MARQUÉS C. (2005) Caracterización de un sistema productivo forrajero basado en el uso de recursos endógenos. *Pastos*, 27(2), 124-145.

NAVARRO A.M., REQUÉS G. Y FERNÁNDEZ-RICO V. (2013) Factores asociados al crecimiento de *Dactylis glomerata* L. bajo distintos niveles de fertilización nitrogenada. *Pastos*, 41(2), 1-14.

• Caso de libros de un solo autor o grupo de autores para toda la obra:

Formato:

APELLIDO/S INICIAL/S [del nombre],..... Y APELLIDO/S INICIAL/S [del nombre] [de los autores] (año) *Título del libro [en cursiva]*. Ciudad de la Editorial, País: Nombre de la Editorial.

Ejemplos:

ALONSO MARTÍNEZ J. (2008) *Los recursos forrajeros de la baja Extremadura*. Badajoz, España: Ediciones Alday.

JONES J., INGLISH J.K. Y SMITH A.S. (2012) *British grasslands under siege*. Wallingford, UK: Commonwealth Agricultural Bureaux.

• Caso de libros colectivos, con capítulos escritos por distintos autores:

Formato:

APELLIDO/S INICIAL/S [del nombre],..... Y APELLIDO/S INICIAL/S [del nombre] [de los autores] (año) Título del artículo o capítulo. En: Apellido/s Inicial/s [del nombre],..... y Apellido/s Inicial/s [del nombre] [de los editores] (Ed, si es solamente un editor, o Eds, si son dos o más editores) *Título del libro (en cursiva)*, pp. primera página-última página (del artículo o capítulo). Ciudad de la Editorial, País: Nombre de la Editorial.

En el caso de que haya más de dos editores se pondrá solamente el primero seguido de las palabras *et al.*

Ejemplos [con uno o dos editores]:

SMITH A. (2010) Measuring productivity. En: Taylor B.J.F. (Ed) *Measures of pasture systems*, pp. 25-40. Bristol, Australia: Ferguson and Liar Ltd.

MARTÍNEZ N. Y RUÍZ M.T. (2002) Fuegos prescritos. En: García P. y Bosque M. (Eds) *Usos y problemática del fuego*, pp. 115-147. Ciudad Real, España: Verdeamor.

Ejemplo [con tres o más editores]:

GARCÍA-NAVARRO R., ALVARENGA J. Y CALLEJA A. (2009) Efecto de la fertilización fosfórica sobre la presencia de especies en el forraje de prados de montaña. En: Reiné R. *et al.* (Eds) *La multifuncionalidad de los pastos: producción ganadera sostenible y gestión de los ecosistemas*, pp 197-203. Huesca, España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.

• **Caso de recursos en internet:**

En el caso de que la referencia bibliográfica tenga un acceso URL a su contenido, se recomienda especificarlo al final de la referencia con la fecha de consulta.

Ejemplo:

ALONSO MARTÍNEZ J. (2008) *Los recursos forrajeros de la baja Extremadura*. Badajoz, España: Ediciones Alday.
Disponible en: <http://pastosextremadura.org/librorecursos.pdf>.
Consulta: 14 abril 2013.

UNIDADES DE MEDIDA

Para las unidades de medida se seguirá el SI (Sistema Internacional de Unidades). En general, los símbolos se escriben en minúsculas, salvo si se trata de la primera palabra de una frase o del nombre "grado Celsius", quedando invariables en plural. Nunca los símbolos van seguidos de punto, salvo si se encuentran al final de una frase. En este caso el punto corresponde a la ortografía habitual de la frase pero no forma parte del símbolo (es incorrecto escribir kg., ha., km.).

El símbolo de litro será L cuando vaya precedido por un número y l cuando lo sea por un prefijo de fracción (ejemplo, ml). Cuando las unidades no vayan precedidas por un número se expresarán por su nombre completo, sin utilizar su símbolo. Ejemplos de símbolos comunes: kilogramo = kg, hectárea = ha, metro = m, kilómetro = km. (en este último caso el punto no forma parte del símbolo, se pone porque es final de frase).

Expresión algebraica de los símbolos de las unidades SI

1. Multiplicación. Cuando una unidad derivada está formada multiplicando dos o varias unidades, los símbolos de las unidades se separarán por un espacio. *Ejemplo:* N m.
2. División. Cuando una unidad derivada está formada dividiendo una unidad por otra, se puede utilizar una barra inclinada (/), una barra horizontal o exponentes negativos.
Ejemplo: m/s o m s⁻¹. No debe utilizarse la barra inclinada y los exponentes negativos en un mismo artículo. Hay que optar por uno de los dos.
3. Nunca, en una misma línea, debe seguir a una barra inclinada un signo de multiplicación o de división, a no ser que se utilicen paréntesis para evitar toda ambigüedad.
Ejemplo 1: m/s² o m s⁻², son expresiones correctas, pero m/s/s, es incorrecta.
Ejemplo 2: m kg/(s³ A) o m kg s⁻³ A⁻¹, son expresiones correctas, pero m kg/s³/A y m kg/s³ A, son incorrectas.

NOTACIÓN NUMÉRICA

1. En el texto se utilizarán palabras para los valores de cero a nueve y cifras para los valores superiores.
2. Debe dejarse un espacio entre grupos de tres dígitos, tanto a la izquierda como a la derecha de la coma (15 739,012 53). En números de cuatro dígitos puede omitirse dicho espacio. Los números de los años deben escribirse sin separar el primer dígito del segundo (es correcto escribir año 2011). Ni el punto, ni la coma deben usarse como separadores de los miles.

Ejemplo: el número ciento veintitrés millones trescientos veinticinco mil ciento setenta se escribe 123 325 170 (123.325.170 o 123,325,170 son formas incorrectas).

3. Las operaciones matemáticas solo deben aplicarse a símbolos de unidades (kg/m³) y no a nombres de unidades (kilogramo/metro cúbico).
4. Debe estar perfectamente claro a qué símbolo de unidad pertenece el valor numérico y qué operación matemática se aplica al valor de la magnitud.
Ejemplo: es correcto escribir 35 cm x 48 cm o 100 g ± 2 g (35 x 48 cm o 100 ± 2g son formas incorrectas).

CIFRAS DECIMALES

Dentro del texto en español:

Se separarán de la parte entera por una coma abajo (.).
Ejemplo: 10,17 (10.17 es forma incorrecta).

Dentro del texto en inglés (summary):

Se separarán de la parte entera por un punto.
Ejemplo: 10.17 es correcto.

ABREVIATURAS

Las abreviaturas deberán definirse la primera vez que se mencionen en el texto (*Ejemplo:* "política agraria común (PAC)") y de nuevo en todas las tablas y figuras donde aparezcan.

NOMBRES DE PLANTAS, CULTIVARES, ETC.

El nombre botánico de las plantas se escribirá en cursiva, en letra minúscula, con excepción de la primera del género, que será mayúscula.

El nombre de las variedades comerciales, o cultivares, se escribirá con letra normal y entre comillas simples o bien con letra normal precedido de cv (símbolo de cultivar) cuando sigan al nombre botánico de la especie.

Ejemplo: *Lolium multiflorum* Lam. "Tama" o *Lolium multiflorum* Lam. cv Tama.

En el caso de cultivos de microorganismos se indicará la procedencia y denominación cuando estén depositados en colecciones reconocidas. Los nombres vulgares de plantas deben ir seguidos del nombre botánico entre paréntesis la primera vez que aparezcan en el texto.