

realizado en el CEIGRAM con la financiación de ENESA por el proyecto: “Recogida y procesamiento de información agronómica y zootécnica obtenida *in situ* y su integración satelital de precisión para la mejora del seguro para la cobertura de los daños por sequía en pastos 2010 y 2011”; y en el consorcio AGRISOST de la Comunidad de Madrid S-2009/AGR-1630 Sistemas Agrarios Sostenibles: producción de biomasa y manejo de C, N y agua.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARMAND D. Y ÉTIENNE M. (1996) Impact of tree canopy cover on subterranean clover over-seeding productivity and use in southeastern France. En: M. Étienne (ed), *Western European silvopastoral systems*, pp. 71-81. París, Francia: INRA.
- GRANDA M. Y PRIETO P.M. (1991) Efecto de la carga, fertilización fosfórica, introducción de especies y laboreo en pastos naturales semiáridos. *Investigación agraria. Producción y protección vegetales* **6** (1), 81-92.
- GRANDA M. Y PRIETO P.M. (1992) Fertilización de pastos en la dehesa. *Albear: Revista técnica agraria de la Junta de Extremadura*, **0**, 5-10.
- HERNÁNDEZ DÍAZ-AMBRONA C.G. (1998) *La dehesa, aprovechamiento sostenible de los recursos naturales*. Madrid, España: Editorial Agrícola Española.
- HERNÁNDEZ DÍAZ-AMBRONA C.G. (2005) Ecología del pastoreo con ganado de lidia en las dehesas. *Revista del Instituto de Estudios Económicos*, **3**, 101-140.
- INFANTE J., GONZÁLEZ A., CORDERO S., GÓMEZ C., MORENO V. Y OLEA L. (1984) Especies y variedades a utilizar en la mejora de pastos. En: González A. *et al.* (Eds) *Mejora de pastos en secano semiáridos de suelos ácidos*, pp. 83-112. Madrid, España: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- LELIÈVRE F., NORTON M.R. Y VOLAIRE F. (2008) Perennial grasses in rainfed Mediterranean farming systems-Current and potential role. *Options Méditerranéennes*, **79**, Série A: Séminaires Méditerranéennes, 137-148.
- MORENO CRUZ V. Y GALLARDO MARTÍNEZ D. (1983) Avances en la evaluación de leguminosas anuales distintas del *T. subterraneum* L. *Pastos*, **13**(1-2), 77-83.
- MORENO M., RIGO A., JAUME J., MUS M., RIERA D. Y GULÍAS J. (2007) Estudio agronómico comparativo de dos mezclas de cultivo para el pastoreo de ovino en sistemas agroganaderos del área mediterránea. *SEOC*, **2007**, 209-212.
- MURILLO M. Y GONZÁLEZ F. (2008) Gestión de la dehesa en Extremadura. Recursos pascícolas y mejoras. *Pastos*, **38**(1), 5-17.
- OLEA, L. (1988). *Persistencia y producción de pastos en el S.O. de España: Introducción de trébol subterráneo*. Colección de tesis doctorales INIA núm. 74. Madrid, España: INIA.
- PÉREZ SOBA M., SAN MIGUEL A. Y ELENA-ROSSELLÓ R. (2007) Complexity in the simplicity: The Spanish Dehesas. En: Pedrolí B. *et al.* (Eds) *Europe's living landscapes. Essays on exploring our identity in the countryside*, pp 369-384. Zeist, Holanda: KNNV Publishing.
- PORQUEDDU C. Y MALTONI S. (2007) New annual pasture legumes for Mediterranean conditions. En: Helgadóttir Á. y Pötsch E.M. (eds) *Quality Legume-Based Forage Systems for Contrasting Environments*, pp 31-33. Irdning, Austria: Federal Research and Education Centre Raumberg-Gumpenstein.
- SMITH D.M. (1979) *Where the grass is greener: geographical perspectives on inequality*. London, Reino Unido: Croom Helm.

Influencia de la presión de pastoreo en el contenido de nutrientes en hoja de encina en la dehesa

Influence of grazing intensity on leaf nutrients content of holm oak at dehesa

A.M. GARCÍA MORENO / M.D. CARBONERO MUÑOZ / F. MORENO ELCURE / J.R LEAL MURILLO / M.T. HIDALGO FERNÁNDEZ / P. FERNÁNDEZ REBOLLO*.

Departamento de Ingeniería Forestal. ETSIAM. Universidad de Córdoba. Campus de Rabanales 14071 Córdoba (España) * ir1ferrep@uco.es

Resumen: El presente trabajo trata de evaluar el efecto de la intensidad de pastoreo sobre el contenido en nutrientes foliares de la encina en la dehesa. Para ello se escogieron 14 parcelas de dehesa en Los Pedroches, en cada una de las cuales se tomaron muestras de hoja de siete encinas, evaluándose contenido en macronutrientes, muestras de suelo para determinaciones físicas y químicas y se midió la resistencia del suelo a la penetración. A partir de los datos de suelo se han clasificado las parcelas en dos grandes grupos, constituido uno por aquellas parcelas que habitualmente reciben mayor pastoreo y otro por aquellas que soportan una menor intensidad de pastoreo. Los resultados indican que el pastoreo afecta al contenido foliar de nutrientes en la encina, aumentando la concentración de N y Mg con la intensidad del pastoreo.

Palabras clave: nutrientes foliares, uso ganadero, pastos, *Quercus ilex*.

Abstract: This study assesses the effect of grazing intensity over nutrient contents of holm oak in dehesa system. Fourteen dehesa plots were chosen in Los Pedroches. In each plot, leaf and soil samples were collected and soil resistance to penetration was assessed. Results shows that plot classification according to grazing intensity can be achieved from soil data. Moreover, foliar nutrient contents in holm oak are affected by grazing intensity, increasing N and Mg foliar contents in plots heavily grazed.

Key words: leaf nutrients, livestock, pasture, *Quercus ilex*.

INTRODUCCIÓN

La dehesa está considerada un sistema agrosilvopastoral de uso múltiple, en el que la ganadería constituye el aprovechamiento principal desde el punto de vista económico, aunque también desde el punto de vista ecológico, ya que mediante el pastoreo se consigue crear y mantener una estructura y composición determinada de la vegetación. El pisoteo y la defoliación realizada por los animales en pastoreo afecta a la vegetación directamente, alterando los procesos fisiológicos, la morfología de las distintas especies vegetales y la distribución de sus semillas, e indirectamente, modificando el microclima y las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo.

Los cambios socioeconómicos acontecidos en la sociedad española recientemente, han roto el tradicional ajuste entre las características y productividad del medio natural y las técnicas agrosilvopastorales desarrolladas por las culturas ganaderas (Olea y San Miguel, 2005), produciéndose en algunas zonas un abandono del aprovechamiento ganadero y en otras una intensificación del pastoreo debido al aumento de la carga ganadera en las explotaciones y al carácter estante de los rebaños. Dichos cambios de

uso en la dehesa modifican las propiedades del suelo y propician cambios en la composición de los pastos herbáceos que, en última instancia, pueden afectar al arbolado presente en este sistema agrosilvopastoral, modificando su comportamiento fisiológico, su pauta de crecimiento, su producción y su capacidad de resistir diferentes estreses (Moreno *et al.*, 2007; Rivest *et al.*, 2011).

En este trabajo se ha evaluado cómo afecta la intensidad de pastoreo, entendida como aumento de la defoliación de los pastos herbáceos y del pisoteo, al estado nutricional de la encina, el árbol más representativo del sistema dehesa.

MATERIAL Y MÉTODOS

Toma de muestras

El trabajo se ha realizado en el Valle de los Pedroches, en el norte de la provincia de Córdoba. Los suelos son de origen granítico, ligeramente ácidos y de textura arenosa, y la climatología se caracteriza por tener una temperatura media anual de 16 °C y precipitaciones medias anuales desde de 400 mm/año a superiores a 500 mm/año. Se seleccionaron 14 parcelas pertenecientes a siete explotaciones de dehesa situadas en una zona homogénea en cuanto a litología y pendiente (superficie aproximada de 840 km²). Las explotaciones se pastorean con rebaños mixtos de ganado ovino, vacuno y porcino con cargas ganaderas que fluctúan entre 0,4 UGM/ha y 1,5 UGM/ha. No hay registro de las cargas ganaderas instantáneas ni de los periodos de pastoreo que han mantenido las parcelas en los últimos años. En cada parcela se seleccionaron siete encinas adultas de las que se obtuvo una muestra foliar. El muestreo se realizó en septiembre y para ello se cortaron varias ramas situadas en la cara sur y en la zona media de la copa del árbol. De cada rama se seleccionaron varios brotes correspondientes al crecimiento de ese año sin daños por defoliadores y preferentemente libres de frutos. De la zona intermedia de cada uno de los brotes se tomaron tres hojas expandidas, limpias de impurezas y de patógenos, obteniéndose finalmente una muestra de 30 hojas por árbol. En la misma fecha se obtuvo una muestra de suelo y una medida de resistencia a la penetración del suelo (Índice de Cono, IC, en adelante) por parcela. Cada muestra de suelo estuvo compuesta de diez submuestras, correspondientes a los 15 primeros cm de profundidad, de los espacios abiertos próximos a los árboles muestreados, habiéndose retirado previamente la capa superior del suelo. El IC del suelo se evaluó mediante un penetrómetro de cono con punta fina, siguiendo las recomendaciones establecidas por el estándar ASAE 313.2. para suelos con impedancia mecánica elevada (Agüera y Gil, 1986). En cada una de las parcelas se realizaron 20 mediciones en los espacios abiertos próximos a los árboles muestreados. El penetrómetro registró medidas de resistencia a la penetración a intervalos de 0,5 cm hasta una profundidad de 5 cm, que después se promediaron dando un único valor por parcela.

Las muestras foliares se secaron en estufa de ventilación forzada a 60 °C hasta peso constante y después fueron molidas. Las muestras de suelo se secaron al aire y

fueron pasadas por un tamiz de 2 mm. Posteriormente se determinaron macronutrientes foliares (N, P, K, Ca y Mg) y las variables de suelo textura (porcentajes de arcilla, arena y limo), materia orgánica, P asimilable, N orgánico, pH, CIC y cationes de cambio K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺ y Na⁺, en el laboratorio Agroalimentario de la Consejería de Agricultura y Pesca en Córdoba mediante los métodos oficiales de análisis para plantas y suelos (M.A.P.A., 1994). Además se calculó el porcentaje de Saturación de Bases (%BS).

Tratamiento estadístico de los datos

Se realizó un Análisis Cluster jerárquico sobre las variables edáficas evaluadas en las parcelas considerando cómo esquema de agrupamiento el método de Ward. Previo al análisis Cluster los datos fueron estandarizados. Mediante ANOVA de una vía se analizaron las diferencias en las variables edáficas entre los grupos obtenidos. La evaluación de los contenidos de macronutrientes foliares en la encina en función del grupo y la parcela de muestreo se realizó mediante un ANOVA anidado, en el que la parcela fue un factor aleatorio anidado en el factor grupo. Se aplicó el análisis de comparación de medias LSD de Fisher al 95% de significación. Todos los análisis fueron realizados con el programa STATISTICA (StatSoft, 2007).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El dendrograma originado por el análisis cluster a partir de las variables de suelo (fig. 1) sugiere la distribución de las parcelas muestreadas en dos grupos bien diferenciados, el primero formado por las parcelas J1 a J7 y el segundo por las parcelas J8 a J14. Los valores medios de las variables edáficas de cada grupo, junto con la información disponible de carga ganadera de las explotaciones, revelan un gradiente de intensidad de pastoreo: moderada para el primero y alta para el segundo (tabla 1). Se observan diferencias significativas en los valores de C.I.C., así como en los contenidos de M.O., P asimilable, N orgánico y en los cationes de cambio K⁺ y Ca²⁺. En el pH también se observa cierta tendencia aunque las diferencias no llegan a ser significativas. Valores más altos en dichas variables se han asociado a una mayor intensidad de pastoreo, ya que las deyecciones sólidas y líquidas del ganado son fuente de materia orgánica y de nutrientes en formas disponibles para las plantas (Unkovich *et al.*, 1998), enriqueciendo el suelo principalmente en nitrógeno y potasio, aunque también fósforo. No obstante, el sustancial incremento de P asimilable (de 6,6 mg kg⁻¹ a 20,1 mg kg⁻¹) se debe además, a las fertilizaciones fosfóricas realizadas para la mejora de los pastos, ya que constituye una práctica habitual en algunas de estas dehesas. El IC medido para los primeros 5 cm de suelo es significativamente distinto para ambos grupos, asociándose el mayor valor con mayor intensidad de pastoreo, ya que el pisoteo del ganado produce una compactación que suele afectar sólo a la superficie del suelo (Moreno *et al.*, 2011).

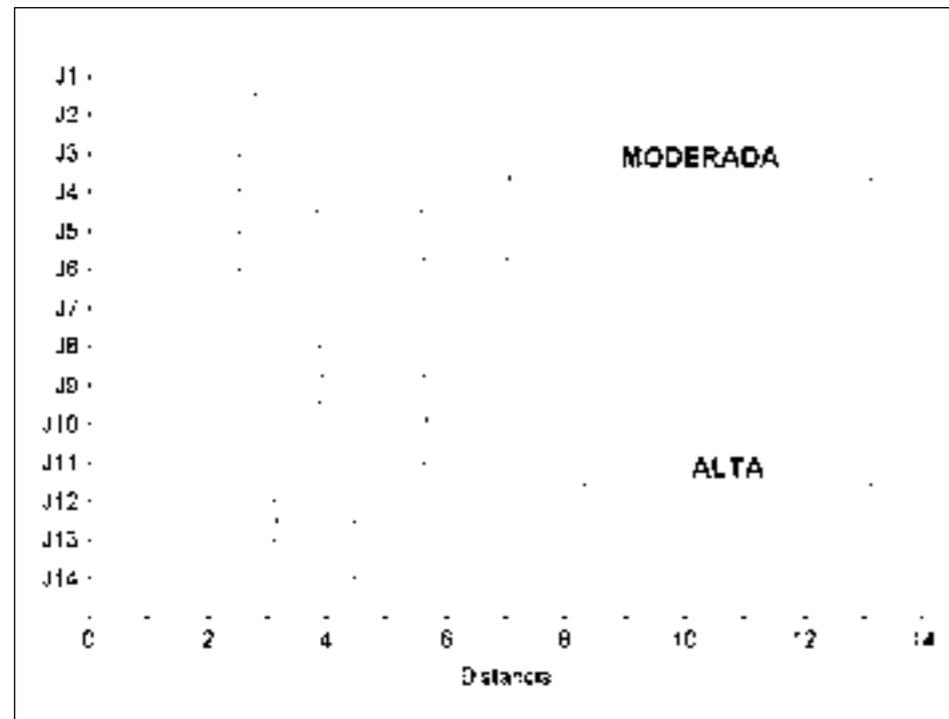


Figura 1. Dendrograma resultante del análisis cluster jerárquico aplicado a las variables de suelo (IC, % SB, arcilla, arena y limo, materia orgánica, P disponible, N orgánico, pH, CIC y cationes de cambio K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} y Na^+).

Tabla 1. Valores medios (Error std.) de las variables de suelo y resultados del ANOVA de una vía según la intensidad de pastoreo.

	Moderada	Alta	F	g.l.	p
Índice de cono (MPa)	2,18 (0,15)	2,84 (0,09)	13,91	1	0,00
Arcilla (%)	5,4 (0,33)	6 (0,37)	1,36	1	0,26
Arena (%)	79,6 (1,28)	79,1 (1,25)	0,09	1	0,77
Limo (%)	15,0 (1,22)	14,9 (1,20)	0,00	1	0,98
pH	5,56 (0,11)	5,88 (0,11)	4,11	1	0,06
Materia orgánica (%)	2,00 (0,18)	3,17 (0,30)	10,91	1	0,00
P asimilable ($mg\ kg^{-1}$)	6,6 (0,1)	20,1 (3,5)	16,73	1	0,00
CIC ($meq\ kg^{-1}$)	76,3 (3,5)	100,9 (5,9)	12,89	1	0,00
K^+ ($meq\ kg^{-1}$)	2,9 (0,2)	5,1 (0,5)	11,26	1	0,00
Ca^{2+} ($meq\ kg^{-1}$)	31,4 (2,2)	44,8 (3,0)	13,13	1	0,00
Mg^{2+} ($meq\ kg^{-1}$)	24,0 (2,4)	18,3 (3,0)	2,14	1	0,17
Na^+ ($meq\ kg^{-1}$)	3,0 (0,2)	3,6 (0,3)	2,65	1	0,13
N orgánico (%)	0,08 (0,00)	0,12 (0,01)	6,50	1	0,02
% S.B.	81 (4,85)	71 (2,16)	3,02	1	0,11

El grado de intensidad de pastoreo afecta al contenido de algunos macronutrientes foliares en la encina (fig. 2, tabla 2). Los contenidos de N en hoja son significativamente mayores en aquellos árboles que se encuentran en las parcelas con intensidad de pastoreo alta. No obstante, existe variación en los contenidos de N foliar entre las parcelas pertenecientes a cada grupo. Estas parcelas presentan en el suelo mayor contenido en materia orgánica. Estos resultados pueden estar relacionados con los aportes de N a partir de las deyecciones del ganado, pero también con el hecho de que, en general, el pastoreo intensivo en ambientes mediterráneos favorece a las leguminosas anuales (Rochon *et al.*, 2004), las cuales, como fijadoras de nitrógeno modifican el medio incrementando la cantidad de este nutriente en el suelo y su disponibilidad para otras especies de los pastos y para el arbolado. Los niveles de P foliar no registran variaciones significativas a medida que aumenta la intensidad de pastoreo, existiendo diferencias entre las parcelas de un mismo grupo. Existen marcadas diferencias en el contenido de P asimilable en suelo entre grupos de parcelas. La dificultad que tiene el fósforo de estar disponible para la planta en suelos con pH ácidos, junto con las eventuales fertilizaciones fosfóricas que se realizan en la zona antes comentada, complica la interpretación de los resultados.

Los contenidos de Mg en hoja de encina son significativamente mayores cuando existe una mayor intensidad de pastoreo, aunque en suelo no hay diferencias, mientras que los contenidos foliares de Ca y K no se ven afectados por la intensidad de pastoreo, existiendo diferencias en suelo. Sardans *et al.* (2007 y 2008) trabajando en bosques mediterráneos, encuentran diferencias en los contenidos de Mg y P en la hoja de encina cuando se somete al bosque a periodos de sequía y en cambio ésta no tiene un efecto significativo en los contenidos foliares de Ca y K. Dado que la sequía afecta también de forma directa a la fertilidad del suelo, estos autores indican que es difícil discernir si el aumento del contenido en hoja de Mg y P es una respuesta a la sequía o a la reducción de la fertilidad del suelo. En la dehesa, el aumento de la intensidad de pastoreo, además de modificar la fertilidad del suelo está alterando el flujo de agua en el suelo y el aumento de la concentración de Mg en hoja detectada en este trabajo pudiera ser una respuesta del árbol a una reducción de la disponibilidad hídrica mediada por el pastoreo. Así, diversos trabajos han puesto de manifiesto que el pisoteo del ganado produce generalmente un aumento de la compactación y una disminución de la porosidad del suelo, principalmente a costa de los macroporos (Schnabel y Mateos Rodríguez, 2000), quedando estos efectos confinados en la superficie (Moreno *et al.*, 2011). Como consecuencia, la tasa de infiltración disminuye (Pietola *et al.*, 2005), manteniéndose alta durante más tiempo la humedad del suelo en superficie. Por el contrario, aumentaría la evaporación y la escorrentía, acumulándose en profundidad menor cantidad de agua. Esta alteración del movimiento del agua en el perfil del suelo parece aumentar la disponibilidad hídrica en superficie (Moreno *et al.*, 2011), donde se desarrolla el sistema radical del arbolado pero también el de los pastos herbáceos, y la reduce en profundidad, donde sólo llegan las raíces de los árboles. La acumulación de materia orgánica sobre el suelo debido al pastoreo contribuye también a mantener agua en la superficie durante

más tiempo. Si bien en estas dehesas llanas y para los pastos herbáceos el balance neto de disponibilidad de agua durante el ciclo puede verse incrementado con el aumento de la intensidad de pastoreo, para el árbol puede existir un balance negativo, que puede estar modificando la disponibilidad y absorción de algunos nutrientes.

Tabla 2. Resultados del ANOVA anidado para el contenido de macronutrientes en hoja de encina, siendo la intensidad de pastoreo un factor fijo y la parcela un factor anidado.

Nutrientes	Intensidad de pastoreo			Parcela (Intensidad de pastoreo)		
	F	g.l.	p	F	g.l.	P
N	14,41	1	0,00	1,97	12	0,04
P	1,47	1	0,22	2,43	12	0,01
K	2,23	1	0,14	1,37	12	0,20
Ca	0,13	1	0,72	0,96	12	0,49
Mg	36,41	1	0,00	1,52	12	0,13

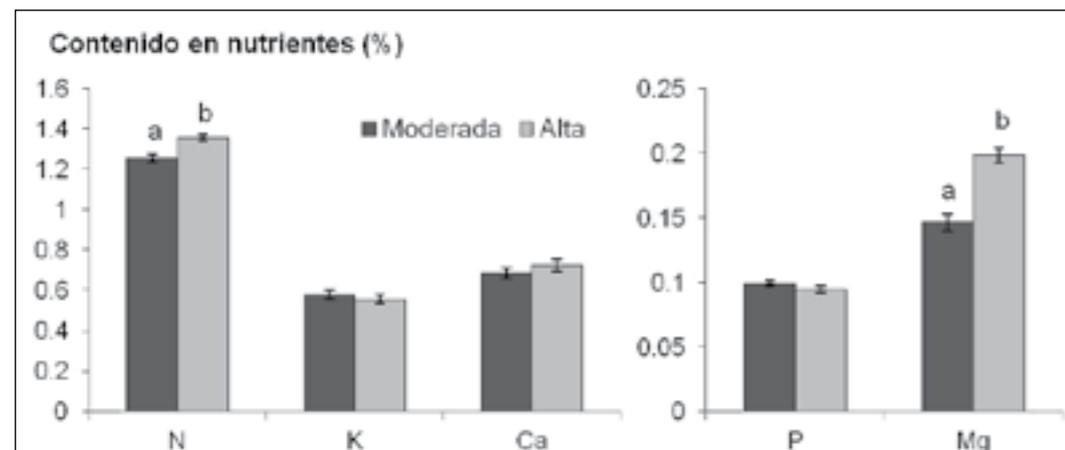


Figura 2. Valores medios y error estándar de los contenidos de nutrientes foliares en encina según la intensidad de pastoreo. Letras distintas significan diferencias significativas al 5% según el test LSD de Fisher.

CONCLUSIONES

La intensidad de pastoreo en la dehesa tiene efectos significativos en variables edáficas como el índice de cono, el contenido en materia orgánica, el N orgánico, la C.I.C. y los cationes de cambio K^+ y Ca^{2+} . La intensidad de pastoreo afecta al contenido de N y Mg foliar de la encina, incrementando su valor a medida que la presión de pastoreo es mayor. Sin embargo, no parece tener efecto sobre los contenidos de P, K y Ca. No existe una correspondencia entre el contenido de nutrientes en suelo y en hoja de encina.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGÜERA J. Y GIL J. (1986) Penetrómetro portátil para la medida del índice de cono. En: *Actas de la conferencia internacional de mecanización agraria*, pp. 201-206, Zaragoza, España.
- M.A.P.A. (1994) *Métodos oficiales de análisis. Tomo III. Suelos, aguas, fertilizantes y plantas*. Madrid, España: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- MORENO F., CARBONERO M.D., GARCÍA A.M., LEAL J.R., HIDALGO M.T. Y FERNÁNDEZ-REBOLLO P. (2011) Resistencia a la penetración en suelos de dehesa. Variación a lo largo del año e influencia del contenido en carbono. En: López C. et al. (Eds) *Pastos, paisajes culturales entre tradición y nuevos paradigmas del siglo XXI*, pp. 687-693. Toledo, España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.
- MORENO G., OBRADOR J.J., GARCÍA E., CUBERA E., MONTERO M.J., PULIDO F. Y DUPRAZ C. (2007) Driving competitive and facilitative interactions in oak dehesas through management. *Agroforestry System*, **70**, 25-40.
- OLEA L. Y SAN MIGUEL-AYANZ A. (2006) The Spanish dehesa. A traditional Mediterranean silvopastoral system linking production and nature conservation. En: *21st General Meeting of the European Grassland Federation*, pp. 1-15. Badajoz, Spain: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.
- PIETOLA L., HORN R. Y YLI-HALLA M. (2005) Effects of trampling by cattle on the hydraulic and mechanical properties of soil. *Soil & Tillage Research*, **82**, 99-108.
- RIVEST D., ROLO V., LÓPEZ-DÍAZ L. Y MORENO G. (2011) Shrub encroachment in Mediterranean silvopastoral systems: *Retama sphaerocarpa* and *Cistus ladanifer* induce contrasting effects on pasture and *Quercus ilex* production. *Agriculture, Ecosystem & Environment*, **141**, 447-454.
- ROCHON J.J., DOYLE C.J., GREEF J.M., HOPKINS A., MOLLE G., SITZIA M., SCHOLEFIELD D. Y SMITH C. J. (2004) Grazing legumes in Europe: a review of their status, management, benefits, research needs and future prospects. *Grass and Forage Science*, **59**, 197-214.
- SARDANS J. Y PEÑUELAS J. (2007) Drought changes phosphorus and potassium accumulation patterns in an evergreen Mediterranean forest. *Functional Ecology*, **21**, 191-201.
- SARDANS J., PEÑUELAS J. Y OGAYA R. (2008) Drought's impact on Ca, Fe, Mg, Mo and S concentration and accumulation patterns in the plants and soil of a Mediterranean evergreen *Quercus ilex* forest. *Biogeochemistry*, **87**, 49-69.
- SCHNABEL S. Y MATEOS RODRÍGUEZ B. (2000) Hidrología superficial en ambientes adherados, cuenca experimental Guadalperalón. *Cuadernos de Investigación Geográfica*, **26**, 113-130.
- STATSOFT, Inc (2007) *Statistica for windows version 7.0* (Computer Program Manual) Los Angeles, USA: StatSoft
- UNKOVICH M., SANDFORD P., PATE J. Y HYDER M. (1998) Effects of grazing on plant and soil nitrogen relations on pasture-crop rotations. *Australian Journal of Agricultural Research*, **49**, 475-485.