

# Pastos, paisajes culturales entre tradición y nuevos paradigmas del siglo XXI

Celia López-Carrasco Fernández  
María del Pilar Rodríguez Rojo  
Alfonso San Miguel Ayanz  
Federico Fernández González  
Sonia Roig Gómez



© Los autores  
© De la presente edición  
1.ª edición 2011

*Edita:* Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.

*Edición coordinada por:* López Carrasco, C.;

Rodríguez Rojo, Mª P.;

San Miguel Ayanz, A.;

Fernández González, F.;

Roig Gómez, S.

*Maquetación:* José-Luis B. Quiñones

*Imágenes portada:* Los autores

*Impresión:* Icono

Depósito Legal: M-

ISBN: 978-84-614-8713-4

## INDICE

COMITÉ CIENTÍFICO .....	11
PRESENTACIÓN .....	13

### PRIMERA PARTE BOTÁNICA Y ECOLOGÍA DE PASTOS

CAPÍTULO INTRODUCTORIO: La vegetación de la provincia de Toledo. <i>F. Fernández-González</i> .....	17
Efecto del pastoreo sobre la diversidad vegetal del pasto denso de montaña (Habitat 6230) <i>A. Etxebarria, A. Aldezabal, N. Fernández, M. Azpiroz, L. Uriarte y N. Mandaluniz</i> .....	37
Efecto del pastoreo sobre la distribución vertical de raíces del pasto denso de montaña (Habitat 6230): evidencias preliminares <i>N. Fernández, A. Aldezabal y N.A. Lascurain</i> .....	43
Efecto del pastoreo en la resiembra de <i>Vicia ervilia</i> (L.) Willd. en cultivos de secano <i>A.B. Robles, J. Ruiz-Mirazo y J.L. González-Rebollar</i> .....	49
Cambios en la fenología del matorral mediterráneo tras el cese del pastoreo <i>C. Parejo Farnes, J.M. Mancilla Leyton y A. Martín Vicente</i> .....	55
Resultados preliminares de la influencia del pastoreo en la descomposición de acículas de <i>Pinus pinea</i> (L.) en un sistema silvopastoral de Doñana <i>J.M. Mancilla Leyton, V. Sánchez Lineros, R. Fernández-Alés y A. Martín Vicente</i> .....	61
Pastoreo y diversidad florística en el sistema cereal-ovino manchego: entre la tradición y el abandono. <i>R. Pérez Badía, R. Caballero y F. Fernández-González</i> .....	67
Atajos para medir la diversidad biológica. Un ejemplo con especies indicadoras vs. parámetros edáficos en prados de la reserva de la biosfera de Urdaibai. <i>J.A. González Oreja, S. Mendarte, C. Garbisu, F. Blanco y E. Albizu</i> .....	73
Estudio de especies pascícolas de Lanzarote en su hábitat. I Características edafo-climáticas. <i>E. Chinae, C. Batista, J.A. Guerra y A. Rodríguez-Rodríguez</i> .....	79
Estudio de especies pascícolas de Lanzarote en su hábitat. II Composición mineral. <i>E. Chinae, C. Batista, J.L. Mora y A. García-Ciudad</i> .....	87

Estudio de especies pascícolas de Lanzarote en su hábitat. III Composición orgánica. <i>E. Chinae</i> , <i>C. Batista</i> , <i>J.L. Moya</i> y <i>B. García-Criado</i> .....	93
Biodiversidad de plantas vasculares en cuatro dehesas mediterráneas bajo un gradiente climático. <i>R. Benavides</i> , <i>R. Alonso Ponce</i> , <i>J.M. García del Barrio</i> y <i>S. Roig</i> .....	99
Los pastos en las pistas de Lugar Nuevo y Selladores-Contadero (S <sup>a</sup> de Andújar, Jaén): Tipología, calidad y distribución espacial. <i>F. Gómez Manzaneque</i> , <i>F. Martínez</i> , <i>C. Morla</i> y <i>S. Roig</i> .....	105
Estudio comparativo de dos subespecies de <i>Trifolium subterraneum</i> en el límite septentrional de distribución de la subespecie <i>oxalooides</i> . <i>J. Pastor</i> .....	113
Cambios en la composición florística, diversidad y calidad, a escala de parcela, en un prado de montaña pirenaico. <i>R. Fanlo</i> , <i>M. Pallares</i> , <i>D. Villalba</i> , <i>D. Cubiló</i> y <i>E. Molina</i> .....	121
Efecto de la matorralización en la estructura florística de los pastos del P.N. del Moncayo (Zaragoza). <i>R. Giménez</i> , <i>A.J. Aguirre</i> y <i>D. Gómez García</i> .....	127
Recuperación del matorral tras desbroce mecánico y quema en pastos de la sierra de Aralar y Belate (Navarra). <i>D. Gómez García</i> , <i>A.J. Aguirre</i> y <i>X. Lizaur Sukia</i> .....	133
Evolución de la estructura florística tras 18 años de exclusión del pastoreo en pastos subalpinos del P.N. de Ordesa y Monte Perdido (Huesca). <i>D. Gómez García</i> y <i>R. García-González</i> .....	139
Variaciones de la vegetación en prados sometidos a siega y abandono en la montaña de León. <i>R. García</i> , <i>C. Valdés</i> , <i>M. Rodríguez</i> , <i>R. Peláez</i> y <i>A. Calleja</i> .....	147
Diversidad fitocenótica y especies indicadoras de los pastos herbáceos del Sistema Ibérico en Castilla-La Mancha. <i>M.P. Rodríguez-Rojo</i> , <i>J. Madrigal</i> , <i>S. Sardinero</i> , <i>V. Bouso</i> y <i>F. Fernández-González</i> .....	155
Valor pastoral de las comunidades vegetales presentes en el tramo toledano de La Cañada Real segoviana. <i>J. Rojo</i> , <i>M.P. Rodríguez-Rojo</i> , <i>A. González Condado</i> , <i>C. Vaquero</i> , <i>F. Fernández-González</i> y <i>R. Pérez-Badía</i> .....	161
Efecto de la disponibilidad de nitrógeno en la germinación de especies herbáceas de un coscojar mediterráneo. <i>M.E. Pérez Corona</i> , <i>D. García Hita</i> , <i>C. García Muñoz</i> , <i>P. Hurtado</i> , <i>A. Lafuente</i> , <i>C.R. Ochoa-Hueso</i> y <i>E. Manrique</i> .....	167
Evolución temporal y espacial de especies cespitosas en el campo de golf de Guadiana, Badajoz. <i>F. Garrido</i> , <i>O. Santamaría</i> y <i>L. Olea</i> .....	175
El hongo endofítico <i>Epichloë festucae</i> y la tolerancia al estrés salino en <i>Festuca rubra</i> . <i>B.R. Vázquez de Aldana</i> , <i>A. Álvarez Martín</i> , <i>A. García-Ciudad</i> , <i>I. Zabalgozcoa</i> y <i>B. García Criado</i> .....	183

Efecto alelopático de especies invasoras de ribera sobre la germinación de especies del sotobosque. <i>M.E. Pérez Corona, E. Crespo, J. Rodrigo, J.A. Santos, P. de Las Heras, P. Castro-Díez y B.R. Vázquez de Aldana ...</i>	189
Respuesta del crecimiento y de la calidad nutritiva de <i>Bromus hordeaceus</i> al incremento de ozono troposférico y disponibilidad de nitrógeno. <i>J. Sanz, V. Bermejo, R.B. Muntifering, I. González-Fernández, H. Calvete y R. Alonso .....</i>	195
Evaluación de metales pesados en las clorofilas de gramíneas pascícolas de una mina toledana abandonada mediante la aplicación del método "Gauss Peak Spectrum". <i>M.J. Gutiérrez-Ginés, J. Pastor, C. Bartolomé y A. Hernández .....</i>	201
Propiedades químicas y concentración de metales pesados en suelo y planta tras el aporte de purines en pradera. <i>M.D. Báez, A. Louro López, J.F. Castro Insua y M.I. García Pomar .....</i>	207

## SEGUNDA PARTE PRODUCCIÓN VEGETAL DE PASTOS

### CAPÍTULO INTRODUCTORIO:

La dehesa: reflexiones de un ganadero. <i>L. Olea Márquez de Prado .....</i>	217
Evaluación del ataque de <i>Helminthosporium turcicum</i> en maíz forrajero. <i>M.J. Bande-Castro, A. Prieto Fernández y J. Piñeiro-Andión .....</i>	231
Rediseño del marco de siembra en maíz forrajero. <i>A. Blas Morente, P. Barreiro Elorza, G.S. Dias da Costa, H. Griepentrog y C.G. Hernández Díaz-Ambrona .....</i>	237
Evaluación agronómica de variedades locales de maíz en un sistema de agricultura sostenible. <i>L. Campo Ramírez, A.B. Monteagudo y J. Moreno-González .....</i>	243
Comparación en maíz forrajero de la fertilización tradicional con los nuevos fertilizantes nitrogenados. <i>M.I. García Pomar, D. Báez Bernal, A. Louro López y J. Castro Insua .....</i>	249
Efecto de dos sistemas de manejo (convencional y ecológico) en la producción y principios nutritivos del maíz forrajero para ensilar. <i>J. Vanegas Ruiz, F. Vicente, M. González Arjo, A. Argentería, B. de la Roza-Delgado y A. Martínez-Fernández ...</i>	257
Factores que afectan al valor nutritivo del ensilado de maíz: variedad, fecha de siembra y grado de madurez. <i>F. Opsi, R. Fortina, G. Borreani, E. Tabacco, R. Bodas y S. López .....</i>	263
Comparativa del potencial forrajero de variedades híbridas e híbridos de maíz para el cultivo ecológico. <i>A.B. Monteagudo, L. Campo, B. Salleres y J. Moreno-González .....</i>	269
Influencia del número de pastoreos invernales sobre la producción y composición del cultivo de alfalfa en regadío. <i>C. Chocarro, J. Lloveras y R. Fanlo .....</i>	275

<p>Evolución anual de la producción de forraje y del contenido en proteína bruta de un cultivo de alfalfa CV. Aragón.  <i>I. Delgado, F. Muñoz, M. Joy y D. Andueza</i> .....</p>	281
<p>Desarrollo agromorfológico y contenido en proteína bruta de dos tipos de esparceta durante el primer ciclo productivo.  <i>S. Demdoun, F. Muñoz e I. Delgado</i> .....</p>	287
<p>Influencia de micorrizas y fertilización mineral en el estado nutricional de la cebada.  <i>A. García-Ciudad, C. Petisco, B.R. Vázquez-de-Aldana, M.A. Jiménez Mateos, V.O. González, L. García-Criado y B. García-Criado</i> .....</p>	293
<p>Producción de biomasa y estado nutricional en el primer corte de cultivos forrajeros de corta duración en Asturias.  <i>J.A. Oliveira-Prendes, E. Affif-Khoury y J.J. Gorgoso-Varela</i> .....</p>	299
<p>Estudio de producción de biomasa en poblaciones de trébol blanco y violeta de la cordillera cantábrica para su uso en praderas.  <i>J.E. López Díaz, J.A. Oliveira-Prendes y E. González Arráez</i> .....</p>	305
<p>Mejora de praderas por siembra sin laboreo.  <i>J. Piñeiro-Andión, N. Díaz-Díaz, M.J. Bande-Castro y J. Fernández-Paz</i> .....</p>	313
<p>Nuevas leguminosas anuales como cultivo de invierno en rotaciones forrajeras intensivas de Galicia. I.- Rendimiento en materia seca  <i>G. Flores, J. Piñeiro, N. Díaz, J. Valladares, B. Fernández-Lorenzo, A. González-Araez, M.J. Bande-Castro, S. Pereira-Crespo y C. Resch</i> .....</p>	319
<p>Valor alimenticio de especies productivas en prados de montaña.  <i>R. Peláez, S. Andrés, C. Valdés, R. García y A. Calleja</i> .....</p>	325
<p>Efecto de la frecuencia de corte en los rendimientos de <i>Brachiaria</i> híbrido CV 'mulato' en el trópico húmedo de Honduras.  <i>A. Mendoza, O. Barrantes, A. Broca, R. Reiné y C. Ferrer</i> .....</p>	331
<p>Calidad de <i>Brachiaria</i> híbrido CV 'mulato' en el trópico húmedo de Honduras: épocas de mínima y de máxima precipitación.  <i>A. Mendoza, O. Barrantes, A. Broca, R. Reiné y C. Ferrer</i> .....</p>	339
<p>Capacidad de rebrote del triticale de doble aptitud (forraje y grano): influencia de la densidad de siembra y la dosis de nitrógeno.  <i>F. Llera Cid, V. Cruz Sobrado, A.M. Rivera Martín y F. Rodríguez Moreno</i> .....</p>	347
<p>Estudio de la tasa de ahijamiento e índice de supervivencia del triticale de doble aptitud (forraje y grano).  <i>F. Llera Cid, A.M. Rivera Martín, V. Cruz Sobrado y F. Rodríguez Moreno</i> .....</p>	353
<p>Influencia del aporte durante cuatro años consecutivos de fósforo, potasio y otros nutrientes sobre la producción, composición botánica y calidad de pasto de dehesa.  <i>O. Santamaría, M.J. Poblaciones, L. Olea, S. Rodrigo, J. Guerra y T. García-White</i> .....</p>	361

Efecto del manejo de residuos de <i>Lolium multiflorum</i> dejados en campo sobre la fauna microbiana y la actividad enzimática del suelo. <i>L. San Emeterio, L. Múgica, L. Canals y R. M.</i> .....	369
Efecto de la profundidad de siembra en la emergencia de especies pratenses. <i>B.R. Vázquez-de-Aldana, A. García-Ciudad, A. Álvarez y B. García-Criado</i> .....	375
Obtención de un índice de ensilabilidad adaptado a zonas templado-húmedas a partir de una población de forrajes de parámetros de sensibilidad conocida. <i>A. Martínez-Fernández, M. González Arrojo, A. Soldado y A. Argamentería</i> .....	381
Validación de la tecnología NIRS como herramienta para el control de calidad de forrajes. <i>A. Soldado, A. Martínez-Fernández, F. Vicente y B.de La Roza-Delgado</i> .....	387
Aplicación de la técnica NIRS para la estimación de la composición química del sorgo forrajero, pasto del Sudán e híbridos de sorgo X pasto del Sudán. <i>M.J. Bande-Castro, S. Pereira-Crespo, N. Díaz-Díaz y J. Piñeiro-Andión</i> .....	393
Estimación de la proteína no degradable en el rumen de pastos de la montaña leonesa empleando el CNCPS (Cornell). <i>C. Valdés, S. Andrés, F.J. Giráldez, R. García, R. Peláez y A. Calleja</i> .....	401

**TERCERA PARTE**  
**PRODUCCIÓN ANIMAL CON BASE A PASTOS**

**CAPÍTULO INTRODUCTORIO:**

La ganadería extensiva en Castilla-La Mancha. <i>A. Daza</i> .....	409
Análisis de la información contenida en la base de datos "Pastos Españoles (SEEP)" para la obtención de tablas de racionamiento. <i>M. Maroto Molina, A. Gómez Cabrera, J.E. Guerrero Ginel, A. Garrido Varo y D. Pérez Marín</i> .....	431
Predicción de la composición botánica de la dieta de herbívoros silvestres mediante NIRS. <i>E. Albanell, J. Bartolomé, I. Cristobal y J. Cassinello</i> .....	439
Caracterización de los estiércoles generados en explotaciones de ganado doméstico en Navarra. <i>J.M. Mangado y L. Garraza</i> .....	445
Balance de nitrógeno en vacas de leche en pastoreo. <i>A.I. Roca-Fernández, M<sup>º</sup>D. Báez Bernal y A. González-Rodríguez</i> .....	453
Efecto del pastoreo rotacional simplificado sobre la producción lechera de vacas frisonas y normandas. <i>A.I. Roca-Fernández, L. Delaby, A. González-Rodríguez, M<sup>º</sup>E. López-Mosquera, Y. Gallard y S. Leurent</i> .....	459
Efecto de la disponibilidad diaria de hierba sobre la producción y calidad del pasto y de la leche en vacuno. <i>A.I. Roca-Fernández, A. González-Rodríguez y O.P. Vázquez-Yáñez</i> .....	467

Estudio de sistemas de acabado de corderos en producción ecológica: efecto de la alimentación y el sexo. <i>V. Cañeque, C. López-Carrasco, O. López, M. T. Díaz, M. Ramos, A. Rivas, I. Muiño y J. de la Fuente</i> .....	473
Efecto del sexo y del sistema de alimentación sobre las características de la canal y calidad de la grasa de terneros de raza avileña-negra ibérica. <i>A. Daza, A. I. Rey, C. López-Carrasco y C. J. López Bote</i> .....	479
Producción de cerdos ibéricos de montanera en la provincia de Badajoz (Extremadura. España). <i>J. Gonzalo, S. Morales, M.J. Poblaciones y L. Olea</i> .....	485
Consumo de boj balear ( <i>Buxus balearica</i> Lam. 1785) por el extinto <i>Myotragus balearicus</i> Bate 1909. <i>J. Bartolomé, C. Retuerto, X. Martínez, J. Antoni Alcover, P. Bover, J. Cassinello y E. Baraza</i> .....	491
El ganado vacuno en el mantenimiento y recuperación de pastos en áreas abandonadas. Fertilización y dispersión de especies. <i>M.J. Leiva Morales, J.M. Mancilla Leyton y A. Martín Vicente</i> .....	497
Pastoreo por caprino en zonas abandonadas en el espacio natural de Doñana. Producción y composición de pastos. <i>M.J. Leiva Morales, J.M. Mancilla Leyton y A. Martín Vicente</i> .....	505
Aversión condicionada a hojas de olivo en ovino. <i>C.L. Manuelian, E. Albanell, A.A.K. Salama y G. Caja</i> .....	511
Evaluación de la vulnerabilidad del suelo a la degradación por pastoreo y estimación de la capacidad de carga física en explotaciones ganaderas de montaña mediterránea y tropical. <i>R. Blanco Sepúlveda</i> .....	517
Objetivos empresariales y familiares de los ganaderos de sistemas ovinos en un espacio de alto valor ambiental. <i>B.A. Zamudio, E. Manrique y A.M. Olaizola</i> .....	525

## CUARTA PARTE SISTEMAS Y RECURSOS SILVOPASTORALES

### CAPÍTULO INTRODUCTORIO:

De cómo las dehesas se confundieron con su nombre. Reflexiones sobre la génesis histórica de los sistemas adehesados. <i>F.J. Ezquerro Boticario</i> .....	535
Efecto de la sequía en el estado y fenología de masas de <i>Quercus ilex</i> en dehesas del suroeste de Madrid. <i>R. Benavides, A. Lázaro y F. Valladares</i> .....	553
¿Influye la cubierta vegetal bajo el dosel arbóreo sobre el contenido en nutrientes y el estado hídrico de la hoja de encina en la dehesa? <i>A.M. García Moreno, M.D. Carbonero Muñoz, F. Moreno Elcure, J.R. Leal Murillo, M.T. Hidalgo Fernández y P. Fernández Rebollo</i> .....	561



Biomasa ramoneable procedente de resalveos sobre tallares envejecidos de encina. <i>J.A. Bravo Fernández, D. Barrero Gamonal, G. Martínez González, R. Serrada Hierro y S. Roig Gómez</i> .....	567
Composición en ácidos grasos y tocoferoles de la bellota de encina en el CIA "Dehesón del Encinar", Toledo. <i>C. López-Carrasco, A.I. del Rey, A. Daza y C. J. López Bote</i> .....	573
Composición en ácidos grasos y tocoferoles del pasto herbáceo de otoño en una dehesa toledana. <i>C. López-Carrasco, A. I. Rey, A. Daza y C. J. López Bote</i> .....	579
La composición química de la bellota en la dehesa. Influencia del peso. <i>M.D. Carbonero Muñoz, A. García Moreno y P. Fernández Rebollo</i> .....	585
Efecto de las heladas sobre la capacidad germinativa de bellotas de encina. <i>M.R. Chambel, M. Couto, J. Antón, C. López-Carrasco, S. Mutke y S. Roig</i> .....	591
Interés del uso de praderas perennes como cubiertas vegetales en viñedos mediterráneos. <i>J. Gulías, A. Pou, M. Tomás, H. Medrano, M.A. Conesa y J. Cifre</i> .....	599
Respuesta al abonado, acolchado y ramoneo de tres arbustos forrajeros en ambientes semiáridos. <i>M.E. Ramos Font, A.B. Robles, J. Ruiz-Mirazo y J.L. González Rebollo</i> .....	607
Rendimiento productivo y composición química del arbusto forrajero <i>Tithonia diversifolia</i> en una zona del valle del Cauto, Cuba. <i>D. Verdecia, J. Ramírez, R. Bodas, I. Leonard, F.J. Giráldez, S. Andrés, A. Santana, R. Herrera y S. López</i> .....	613
Contribución de las cubiertas permanentes de especies de leguminosas a los servicios ecosistémicos en un olivar castellano-manchego. <i>A.J. Hernández y J. Pastor</i> .....	619
Optimización según criterios económicos del diseño de sistemas silvopastorales en áreas agrícolas abandonadas de Galicia. <i>M. Pasalodos-Tato, T. Pukkala, A. Rigueiro, E. Fernández y R. Mosquera</i> .....	625
Efecto del tipo de fertilizante sobre el pH, la producción y el contenido en potasio y fósforo en un sistema silvopastoral de <i>Pinus pinaster</i> Aiton. <i>M.R. Mosquera-Losada, V. Argibay y A. Rigueiro-Rodríguez</i> .....	631
Efectos de la gestión del sistema silvopastoral del monte Pinar Grande (Soria) sobre la producción de hongos silvestres comestibles. <i>F. Martínez-Peña, R. Alonso Ponce, J. Aldea, T. Ágreda, L.M. Fernández-Toirán y S. Roig</i> .....	639
Desbroces con siembra para el fomento del conejo de monte. <i>F. Guil, F. Silvestre, R. Moreno-Opo, M. Martínez-Jáuregui, M. Fernández-Olalla y S. Agudín</i> .....	645
Selección y desplazamiento de bellotas y hayucos por la fauna en una antigua dehesa mixta de robles y hayas: efectos de la calidad y localización de la semilla. <i>R. Perea García-Calvo, A. San Miguel Ayanz y L. Gil Sánchez</i> .....	651

Evaluación de la percepción de las poblaciones locales de los cambios de usos del suelo en paisajes culturales agrosilvopastorales en dos zonas de diferente desarrollo. <i>A.J. Rescia y M.E. Pérez-Corona</i> .....	657
Respiración del suelo en zonas riparias: efecto de la materia orgánica, de la vegetación herbácea y de la biomasa de raíces. <i>T. Martínez, L. González y J.A. Delgado</i> .....	665
Flujos de CO <sub>2</sub> del suelo en una dehesa del centro peninsular. <i>C. Uribe, L. Hernando, M. Roman, S. Roig y R. Inclán</i> .....	671
Variaciones estacionales de óxido nítrico en praderas de pastoreo en Galicia. <i>A. Louro López, D. Báez Bernal, M.I. García Pomar y J. Castro Ínsua</i> .....	679
Resistencia a la penetración en suelos de dehesa. Variación a lo largo del año e influencia del contenido de carbono. <i>F. Moreno Elcure, M.D. Carbonero Muñoz, A.M. García Moreno, J.R. Leal Murillo, M.T. Hidalgo Fernández y P. Fernández Rebollo</i> .....	687

## COMITÉ CIENTÍFICO

Isabel Albizu Beitia (*Neiker-Tecnalia*)  
Dolores Báez Bernal (*CIAM Xunta Galicia*)  
María José Bandé Castro (*CIAM Xunta Galicia*)  
Olivia Barrantes Díaz (*Univ. Zaragoza*)  
Juan Busqué Marcos (*CIFA-Cantabria*)  
Rafael Caballero G. de Arévalo (*CCMA-CSIC*)  
Alfredo Calleja Suárez (*Univ. León*)  
Laura Campo Ramírez (*CIAM Xunta Galicia*)  
Rosa María Canals Tresserras (*Univ. P. Navarra*)  
María Dolores Carbonero Muñoz (*Univ. Córdoba*)  
Eduardo Chinae Correa (*Univ. La Laguna*)  
Cristina Chocarro Gómez (*Univ. Lleida*)  
Begoña de la Roza Delgado (*SERIDA*)  
Ignacio Delgado Enguita (*CITA Zaragoza*)  
Rosario Fanlo Domínguez (*Univ. Lleida*)  
Rocío Fernández Alés (*Univ. Sevilla*)  
Federico Fernández González (*Univ. Castilla La Mancha*)  
Pilar Fernández Rebollo (*Univ. Córdoba*)  
Gonzalo Flores Calvete (*CIAM Xunta Galicia*)  
Ricardo García Navarro (*Univ. León*)  
Antonia García Ciudad (*IRNASA-CSIC*)  
Antonio González Rodríguez (*CIAM Xunta Galicia*)  
Jose María Herranz Sanz (*Univ. Castilla La Mancha*)  
Jaume Lloveras Vilamanyà (*Univ. Lleida*)  
Celia López-Carrasco Fernández (*JC Castilla La Mancha*)  
Enrique Manrique Persiva (*Univ. Zaragoza*)  
Adela Martínez Fernández (*SERIDA*)  
Antonio Martínez Martínez (*SERIDA*)  
Leopoldo Olea Márquez Prado (*Univ. Extremadura*)  
Rosa Pérez Badía (*Univ. Castilla La Mancha*)  
Cristina Pérez-Carral Lorenzo (*Univ. Huelva*)  
Juan Piñeiro Andión (*CIAM Xunta Galicia*)  
Beatriz R. Vázquez de Aldana (*IRNASA-CSIC*)  
Reiné Reiné Viñales (*Univ. Zaragoza*)  
Ana Belén Robles Cruz (*EE Zaidín- CSIC*)  
María del Pilar Rodríguez Rojo (*Univ. Castilla La Mancha*)  
Sonia Roig Gómez (*Univ. Politécnica Madrid*)  
Jabier Ruiz Mirazo (*EE Zaidín- CSIC*)  
Gregorio Salcedo Díaz (*IES La Granja. Cantabria*)  
Alfonso San Miguel Ayanz (*Univ. Politécnica Madrid*)  
Leticia Sanemeterio Garciandía (*Univ P. Navarra*)  
Oscar Santamaría Becerril (*Univ. Extremadura*)  
Santiago Sardinero Roscales (*Univ. Castilla La Mancha*)



## PRESENTACIÓN

Castilla – La Mancha, en general, y Toledo, en particular, son tierras de diversidad, pero también de encuentro, de integración. Lo son desde los puntos de vista geográfico y biológico, y también, gracias a su larga historia, desde el humano y el cultural. Precisamente una de las consecuencias de ese largo proceso de co-evolución de diferentes sociedades y culturas con nuestro variado medio natural es el dominio de paisajes humanizados, o culturales, como indica el lema de la L Reunión Científica de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos. Se trata de sistemas productivos que, como la dehesa o los mosaicos de bosque, matorral, pastos herbáceos naturales y cultivados, son esenciales para generar empleo y riqueza y para hacer posible el desarrollo rural sustentable. Pero su interés no es sólo productivo; son también ecosistemas que desempeñan una vital labor de regulación y que albergan elevados niveles de biodiversidad, de lo que es buena prueba que Castilla – La Mancha contribuye a la red Natura 2000 con casi dos millones de hectáreas, lo que representa un 23% del territorio regional y un 13,6% de toda la superficie de la red en España. Son sistemas que atesoran un valioso patrimonio cultural y que contribuyen a satisfacer la creciente demanda de paisaje, recreo y tranquilidad de una sociedad cada vez más urbana. Para finalizar, son también sistemas antiguos, creados por sociedades con necesidades muy diferentes de las actuales y que, como ellas, gracias a su diversidad y versatilidad, han sabido y podido adaptarse a la aparición continua de nuevos paradigmas.

Los pastos, en sus diversas variantes (naturales y sembrados, herbáceos, arbustivos y arbóreos) forman parte esencial del medio natural y contribuyen, de forma sustancial, al bienestar de la sociedad mediante servicios de abastecimiento, de regulación y de carácter cultural. Precisamente por ello, para garantizar su persistencia y su eficiencia en la satisfacción sostenida de las necesidades humanas, es hoy más imprescindible que nunca su conocimiento científico. A ello, con un planteamiento pluridisciplinar y de integración, se dedica la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos. Espero que los trabajos que incluye esta publicación, que ha generado su L Reunión Científica y hoy tengo el placer de presentar, contribuyan a hacer posible ese objetivo y nos permitan conocer, conservar y aprovechar racionalmente ese valioso patrimonio del que todos somos responsables.

**Jose Luis Martínez Guijarro**

*Consejero de Agricultura y Medio Ambiente*  
Junta de Comunidades de Castilla La Mancha



PARTE PRIMERA

## BOTÁNICA Y ECOLOGÍA DE PASTOS







## CAPITULO INTRODUCTORIO

### LA VEGETACIÓN DE LA PROVINCIA DE TOLEDO

F. FERNÁNDEZ-GONZÁLEZ \*

#### RESUMEN

Se presenta una sinopsis de la vegetación de la provincia de Toledo (Castilla-La Mancha, España central). Tras un resumen de las características geográficas, fisiográficas, climáticas y litológicas de la provincia, se describen sus principales unidades biogeográficas, incluyendo la historia de usos del territorio. Se relacionan las comunidades vegetales que conforman la vegetación de los dos sectores principales reconocidos, agrupadas por tipos de hábitats, con comentarios sobre su problemática e interés de conservación.

**Palabras clave:** tipos de hábitats, comunidades vegetales, biogeografía, conservación de flora y vegetación, España central.

#### FITOGEOGRAFÍA DE TOLEDO

La distribución de la flora y las comunidades vegetales toledanas está condicionada en primer término por la compleja litología de la provincia. Ésta, de 15370 km<sup>2</sup> de extensión, tiene forma rectangular, con su eje mayor, de casi 200 km, orientado en sentido este-oeste, a lo largo del valle medio del Tajo y entre las dos cordilleras que lo flanquean, el Sistema Central al norte y los Montes de Toledo al sur. Los relieves de estas cordilleras, labrados en rocas silíceas paleozoicas, y los glaciares sedimentarios que se extienden a sus pies, dominan el tercio occidental y noroccidental de la provincia y su franja meridional, conformando un territorio de suelos silíceos que desde el punto de vista biogeográfico se enmarca en el denominado sector Toledano-Tagano. En contrapartida, el centro de la fosa del Tajo, entre Talavera de la Reina y Toledo, y el tercio oriental de la provincia, están ocupados por terrenos sedimentarios arcillosos, calcáreos o yesíferos, que se adscriben biogeográficamente al sector Manchego (*Fig. 1 y 2*). Estos dos sectores, que se reparten casi equitativamente la superficie provincial, son la representación local de las dos provincias biogeográficas del interior peninsular: Mediterránea Ibérica occidental (subprovincia Luso-Extremadurensis) y Mediterránea Ibérica central (subprovincia Castellana), diferenciadas por la preponderancia de sustratos silíceos y calcáreos, respectivamente (Rivas-Martínez *et al.*, 2002).

La altitud media de la provincia es de 600 m y la variación altitudinal moderada, excediendo apenas el millar de metros (300 m en el Tajo a su salida de la provincia y 1447 m en las cumbres de los Montes de Toledo). Por ello, el clima es más homogéneo que la lito-

\* Instituto de Ciencias Ambientales, Universidad de Castilla-La Mancha, 45071 Toledo (España)

logía. De acuerdo con las clasificaciones climáticas usuales en el estudio de la vegetación, la gran mayoría del territorio provincial encaja en el tipo mesomediterráneo seco (Rivas-Martínez, 2007), con un marcado contraste estacional (inviernos fríos y veranos calurosos y muy secos), como corresponde a su ubicación en el interior peninsular. Las lluvias son moderadas, principalmente primaverales y otoñales, con totales anuales comprendidos entre 350 y 600 mm en la mayor parte del territorio, que se reducen progresivamente hacia el este, donde en algunas localidades de La Sagra y la cuenca guadiana se roza el clima semiárido. La precipitación alcanza sus mayores valores en el occidente provincial, más expuesto a los temporales ábregos, de forma que los valles del Tiétar y del Alberche y los relieves de los Montes de Toledo gozan de climas subhúmedos; en las cumbres de la sierra de San Vicente y de los Montes probablemente se superan los 1000 mm, valores propios del ombrotipo húmedo. En estas montañas se alcanzan temperaturas propias del clima su- pramediterráneo por encima de los 1000 ( $\pm 50$ ) m, lo que supone apenas un 3% de la superficie provincial. Los enclaves más cálidos se sitúan en los riberos occidentales del Tiétar y del Tajo, así como en los afluentes del Guadiana en su tramo del Cijara.

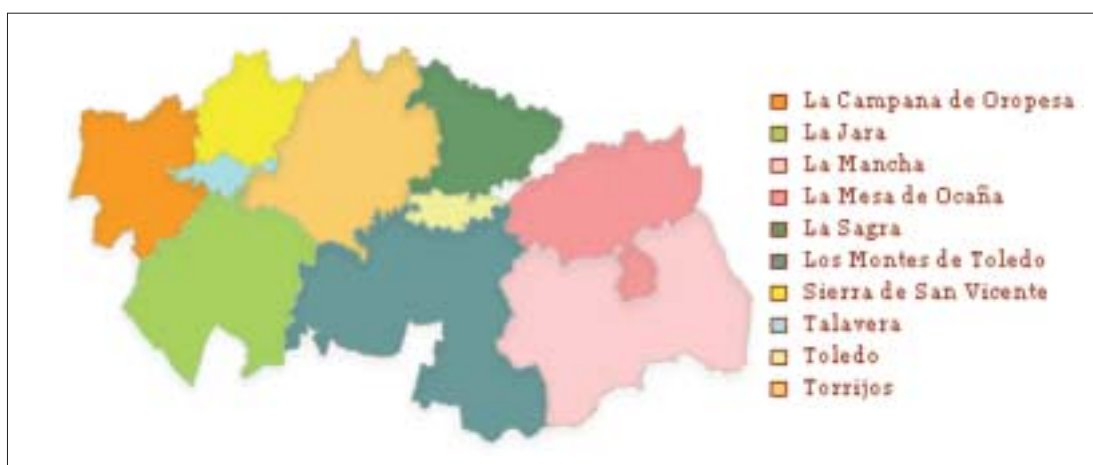


Figura 1.- Las comarcas de la provincia de Toledo (fuente: Diputación de Toledo).

El análisis detallado de las dos principales unidades biogeográficas toledanas permite concretar otros aspectos. En lo que respecta al sector Toledano-Tagano, al norte del Tajo los grandes relieves del Sistema Central quedan fuera de la provincia (Fig. 2), adentrándose en Toledo sólo su contrafuerte meridional, el bloque granítico del Piélago, con la Sierra de San Vicente como accidente principal, prolongado hacia el noreste por la Sierra de Higuera y hacia el suroeste por las lomas graníticas del Berrocal de Talavera, que deslindan las cuencas del Tiétar y Alberche. Estas últimas están rellenas de sedimentos más o menos arenosos, que enlazan con los del Campo de Talavera y la Campana de Oropesa; en algunos enclaves, como en el río Guadyervas, tributario del Tiétar, o en la confluencia del Alberche con el Tajo, los depósitos arenosos son tan potentes y tamizados que cobijan algunas plantas especialistas de este tipo de sustratos desfavorables por su movilidad y escasa capacidad de retención hídrica. Las cuencas del Alberche y del Guadarrama están separadas por un lomo sedimentario de arenas con matriz arcillosa (arcosas de la facies Madrid), que ocupa el norte de la comarca de Torrijos, y en el que escasean los elementos florísticos ibéricos suroccidentales, por lo que fitogeográficamente se ha adscrito al sector Guadarrámico (Fig. 2), el más continental e interior de la provincia Mediterránea Ibérica occidental.

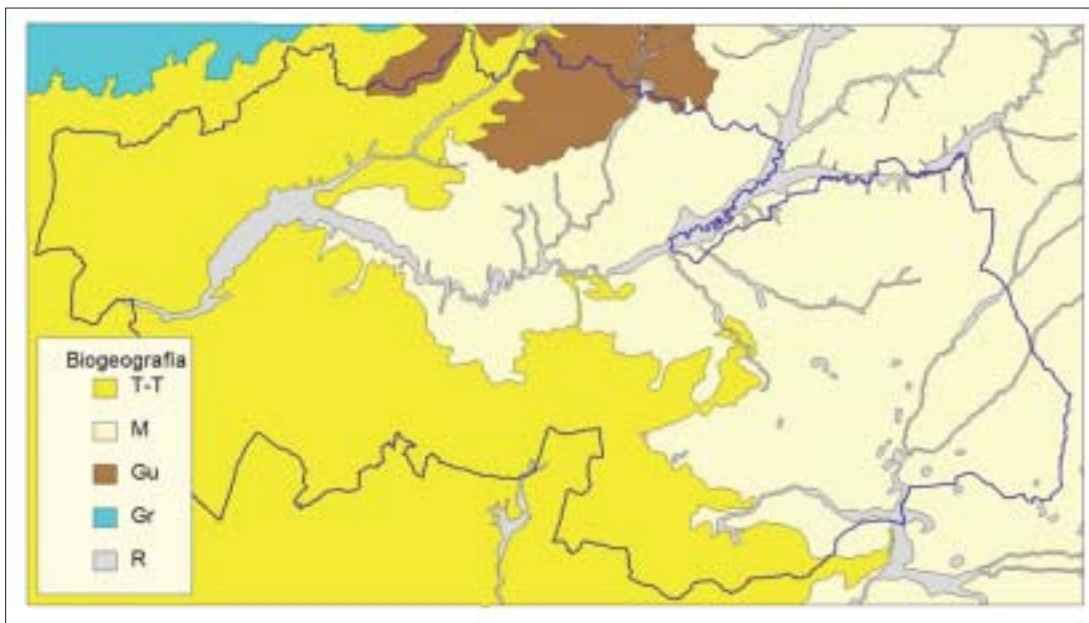


Figura 2.- Fitogeografía de la provincia de Toledo y territorios limítrofes. Sectores Toledano-Tagano (T-T), Manchego (M), Guadarrámico (Gu) y Bejarano-Gredense (Gr), estos dos últimos pertenecientes a la subprovincia Carpetana (Sistema Central). Para facilitar las referencias se incluyen las principales zonas ribereñas de ríos y lagunas (R).

Los Montes de Toledo constituyen la vértebra toledana de la denominada cordillera Oretana, que corre paralela al Sistema Central al sur del Tajo, y está conformada por un laberinto de sierras labradas en granitos, migmatitas, pizarras y cuarcitas; la mayor dureza de estas últimas ha actuado como principal condicionante del relieve. Las sierras occidentales de La Jara son ligeramente más lluviosas, en tanto que en el macizo central (Rocigalco, 1447 m; Corral de Cantos, 1419 m) se hallan las mayores extensiones supramediterráneas. Las sierras orientales pierden altitud progresivamente, se van tornando más secas y se articulan en dos alineaciones, que discurren una hacia Mora y otra hacia Madridejos. Al norte y al sur de las sierras y en las depresiones internas se han depositado abanicos de sedimentos rojizos, con bancos superficiales de cantos cuarcíticos, que reciben el nombre de rañas. Otra unidad original de este conjunto es la denominada Meseta Cristalina (comarca de La Sisa), una rampa granítica completamente arrasada por la erosión, exceptuando unos pocos 'montes-isla', que se extiende desde el pie de los relieves septentrionales de los Montes hasta la fractura por la que discurre el cauce del Tajo.

El territorio toledano adscrito al sector Manchego es más homogéneo desde el punto de vista climático, puesto que prácticamente en su totalidad encaja en el bioclima meso-mediterráneo seco, pero encierra una notable variabilidad litológica que permite reconocer varias unidades. De oeste a este, la comarca de Torrijos, surcada por el Guadarrama, está caracterizada por arcosas con matriz arcillosa más o menos calcárea, de tonos ocre (facies Toledo), que se van tornando grisáceas hacia occidente, hasta las inmediaciones de Talavera. Al este del Guadarrama se extiende la comarca de La Sagra, ocupada por margas verdosas y grises oscuras –que asientan los suelos más feraces de la provincia– y margas yesíferas; la arcillosidad de los suelos favorece los fenómenos de endorreísmo y la acumulación local de sales. En la Mesa de Ocaña las margas yesíferas están coronadas por una cobertera calcárea pontiense, elevada a unos 800 m de altitud. Por último, la 'Mancha guadanesa' invade el ángulo sudoriental de la provincia, en las cuencas del Cigüela y Riansares,

tributarios del Guadiana. Aquí el espesor del manto sedimentario es menor, lo que permite la emergencia de algunos isleos metamórficos a modo de apéndices orientales de los Montes (Sierra del Romeral en Villafranca y cerros de Lillo, Corral de Almaguer, Puerto Lápice, etc.). La llana topografía, apenas incisa por cauces fluviales, favorece la formación de cuencas endorreicas con lagunas temporales o permanentes, en su mayoría salobres por las aportaciones de los estratos yesíferos subyacentes.

La separación entre los sectores Toledano-Tagano y Manchego dista de ser nítida. Por una parte existen transiciones entre las arcosas predominantemente silíceas o calcáreas de la comarca de Torrijos, que se complican además en las superposiciones con las terrazas fluviales del Tajo y sus principales afluentes. Por otra, en el primero de los sectores existen diversos afloramientos de rocas metamórficas calcáreas, como los mármoles de Montesclaros (Sierra de San Vicente) o de algunos enclaves salpicados por los Montes de Toledo. La Meseta Cristalina es otro territorio complejo, por la presencia de migmatitas carbonatadas por alteración, pizarras verdosas carbonatadas y mármoles, que asientan suelos calcáreos sobre los que prosperan comunidades vegetales de tipo manchego, formando mosaicos y mezclas con las comunidades silíceas que medran en las facies no carbonatadas.

## USOS DEL TERRITORIO

La historia de usos del territorio constituye el tercer factor modelador de la distribución de las comunidades vegetales. La provincia de Toledo tiene en la actualidad casi dos tercios de su superficie dedicados a cultivos agrícolas, a los que cabe agregar cerca de un 15% (entre dehesas, matorrales y pastos desarbolados) transformado principalmente por usos ganaderos. La distribución de los usos del territorio sigue también patrones fitogeográficos, puesto que la agricultura se ha concentrado secularmente en los terrenos sedimentarios, fáciles de arar y más productivos, del sector Manchego (exceptuando los yesos), además de las arcosas y parte de las rañas, mientras que los usos ganaderos y forestales se han orientado hacia los sustratos silíceos y las áreas de montaña.

La transformación del paisaje se produjo en varios pulsos, que comienzan en el Neolítico con las primeras deforestaciones asociadas a incendios, cultivos de cereal y leguminosas y actividad ganadera. La agricultura se expandió durante el periodo romano, cuando se introdujeron probablemente la vid y el olivo, y posteriormente durante la dominación árabe, con excepción de los siglos de inestabilidad bélica. El pulso definitivo se inicia tras la recolonización cristiana del territorio, entre los siglos XI (reconquista de Toledo) y XIII (batalla de Navas de Tolosa); a finales de este último siglo se instaura la organización ganadera de La Mesta. A tenor de las crónicas, a principios del siglo XVI la deforestación era ya extensiva en las comarcas del centro y el este de la provincia, hasta el punto de que ya habían empezado a promulgarse normativas protectoras de los bosques. A esta expansión progresiva de los usos agropecuarios escaparon las áreas de montaña: La Jara, principal recurso forestal de la comarca de Talavera; la sierra de San Vicente, hasta la que llegaba el perímetro de abastecimiento de Madrid; y los Montes de Toledo, cuya explotación forestal (leña, carbono y roturaciones temporales en las rañas) fue estrechamente vigilada desde la ciudad de Toledo, su propietaria entre 1284 y 1835.

Las desamortizaciones de la segunda mitad del siglo XIX acarrearón una serie de roturaciones y esquilmas locales de los recursos forestales en estas áreas hasta entonces bien conservadas, que se prolongarían en la primera mitad del siglo pasado. Sus efectos, no obstante, serían moderados por la nueva estructura latifundista de la propiedad y el progresivo abandono posterior de los usos agropecuarios tradicionales, de forma que durante el último medio siglo se ha registrado una recuperación de los montes por dinámica natural y

por reforestaciones practicadas sobre todo con pino resinero (*Pinus pinaster*). En la década de 1980 se configuran los aprovechamientos cinegéticos hoy predominantes en las sierras, y se inician las reforestaciones de tierras agrarias, con lo que se consolida la recuperación forestal de los últimos decenios. En la actualidad, tres sistemas ganaderos extensivos operan en el territorio (Caballero *et al.* 2010): el sistema cereal-ovino manchego, los sistemas de dehesa del occidente provincial, con ovino y bovino; y los sistemas cinegéticos de ungulados, extendidos en los Montes de Toledo y en algunas fincas del noroeste de la provincia. Los dos primeros registran declives mientras que el último constituye un elemento emergente en la economía de las áreas rurales, con problemas locales debido a las tendencias hacia la intensificación.

De acuerdo con el Tercer Inventario Forestal Nacional de 2004 (Martínez Sánchez-Palencia y Marco, 2006), los bosques y formaciones arboladas apenas ocupan un 25% del total de la superficie de la provincia de Toledo, lo que supone las tres cuartas partes de su superficie forestal. Dominan las formaciones de frondosas (75%, principalmente encinares), seguidas de las masas mixtas (13%, repartidas entre encinares con enebros y masas de quercíneas y pinos) y de coníferas (12%, principalmente pinares resineros de plantación reciente).

La población de la provincia asciende a unos 700000 habitantes, aunque su distribución territorial es muy desigual, puesto que sólo las comarcas de Toledo y Talavera (Fig. 3) alcanzan densidades elevadas, seguidas por el pasillo de La Sagra; en el resto de las comarcas la densidad es inferior a 40 hab./km<sup>2</sup>, siendo La Jara la más despoblada (9 hab./km<sup>2</sup>).

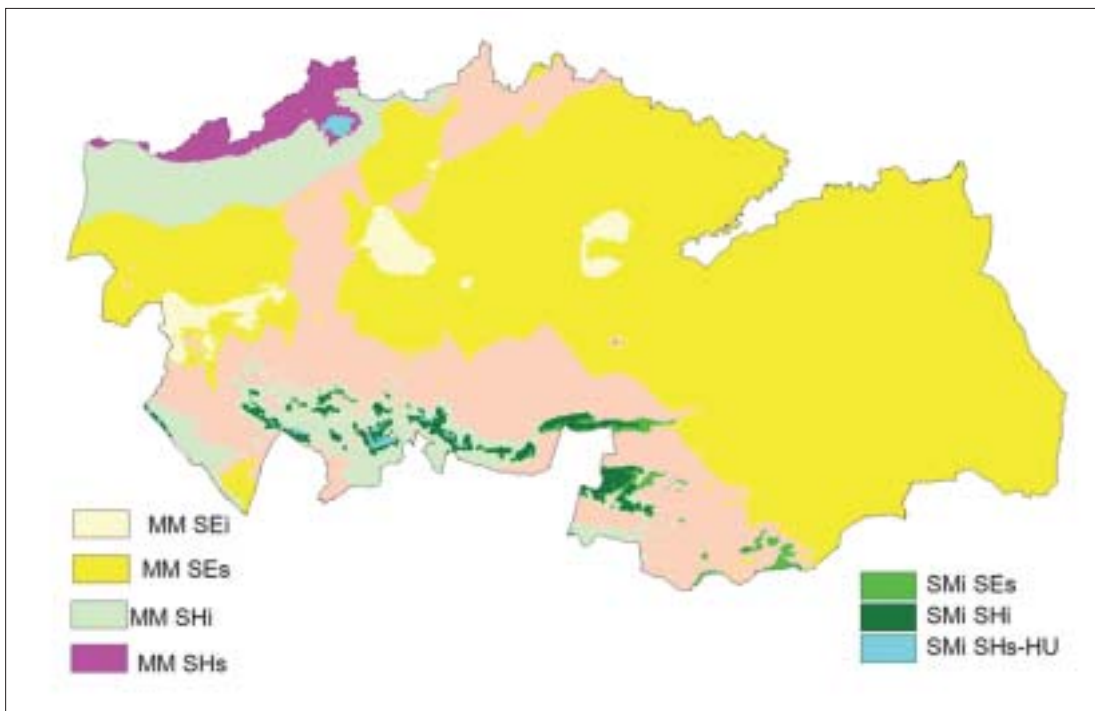
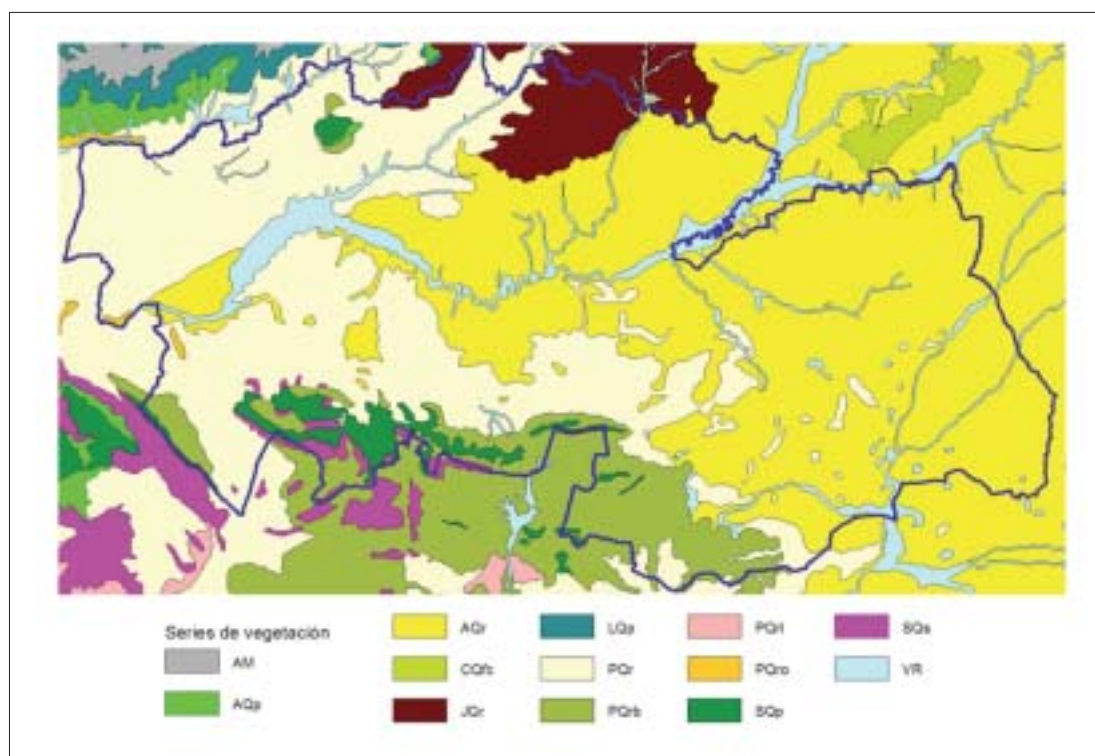


Figura 3.- Pisos bioclimáticos de la provincia de Toledo: termotipos mesomediterráneo (MM) y supramediterráneo (SM) y ombrotipos seco (SE), subhúmedo (SH) y húmedo (HU); 'i' y 's' denotan los horizontes inferior y superior de cada ombrotipo. Cartografía basada en el índice de termicidad y el índice ombrotérmico anual de Rivas-Martínez (2007) calculados a partir del Atlas Climático de Ninyerola *et al.* (2005).

## LA VEGETACIÓN DEL SECTOR MANCHEGO

En los apartados que siguen, se exponen sucintamente los principales tipos de vegetación representados en los dos sectores de la provincia de Toledo. En aras de la brevedad, se señalan sólo algunas de las especies directrices de cada uno de ellos; para descripciones más exhaustivas puede consultarse la bibliografía que se cita a lo largo del texto, así como varias monografías sobre la flora (Charco *et al.*, 2008) o sobre la vegetación (Laorga, 1986; Ruiz, 1986; Rivas-Martínez *et al.*, 2001; Peinado *et al.*, 2008). Aquellas especies incluidas en el Catálogo Regional de Especies Protegidas de Castilla-La Mancha se destacan con un asterisco (\*) tras su nombre científico. La clasificación de la vegetación se emplea hoy generalizadamente para reconocer los tipos de hábitats, unidades en las que se basa también la priorización de objetivos para las estrategias de conservación de la biodiversidad (EC, 2007). Por ello, tras el nombre, resaltado en negritas, de cada tipo de vegetación, se indica mediante un exponente con las letras D o C, respectivamente, si el correspondiente tipo de hábitat se halla incluido entre los de interés europeo de conservación de la Directiva 92/43 de la UE <sup>(D)</sup>, o entre los hábitats de protección especial de Castilla-La Mancha <sup>(C)</sup> (Martín *et al.*, 2003; Fernández-González *et al.*, 2009; Ruiz y Serrano, 2009; VV.AA., 2009). El mapa de la *Figura 4* resume las unidades de vegetación potencial natural reconocidas en el territorio.



*Figura 4.* - Principales series de vegetación de la provincia de Toledo (de Rivas-Martínez 1987, con pequeñas modificaciones): encinares toledano-taganos (*Pyro-Quercetum rotundifoliae*) típicos (PQr), con quejigos (PQrb), termófilos con acebuches y esparragueras blancas (PQro) y termófilos con lentiscos (PQrl); encinares manchegos (*Asparago-Quercetum rotundifoliae*) (AQr); encinares guadarrámicos (*Junipero oxycedri-Quercetum rotundifoliae*) (JQr); alcornoques (*Sanguisorbo-Quercetum suberis*) (SQs); quejigares levantinos (*Cephalanthero-Quercetum fagineae*) (CQfc); melojares toledano-taganos meso- (*Arbuto-Quercetum pyrenaicae*) (AQp) y supramediterráneos (*Sorbo torminalis-Quercetum pyrenaicae*) (SQp); melojares y pinares supramediterráneos carpetanos (LQp) y series de la alta montaña gredense (AM); series de vegetación ribereña de ríos y lagunas (VR).

## Bosques y matorrales

Aunque los **encinares**<sup>(D)</sup> basófilos mesomediterráneos manchegos se considera que constituyen la vegetación potencial natural de la porción toledana del sector, los vestigios que subsisten son escasos y están acantonados en pequeños relieves que han escapado a las transformaciones agrícolas extensivas o en algunas fincas que los han conservado excepcionalmente. Tampoco quedan testimonios de **quejigares levantinos**<sup>(D)</sup>, aunque este árbol (*Quercus faginea* subsp. *faginea*) tiene una presencia dispersa en el tercio oriental de la provincia e incluso llega a ser localmente abundante en algunos de los barrancos que circundan la Mesa de Ocaña, no lejos de las representaciones de quejigar mesomediterráneo que hay en el entorno de Chinchón, al sur de Madrid. Las superficies ocupadas por el pino carrasco (*Pinus halepensis*), del que existen masas de aspecto seminatural al este del límite provincial, parecen tener su origen en repoblaciones. Los **coscojares**<sup>(C)</sup> (*Quercus coccifera*), como etapa arbustiva preforestal están algo más extendidos en los terrenos calcáreos y yesíferos, aunque sin ocupar grandes extensiones. En su composición intervienen algunas especies protegidas como el espantalobos (*Colutea hispanica*\*) o las efedras (*Ephedra* spp.\*). Por último, los **retamares**<sup>(D)</sup> de retama común o de bolas (*Retama sphaerocarpa*) ocupan extensiones relevantes sobre todo en los terrenos arcósicos, en los que los usos ganadero y agrícola debieron compartir en mayor medida el territorio.

En los matorrales basófilos manchegos se distinguen los propios de suelos calcáreos más o menos decapitados o degradados, y los de suelos yesíferos. Los **matorrales calcícolas**<sup>(D)</sup> presentan fisonomías variadas, dependiendo de las especies dominantes: romerales (*Rosmarinus officinalis*), a menudo con romerina (*Cistus clusii*), aliagares (*Genista scorpius*, *G. pumila*), salviares (*Salvia lavandulifolia*), espliegares (*Lavandula latifolia*) o tomillares (*Thymus* spp., *Teucrium* spp.). La riqueza florística, sobre todo de labiadas y cistáceas, es considerable, aunque se empobrece sensiblemente en las arcosas de la comarca de Torrijos. *Genista pumila* y *Astragalus clusianus* diferencian el territorio manchego-guadianés.

Las **estepas yesíferas**<sup>(DC)</sup> han escapado relativamente a las transformaciones agrícolas a causa de su limitada productividad, y se hallan bien representadas en las comarcas de La Sagra y la Mesa de Ocaña, donde conforman paisajes únicos en Europa, dominados por matorrales de gipsófitos que alternan con espartales, albardinares y costras de musgos y líquenes. Jabunos (*Gypsophila struthium*), garbancillos (*Ononis tridentata* subsp. *tridentata*) y otros caméfitos (*Helianthemum squamatatum*, *Thymus lacaitae*, *Lepidium subulatum*, *Centaurea hyssopifolia*, *Teucrium pumilum*\*, *Vella pseudocytisus*\*) son abundantes en el matorral. El mayor LIC de la Red Natura 2000 dedicado a este tipo de hábitat se halla en el norte de Toledo, en la margen izquierda del Tajo.

El predominio de litologías blandas hace que las comunidades de **roquedos calcáreos**<sup>(DC)</sup> estén muy pobremente representadas en la Mesa de Ocaña, donde también se conservan en ambientes rupestres algunas surgencias con formación de **tobas calcáreas**<sup>(DC)</sup>.

## Los pastizales

La preponderancia del uso agrícola limita la extensión de los pastos en el sector Manchego. Los más aparentes en el paisaje son los **espartales** de *Stipa tenacissima*, de inconfundible aspecto amacollado, tolerantes a la sequía y capaces de estabilizar suelos pendientes, pedregosos, arcillosos o yesíferos. Sobre suelos calcáreos o margosos poco profundos prosperan, aunque poco abundantes en el territorio, los **cerverales**<sup>(D)</sup>, pastizales vivaces de *Brachypodium retusum* y otras gramíneas de pequeña talla, ricos en anuales y a menudo con participación de caméfitos. En suelos profundos, más o menos arcillosos, y situaciones topográficas que favorecen la permanencia de humedad, crecen los **fenalares**<sup>(D)</sup>.

de *Brachypodium phoenicoides*, en los que además pueden ser frecuentes ciertas especies de orquídeas silvestres, lo que realza su interés florístico. Territorialmente son más frecuentes en el entorno de bosques ribereños, como las olmedas, aunque también ocupan situaciones favorecidas ligadas a los bosques y arbustadas esclerofilas.

Dentro de los **pastizales anuales basófilos**<sup>(D)</sup>, bien representados en todo el sector y en los afloramientos de rocas metamórficas carbonatadas de la Sisa, los Montes de Toledo y el entorno de la sierra de San Vicente, se distinguen también los de litosuelos calcáreos y los de yesos; estos últimos, con interesantes endemismos (*Chaenorhinum reyesii*, *Ctenopsis gypsophila*, *Linaria glauca*), cuentan con excelentes representaciones en La Sagra y la Mesa de Ocaña. Los **majadales basófilos**<sup>(D)</sup>, ligados al pastoreo intenso, principalmente de ovino, ocupan superficies más reducidas y están dominados por *Poa bulbosa*, *Convolvulus lineatus*, *Plantago albicans* y diversas especies de *Medicago* y *Astragalus*.

Exigencias hídricas moderadas, pero mayores que las de los fenales, son propias de los **juncuales mediterráneos de junco churrero**<sup>(D)</sup> (*Scirpoides holoschoenus*), frecuentes a lo largo de ríos, arroyos y vaguadas de todo el territorio. Mediante pastoreo intensivo pueden transformarse en **gramales**, céspedes típicamente mediterráneos, densos y productivos, de grama (*Cynodon dactylon*), tréboles (como *Trifolium fragiferum*) y ciperáceas (*Carex divisa* y otras especies).

### La vegetación ribereña y los humedales manchegos

La litología y geomorfología del sector Manchego es poco propicia para el desarrollo de cauces fluviales importantes, que se reducen en su porción toledana al Tajo y los tramos bajos de sus afluentes. Las **olmedas**<sup>(D)</sup> (*Ulmus minor*), que son los bosques de vega basófilos que pueden ocupar posiciones más alejadas de los cauces, han sufrido intensas transformaciones agropecuarias a causa de la feracidad de sus suelos y quedan pocos y fragmentarios enclaves, muy afectados además por los episodios de grafiosis e incluso por invasiones de ailantos. En cambio, las **alamedas**<sup>(DC)</sup> o choperas, bosques ribereños de gran talla que ocupan la primera franja de aluviones estabilizados junto al cauce, sometidos a inundación al menos parcial durante las avenidas, se hallan bien representados a lo largo del río Tajo y de sus afluentes principales en la mitad oriental de la provincia. Junto al álamo blanco (*Populus alba*) y el chopo (*Populus nigra*), dominantes, son frecuentes otros árboles riparios (olmos, fresnos, almeces –*Celtis australis*–, sauces arbóreos –*Salix alba*–, etc.). Las **saucedas arborescentes**<sup>(DC)</sup> colonizadoras de aluviones y riberas castigadas por la erosión de las avenidas son también escasas en el sector, por el desarrollo limitado de la red fluvial y la regulación hidrológica de los cauces principales; *Salix purpurea* y *S. alba* suelen ser los sauces dominantes sobre litologías carbonatadas. Además, en los cauces que discurren sobre yesos, así como en los tramos fluviales en los que el agua contiene sales derivadas de los mismos, como ocurre en la comarca de La Sagra, el papel de las saucedas es desempeñado por los **tarayales**<sup>(DC)</sup>, constituidos por varias especies de *Tamarix*, potentes freatófitos tolerantes a la salinidad y a la desecación superficial del suelo, que por ello son también los únicos árboles capaces de colonizar las riberas de las lagunas salobres. Por su capacidad dispersiva y de colonización, sauces y tarays ocupan con rapidez medios perifluviales alterados, como canteras de áridos, huertas abandonadas, etc.

Los salobrales son frecuentes en el sector Manchego, debido a la llana topografía, la somera incisión de la red fluvial y la abundancia de sustratos yesíferos, que favorecen la formación de cuencas endorreicas con acumulación de cloruros y sulfatos. Existen también algunos saladares empobrecidos y deteriorados en la comarca de Talavera, ligados a surgencias de aguas freáticas profundas cargadas de sales. La disposición de la vegetación en los saladares manchegos se acomoda a los gradientes combinados de hidromorfía y de salini-



dad (Cirujano, 1980, 1981); la concentración de sales en los horizontes superficiales del suelo está regida por lavados ascendentes durante los períodos de desecación y movimientos laterales hacia el fondo de los vasos lagunares durante los períodos de inundación, de forma que el estrés salino para las plantas aumenta hacia las zonas de mayor acumulación de sales y en los períodos en los que la desecación del suelo favorece la emergencia de eflorescencias salinas. Así, sobre suelos ligeramente salinos que permanecen secos en superficie la mayor parte del año, se desarrollan los **albardinares**<sup>(DC)</sup>, caracterizados por *Lygeum spartum*, que forma densas fajas anulares en torno a los vasos lagunares. En los albardinales con eflorescencias salinas tienen su óptimo algunas de las plantas protegidas de los saladares manchegos: *Limonium* spp.\* (con varios endemismos manchegos), *Lepidum cardamines\**, *Senecio auricula* subsp. *castellanus\** y el coralillo (*Microcnemum coralloides\**), a los que cabe añadir el endemismo toledano recientemente descrito y quizá extinto, *Helictotrichon devesae*. Sobre los suelos fuertemente salinos de las depresiones endorreicas, saturados de agua durante los inviernos y primaveras lluviosos, pero secos y con eflorescencias salinas durante el verano, se desarrollan los **almarjales**<sup>(DC)</sup>, comunidades de pequeñas matas leñosas postradas, con hojas o tallos suculentos, dominadas habitualmente por el almarjo o almajo dulce (*Suaeda vera* subsp. *braun-blanquetii*) y más raramente por el almajo salado (*Arthrocnemum macrostachyum\**) o la sapina (*Sarcocornia perennis* subsp. *alpini\**). Las **comunidades de salicor**<sup>(DC)</sup> (*Salicornia patula*) ocupan los claros de los almarjales y son las que más se adentran en las costras salinas, a las que tiñen de tonos rojizos al final del verano. En cambio, sobre suelos salinos que mantienen la hidromorfía y por tanto no alcanzan un estrés osmótico tan elevado, prosperan los **juncuales salinos**<sup>(DC)</sup> de *Juncus gerardi*, *J. subulatus* o *J. maritimus*. El pastoreo en estas comunidades favorece el desarrollo de **gramales salinos**<sup>(DC)</sup> (*Aeluropus littoralis*) con puccinelias (*Puccinellia fasciculata*, *P. caespitosa*, *P. hispanica*, *P. lagascana*), llantenos marinos (*Plantago maritima* subsp. *serpentina*), junquillos negrales (*Schoenus nigricans*), etc. Por último, en los claros pastoreados o alterados entre la vegetación vivaz se desarrollan **pastizales anuales halonitrófilos**<sup>(DC)</sup> caracterizados por el albolol manchego (*Frankenia pulverulenta*) y diversas gramíneas como *Sphenopus divaricatus*, *Parapholis incurva* o *Hordeum marinum*.

La **vegetación acuática halófila**<sup>(C)</sup> comprende diversas especies (*Ruppia* spp., *Zannichellia* spp., *Althenia* spp.) raras en su distribución provincial y algunas protegidas (*Althenia orientalis\**, *Zannichellia contorta\**), a las que cabe añadir las diminutas praderas subacuáticas de hepáticas del género *Riella\**, igualmente protegidas. Tanto en aguas salobres como en aguas dulces más o menos eutrofas, otro tipo destacable de vegetación sumergida es el constituido por las **comunidades de ovas**<sup>(DC)</sup>, con distintas especies de caráceas, varias de ellas protegidas, que tapizan los fondos lagunares y constituyen una fuente alimenticia principal para la fauna acuática, incluyendo varias anátidas. Los tapices de ovas son particularmente sensibles a la eutrofización y a las alteraciones hidrológicas de los sistemas lagunares.

Los helófitos de gran porte están presentes en las lagunas con mayor permanencia de la lámina de agua: los **carrizales** (*Phragmites australis*) y **espadañares** (*Typha latifolia*, *T. dominguensis*) forman galerías densas a lo largo de las riberas de ríos y lagunas en las que nidifican y se cobijan diversas aves acuáticas; las **formaciones de castañuelas**<sup>(C)</sup> (*Bolboschoenus maritimus*) reemplazan a las precedentes en aguas más salinas; por último, los **masiegares**<sup>(DC)</sup> de *Cladium mariscus\**, propios de aguas eutrofas o subhalófilas con régimen de inundación suficientemente estable, son escasos hoy en la provincia a causa de la temporalidad de la mayoría de las lagunas y su variado grado de alteración.

Aunque la flora ligada estrictamente a los humedales comentados en este apartado representa aproximadamente el 10% del total provincial, conforma el cortejo florístico con

mayor proporción de especies protegidas (Cirujano *et al.*, 1992; Cirujano y Medina, 2002), a las que cabe añadir el importante componente faunístico. La vulnerabilidad de los humedales, consecuencia de sus patrones naturales de distribución, extremadamente fragmentados, y de su dependencia de la calidad y cantidad del abastecimiento hídrico, ha determinado la creación de un buen número de espacios protegidos y su futura gestión integrada en la Reserva de la Biosfera de la Mancha Húmeda (García del Castillo *et al.*, 2011).

### **Habitats agrícolas y ruderales**

Constituyen la vegetación dominante en los paisajes fundamentalmente agrícolas del sector Manchego, así como en las áreas urbanas y periurbanas; a través de la red de caminos, senderos e infraestructuras, penetran en casi todos los paisajes, incluso en los más naturales, donde su presencia se reduce notablemente. Cerca de un 40% de las especies de la flora toledana se hallan vinculadas a este tipo de comunidades, lo que no debe sorprender si se considera la gran extensión provincial dedicada a la agricultura. Por ello, la pérdida de biodiversidad en estos hábitats causada por la intensificación de usos afecta a un gran número de especies y una gran proporción del territorio (Concepción, 2011), aunque los problemas de conservación no sean tan específicos como en otros tipos de hábitats.

La vegetación arvense está constituida por las denominadas malas hierbas de los cultivos agrícolas, de las que unas florecen en primavera (mesegueras) y otras en verano-otoño en los cultivos de secano; en los de regadío la floración es siempre tardía. Su composición florística revela diferencias entre los distintos tipos de sustratos (silíceos duros o pedregosos, arcosas arenosas, arcosas carbonatadas, suelos calcáreos y yesos), más acusadas en las primeras y menos en las últimas. A las comunidades mesegueras corresponde el mayor repertorio de especies y son también las más afectadas por la intensificación agraria (laboreo excesivo, aplicación masiva de herbicidas y fertilizantes, reducción de lindes y otras superficies no cultivadas).

El complejo de la vegetación ruderal prospera en los baldíos y solares más próximos a la habitación humana, sobre suelos reiteradamente alterados y a menudo enriquecidos en nitrógeno (comunidades de malvas, cenizos o jaramagos); en los suelos pisoteados de caminos, senderos y bordes de carreteras (vegetación viaria); en los suelos periódicamente alterados de lindes y márgenes transitados -comunidades de cebadillas (*Hordeum leporinum*), jaramagales, cardales (*Carduus*, *Cirsium*, *Silybum*) y tobares (*Onopordum*) de suelos removidos, etc. Comunidades subnitrófilas florísticamente afines a las de jaramagos y cebadillas, pero con predominio de otras gramíneas pueden ocupar extensiones importantes en áreas pastoreadas que ocasionalmente se roturan, como ocurre en los eriales a pastos intercalados en zonas agrícolas, o en las dehesas con parcelas rotatorias de cultivo. Las **comunidades de egilopes** (*Aegilops spp.*) sobre distintos sustratos, las termófilas de trigueras (*Stipa capensis*) y los pastizales de avenas (*Avena spp.*) y viboreras (*Echium spp.*) comunes en algunas rañas adhesionadas, son ejemplos de estos pastizales subnitrófilos. Los herbazales escionitrófilos tienen un carácter más seminatural que los tipos comentados, porque se desarrollan en ambientes semisombrios, usualmente forestales, en los que el aporte de nitrógeno proviene en gran parte de la descomposición de la hojarasca acelerada por la mayor radiación que reciben las zonas aclaradas o por la remoción asociada al tránsito de ganado. En los ambientes de bosques ribereños y caducifolios son frecuentes los herbazales presididos por la cicuta mayor (*Conium maculatum*), la correhuela mayor (*Calystegia sepium*) o las aliarías (*Alliaria petiolata*). En los bosques esclerofilos existen comunidades de significado similar, pero dominadas por plantas anuales y de menor porte, como el anís gitano (*Anthriscus caucalis*) y el mastuerzo amargo (*Cardamine hirsuta*).

Los suelos alterados de bordes de caminos y campos abandonados pueden asentar también vegetación leñosa de pequeño porte que reemplaza progresivamente a las comunidades pioneras anuales. Entre los **matorrales nitrófilos** más frecuentes se hallan los bolinares, dominados por matas de los géneros *Santolina* y *Helichrysum*, los sisallares (*Salsola vermiculata*), de mayor porte, y los ontinares (*Artemisia herba-alba*). En los suelos perturbados o pastoreados con acumulaciones de sales medran los **matorrales halonitrófilos**<sup>(DC)</sup>, como los tomillares saperos (*Frankenia thymifolia*) y los orzagales (*Atriplex halimus*; la orzaga se emplea en la revegetación de taludes); en estas comunidades tiene su única localidad toledana y castellano-manchega el jopo *Cynomorium coccineum*\*. Las arbustedas de cambrón (*Lycium europaeum*) que existen en algunas localidades, siempre cerca de núcleos urbanos, tienen también un significado ruderal.

## LA VEGETACIÓN DEL SECTOR TOLEDANO-TAGANO

### Bosques

La diferente historia de usos y la mayor variabilidad climática del territorio toledano-tagano han favorecido una notable diversidad forestal, sobre todo en las áreas de montaña (Fernández-González y Pérez Badia, 2004). El mayor LIC regional de la Red Natura 2000 es el designado para los Montes de Toledo, y está en tramitación la declaración como espacio protegido de la sierra de San Vicente (Ruiz y Serrano, 2009; Fernández-González et al., 2009).

Los **encinares silicícolas**<sup>(D)</sup>, de amplia distribución mesomediterránea luso-extremadureña, constituyen el tipo de bosque con mayor extensión actual y potencial. Su amplio intervalo altitudinal entraña algunas variaciones de interés. En los enclaves más térmicos de los valles del Tiétar y del Tajo se enriquecen con esparragueras blancas (*Asparagus albus*), acebuches (*Olea europaea* var. *sylvestris*) y arrayanes (*Myrtus communis*), e incluso, en los riberos del Cijara, lentiscos (*Pistacia lentiscus*); estos **encinares termófilos**<sup>(CD)</sup> están incluidos entre los hábitats de protección especial. En ombroclimas seco-superiores y subhúmedos, así como en algunas umbrías y vaguadas, incorporan quejigos lusitanos (*Quercus faginea* subsp. *broteroi*) y otros elementos más exigentes en el sotobosque, formando bosques mixtos frecuentes en los Montes de Toledo y en algunas zonas de los valles del Alberche y el Tiétar. Además, ascienden a cotas supramediterráneas en las solanas abruptas de los Montes de Toledo, empobreciéndose aún más en elementos esclerófilos.

La menor productividad agrícola de los sustratos silíceos ha favorecido los usos ganaderos, que en amplias extensiones se han basado en el ahuecado de los encinares (también de los alcornocales) para extender pastos de elevada diversidad florística, alternados a veces con ciclos de laboreo y cultivo, en los sistemas de **dehesa**<sup>(DC)</sup>, ampliamente representados en este sector, donde ocupan más de 100000 ha (21% de la superficie forestal de la provincia). La conservación de las dehesas está hoy sometida a presiones contrapuestas: el abandono del uso ganadero por falta de rentabilidad, la intensificación promovida por la mecanización y los problemas de regeneración del arbolado (San Miguel, 1994; Pulido et al., 2002).

Los **alcornocales**<sup>(D)</sup> tienen su óptimo en el cuadrante suroccidental peninsular, en climas termo- y mesomediterráneos subhúmedos y húmedos pero con sequía estival acen tuada. Sin ser abundantes, en Toledo cuentan con buenas representaciones en las sierras centrales y occidentales de los Montes de Toledo. En ellas el alcornoque (*Quercus suber*) suele estar acompañado de algunos caducifolios, como quejigos, arces o robles, además de encinas. Aunque desdibujados por el uso agropecuario del territorio, merecen mención los fragmentos de alcornocal localizados sobre arenales en las inmediaciones de los ríos

Guadyervas y Tiétar, desde el Baldío de Velada hacia los llanos de Oropesa y su prolongación en la comarca extremeña del Campo Arañuelo. Sus etapas seriales (codesedas, jaguarzales y diversos pastizales sabulícolas) albergan elementos de gran interés florístico y biogeográfico.

Aunque el enebro de miera (*Juniperus oxycedrus* subsp. *badia*) es un acompañante habitual de encinares y alcornoques, se torna dominante y llega a formar masas casi puras en algunos lomos y cresteríos cuarcíticos, laderas rocosas abruptas y berrocales graníticos, en los que la menor profundidad de suelo y la exposición a vientos desecantes son desfavorables para las quercíneas. Estos **enebrales arbóreos**<sup>(DC)</sup> llegan a alcanzar portes de más de 10 m de altura, tienen una estructura más abierta, y son más pobres en flora forestal que otros bosques esclerófilos (Cano *et al.*, 2007). Aparecen a lo largo de todas las serranías paleozoicas de la provincia, destacando los de la sierra de San Vicente, cuya espectacularidad realzan; los del berrocal de Nombela, y, en los Montes de Toledo, los de la Sierra de La Rabera, en Mora.

En la provincia de Toledo los pinares apenas mantienen alguna población natural, con la excepción de los **pinares de pino piñonero**<sup>(D)</sup> (*Pinus pinea*) que existen al norte de la provincia, en suelos arenosos sueltos de la zona de Almorox, y de los que hay referencias históricas muy antiguas. El resto de los pinares de la provincia son introducidos, destacando por su extensión los de pino rodeno o resinero (*Pinus pinaster*). El pino albar (*Pinus sylvestris*) es testimonial en la provincia, con repoblaciones localizadas en San Pablo de los Montes y en la sierra de San Vicente.

Los **melojares**<sup>(DC)</sup> (bosques de roble melojo o rebollo, *Quercus pyrenaica*) tienen su óptimo en suelos silíceos y climas supramediterráneos subhúmedo-húmedos. En la provincia se localizan en los macizos más elevados de los Montes de Toledo, donde ocupan extensiones importantes, y en la Sierra de San Vicente, por encima de los 900-1000 m, aunque en umbrías y vertientes lluviosas descienden, con algunas modificaciones florísticas, a cotas mesomediterráneas. En el estrato arbóreo, además del roble melojo suelen hallarse mostajos (*Sorbus torminalis*\*), arces (*Acer monspessulanum*\*) y algún otro caducifolio. Los melojares de la sierra de San Vicente son particularmente ricos en flora protegida (Cantó, 2004; Mateo y Pajarón, 2009).

El quejigo lusitano (*Quercus faginea* subsp. *broteroi*) es acompañante habitual de otros bosques silicícolas de quercíneas, pero también forma bosques propios (**quejigares lusitanos**<sup>(D)</sup>) en algunas umbrías, vaguadas y piedemontes del noroeste (Sierra de San Vicente, Oropesa) y suroeste (Montes de Toledo) de la provincia. Su sotobosque es afín al de los otros bosques mencionados, con algún elemento indicador de hidromorfía temporal (Cano *et al.*, 2004). Por último, otro tipo de bosque minoritario en la provincia son los **castañares**<sup>(D)</sup> (*Castanea sativa*), que cuentan con núcleos de árboles aislados en los Montes de Toledo y una representación más relevante en la Sierra de San Vicente, en contacto con melojares, quejigares y encinares y claramente manejada para su aprovechamiento forestal.

La impermeabilidad del zócalo paleozoico toledano-tagano y las precipitaciones relativamente cuantiosas de las áreas de montaña, han favorecido el desarrollo de una red fluvial con ríos principales de curso permanente, aunque con estiajes estivales acusados, que cobijan una variada vegetación ribereña. Las **fresnedas**<sup>(DC)</sup> (*Fraxinus angustifolia*) prosperan típicamente en suelos de vega raramente inundables y se conservan buenos ejemplos, sobre todo en áreas de montaña, donde pueden formar la única galería ribereña en vaguadas o en arroyos con poco caudal y estiaje acusado. A menudo aparecen ahuecadas para favorecer prados aprovechables en verano. En la primera banda adyacente a los cauces fluviales de cierta envergadura se desarrollan las **saucedas arborescentes**<sup>(DC)</sup>, que sobre te-

rrenos silíceos están presididas habitualmente por *Salix salviifolia*. Las **alisedas**<sup>(DC)</sup> (*Alnus glutinosa*\*) reemplazan a las alamedas en ríos y arroyos de caudal permanente y aguas oligótroficas, pobres en nutrientes. Están bien representadas en el Alberche y el Tiétar y en el tramo inferior del Tajo, pero son más escasas en los afluentes que avanan los Montes de Toledo. Cuando están bien conservadas, su sotobosque alberga un buen número de lianas, helechos y otras especies protegidas. Las **saucedas negras**<sup>(DC)</sup> (*Salix atrocinerea*) reemplazan a las alisedas, con las que comparten elementos del cortejo florístico, en arroyos de menor envergadura y con estiaje más acusado, como ocurre hacia los tramos de cabecera o en los afluentes secundarios.

En las cabeceras fluviales de los Montes de Toledo aparecen otros bosques ribereños minoritarios pero de gran interés. Los **abedulares**<sup>(DC)</sup> de *Betula pendula* subsp. *fontqueri* var. *parvibracteata*\* subsisten en algunos arroyos de caudal exiguo pero permanente, con aguas nacientes oligótroficas o incluso acidificadas y distróficas por la influencia de turberas (Sánchez del Álamo *et al.*, 2010). Cuando se desarrollan en barrancos abruptos, como en el arroyo del Chorro y en Robledo de Montalbán, el abedul convive con otros árboles riparios y con acebos (*Ilex aquifolium*\*), tejos (*Taxus baccata*\*) y serbales (*Sorbus aria*\*, *S. domestica*\*). Su composición florística tiene también relaciones con la de las alisedas; en el conjunto de los abedulares de los Montes se ha detectado un total de 25 especies de plantas amenazadas. En barrancos similares, aunque con caudales más irregulares, del macizo central de los Montes de Toledo y de las sierras de La Jara, se localizan algunas **tejedas**<sup>(DC)</sup> y **acebedas**<sup>(C)</sup>, de parecido significado reliquial y que muestran también problemas de regeneración. Por último, los bosquecillos de *Prunus lusitanica*\* o **loreras**<sup>(DC)</sup>, cuentan con sus localidades ibéricas más interiores en algunos barrancos umbrosos de los Montes, uno de ellos en La Jara toledana (garganta de las Lanchas). El loro, de hábito perennifolio lauroide, como el acebo, exige humedad freática permanente, que en estos biotopos le procuran los nacientes o veneros que drenan la montaña.

### Arbustedas y matorrales

En la provincia de Toledo se pueden reconocer varios tipos de arbustedas esclerofilas (madroñales, coscojares, acebuchales), ligadas dinámicamente sobre todo a los bosques esclerofilos; y arbustedas caducifolias (zarzales o rosaledas, tamujares), propias de ambientes ribereños. Otro grupo particular es el dominado por diversas leguminosas arbustivas (retamares, escobonales, codesedas y cambrionales). A su vez, dentro de los matorrales se diferencian jarales, jaral-brezales y jaguarzales. El último inventario forestal atribuye algo más de un 8% de la superficie provincial a matorrales y pastizales (monte no arbolado), si bien su extensión real es bastante mayor porque parte de la superficie forestal arbolada contiene también vegetación arbustiva.

Los **madroñales**<sup>(C)</sup> (*Arbutus unedo*) se relacionan dinámicamente con alcornoques, quejigares lusitanos, encinares con quejigos y melojares mesomediterráneos, pues su óptimo territorial se halla en terrenos silíceos y climas al menos subhúmedos. Los **coscojares**<sup>(C)</sup> (*Quercus coccifera*) tienen algunas originales representaciones sobre sustratos silíceos en algunos enclaves de los Montes de Toledo, asociadas a encinares y en algún caso con coscojas arborescentes de hasta 4 m de altura. En los enclaves más térmicos y secos de los tramos occidentales del Tiétar y el Tajo aparecen **acebuchales**<sup>(DC)</sup> dominados por el olivo silvestre o acebuche (*Olea europaea* var. *sylvestris*) al que acompañan esparragueras blancas (*Asparagus albus*) y otros elementos termófilos.

Los **zarzales** o **rosaledas** son formaciones arbustivas caducifolias y espinosas ligadas dinámicamente en el territorio a los bosques riparios. Junto a zarzamoras (*Rubus ulmifolius*, entre otros) y rosales silvestres (*Rosa* spp.), son comunes otros espinos como el majuelo

(*Crataegus monogyna*), el endrino (*Prunus spinosa*), etc. Los **tamujares**<sup>(DC)</sup> son característicos de las ramblas –arroyos de flujo irregular y esporádico– del occidente de la provincia. El tamujo (*Flueggea tinctoria*) es un raro arbusto dioico endémico del suroeste peninsular –sus parientes más próximos viven en el centro de Asia y en Sudáfrica–, que coloniza los aluviones silíceos, arenosos o pedregosos, de ramblas y márgenes de cursos de agua. Por último, un tipo particular de arbustada riparia corresponde a los **brezales de galería**<sup>(C)</sup> de brezo blanco portugués (*Erica lusitanica*\*), que se desarrollan a lo largo de algunos arroyos de pequeño o mediano caudal en los Montes de Toledo.

Los **retamares**<sup>(D)</sup> de retama común o de bolas (*Retama sphaerocarpa*) tienen su óptimo en suelos poco degradados, a menudo pastoreados, de áreas mesomediterráneas de ombroclima seco; en terrenos silíceos incorporan a menudo escobas blancas (*Cytisus multiflorus*) o escobones (*C. scoparius*). Hacia los territorios subhúmedos toledano-taganos los retamares son reemplazados progresivamente por **escobonales**<sup>(D)</sup>, en los que intervienen las escobas antes citadas y *Cytisus striatus* subsp. *eriocarpus*; en el piso supramediterráneo se incorporan además *Genista cinerascens* y *G. florida*, comunes en las orlas retamoides de los melojares. En las cumbres de los Montes de Toledo y de la Sierra de San Vicente aparece, aunque escaso, el codeso *Adenocarpus argyrophyllus*\*, y en la del Rocigalgo subsiste una población de *Echinopartum ibericum*\*, cambiión espinoso supra-romediterráneo cuya distribución principal se halla en el Sistema Central. Estas codesedas con genistas constituyen las arbustadas de leguminosas más orófilas de la provincia. Otro tipo bien distinto son las **codesedas sabulícolas**<sup>(C)</sup> de *Adenocarpus aureus*, que crecen en los interesantes arenales del Alberche y del Tiétar.

Los matorrales propios de sustratos silíceos se desarrollan en suelos más degradados y acidificados que los de las arbustadas. Los más extendidos son los **jarales**, dominados por distintas especies de jaras (*Cistus ladanifer*, *C. monspeliensis*, *C. salviifolius*, *C. albidus*, *C. laurifolius*) y otras cistáceas (*Halimium viscosum*), aparte de romero (*Rosmarinus officinalis*) y aulagas (*Genista hirsuta*); y los **jaral-brezales**<sup>(D)</sup>, caracterizados por la presencia de varios brezos (*Erica australis*, *E. umbellata*, *E. scoparia*, *Calluna vulgaris*) pero con participación y a veces dominancia de jaras (*Cistus populifolius*, *C. psilosepalus*\*, *C. ladanifer*), otras cistáceas (*Halimium ocymoides*) y leguminosas (*Pterospartum lasianthum*). Los jarales toleran mejor la sequía y ocupan las áreas mesomediterráneas secas, aunque se extienden también por las subhúmedas del noroeste provincial y pueden ascender hasta cotas supramediterráneas en laderas soleadas y bien drenadas. Los jaral-brezales son dominantes en las rañas y relieves subhúmedo-húmedos de los Montes de Toledo y La Jara, reapareciendo también en la vertiente septentrional del valle del Tiétar. En algunos jarales supramediterráneos oretanos se localiza el endémico *Teucrium oxylepis* subsp. *marianum*\*. Los **jaguarzales sabulícolas**<sup>(C)</sup> se localizan en los arenales del Baldío de Velada, donde tienen sus únicas poblaciones regionales el jaguarzo amarillo *Halimium calycinum*\* y las raras *Thymelaea lythroides*\* y *Mercurialis elliptica*\*.

## Pastizales

Los **berceales** son pastizales duros de gran talla dominados por el berceo (*Stipa gigantea*), típicos de suelos silíceos relativamente profundos y bien drenados, arenosos o rocosos, en los pisos meso- y supramediterráneo. Sobre suelos más delgados, pedregosos y a menudo asociados a afloramientos extensos de roca, principalmente en cotas supramediterráneas, prosperan los **tomillares silícícolas**, ricos en pequeños caméfitos y herbáceas vivaces y anuales (*Thymus zygis*, *Plantago holosteum*, *Jasione sessiliflora*, *Koeleria crassipes*, *Dianthus toletanus*\*, *Armeria genesiana*\*, etc). En suelos silíceos profundos y con cierta hidromorfía primaveral se instalan los **vallicares vivaces**, prados densos de talla media, con

dominancia de *Agrostis castellana* y otras gramíneas, que se agostan a lo largo del verano, aunque pueden segarse en los sitios y años más productivos. Suelen aparecer en topografías suaves que favorecen la retención hídrica, o en vaguadas o depresiones, asociados en el primer caso a melojares y alcornoques y en el segundo a bosques ribereños como las fresnedas.

Los **pastizales anuales silicícolas** se hallan ampliamente extendidos en los territorios toledano-taganos; aparte de los tipos habituales sobre suelos de texturas más o menos gruesas, cabe reseñar otros dos tipos particulares, con flora especializada: los pastizales anuales crasifolios, dominados por pequeños terófitos suculentos del género *Sedum* (crasuláceas), que colonizan delgadas capas de suelo sobre afloramientos extensivos de rocas silíceas; y los **pastizales anuales sabulícolas**<sup>(C)</sup>, con especies adaptadas a sobrevivir en arenas casi puras, que cuentan con buenas representaciones en los arenales del Alberche y Tiétar, así como en pequeños enclaves de acumulación de arenas finas ubicados en las arcosas de la comarca de Torrijos. De carácter transicional hacia los prados higrófilos son los **vallicares anuales**<sup>(C)</sup> de *Agrostis pourretii*, pastizales anuales silicícolas de mediana talla sometidos a breves períodos primaverales de hidromorfía. Se pueden hacer extensivos en dehesas de quercíneas sobre topografías suaves, con drenaje lento de las aguas primaverales, o en el dominio de las fresnedas; es típico que formen cinturones alrededor de las lagunas temporales mediterráneas que salpican las dehesas y rañas del occidente provincial.

Los **majadales**<sup>(D)</sup>, bien representados en el complejo de pastizales de las dehesas del occidente provincial, son un tipo particular de pastizales xerófilos o moderadamente higrófilos, habitualmente dominados por *Poa bulbosa*, con aspecto de céspedes ralos con una gran variedad de hierbas anuales y vivaces rastreras o amacolladas, así como bulbosas, entre las que predominan gramíneas y leguminosas (sobre todo *Trifolium* y *Ornithopus*), que les confieren valor nutricional y palatabilidad (Galán *et al.*, 2000). Están ligados al pastoreo intenso, principalmente de ovino. Un último tipo de pastizales xerófilos y termófilos que cabe mencionar para el territorio son los **cerrillares** de *Hyparrhenia hirta*, gramínea de distribución paleotropical que forma macollas de talla media, más o menos abiertas, en taludes y roquedos muy soleados.

Los prados higrófilos encierran también una gran diversidad, aunque su extensión potencial se halle notablemente limitada por su dependencia de la capa freática. Los **juncuales mediterráneos de junco churrero**<sup>(D)</sup> (*Scirpoides holoschoenus*) y los **gramales** de *Cynodon dactylon* son frecuentes a lo largo de ríos, arroyos y vaguadas de todo el territorio. Los verdaderos **prados juncuales**<sup>(DC)</sup> requieren suelos en los que la capa freática se mantiene cerca de la superficie todo el año, y que incluso pueden experimentar inundaciones someras temporales. Los más frecuentes en la provincia son los de *Juncus acutiflorus* y *J. effusus*, aunque su distribución se restringe a las áreas montañosas y lluviosas de los Montes y la Sierra de San Vicente. Por pastoreo y generalmente exceso de carga ganadera, se favorece a los **juncuales glaucos** (*Juncus inflexus*) con mentas (*Mentha suaveolens*) y acederas (*Rumex crispus*, *R. conglomeratus*). El pastoreo intenso pero debidamente ordenado permite conformar los **prados de diente**, céspedes densos, muy productivos, que se mantienen verdes y aprovechables a diente por el ganado durante todo el verano, y en los que son dominantes diversas gramíneas (*Cynosurus cristatus*, *Lolium perenne*, *Poa pratensis*, *Holcus lanatus*, *Phleum bertolonii*, etc.), tréboles (*Trifolium repens*, *T. pratense*) y muchas otras especies. Por sus exigencias hídricas, estos prados sólo están representados, y escasamente, en las montañas de la provincia, ligados a fresnedas o saucedas en fondos de valle y vaguadas. Un último tipo de prado higrófilo digno de mención son los **cervunales**<sup>(DC)</sup>, céspedes graminoides de *Nardus stricta* (cervuno) que

tienen su óptimo en las altas montañas silíceas, y de los que hay pequeñas representaciones en las cumbres de la Sierra de San Vicente y, más empobrecidas aún, de los Montes de Toledo. Además de las mencionadas, en el conjunto de los prados higrófilos tienen su óptimo un buen número de especies protegidas, como *Scutellaria galericulata*\*, *Lobelia urens*\*, *Succisella microcephala*\*, *Pedicularis sylvatica*\* y varios narcisos (*Narcissus* spp.) y orquídeas.

### Humedales, lagunas temporales y turberas

La vegetación hidrófila del sector Toledano-tagano es también muy variada y a la vez muy diferente a la del sector Manchego. Las **comunidades flotantes de lentejas de agua**<sup>(D)</sup> (*Lemna minor*, *L. gibba*, *Azolla filiculoides*) son comunes en aguas remansadas y relativamente eutrofizadas. Las **comunidades de ninfeidos**<sup>(DC)</sup> o nenúfares (*Nuphar luteum*\* y *Nymphaea alba*\*, a los que cabe añadir *Potamogeton natans* y *Myriophyllum verticillatum*\*) son, dentro de la vegetación acuática enraizada, las más exigentes en cuanto a profundidad y persistencia del agua; actualmente han devenido muy escasas en la cuenca del Tajo, a causa de la contaminación de las aguas, aunque cuentan todavía buenas representaciones en la del Guadiana. Menores exigencias tienen las **comunidades de potámidos**<sup>(D)</sup> (*Potamogeton* spp.), relativamente frecuentes en pequeñas lagunas y en cauces fluviales, y las **comunidades de batráquidos**<sup>(D)</sup> (especies de *Ranunculus* del subgénero *Batrachium* y de *Callitriche*), que en primavera cubren de flores blancas los cauces fluviales de aguas más o menos limpias y las lagunas temporales.

En los ríos y arroyos de cauces silíceos es frecuente el desarrollo de una primera banda de helófitos dominada por **comunidades de grandes cárices**<sup>(C)</sup>, tenaces frente al embate de las avenidas y asociados a menudo a las alisedas y saucedas negras riparias. *Carex reuteriana* es común en aguas fluyentes y *C. paniculata* subsp. *lusitanica* en aguas tranquilas sometidas a procesos de desoxigenación. Otras comunidades de helófitos de menor porte son comunes en lagunas temporales, arroyuelos y acequias, como las de esparganios (*Sparganium erectum* subsp.); las de nabos del diablo (*Oenanthe crocata*), que forman herbazales en cauces silíceos pedregosos o rocosos; las de juncos de espiga (*Eleocharis palustris*) y gramas de cien pies (*Glyceria declinata*), las de berros (*Rorippa nasturtium-aquaticum*) y apios (*Apium nodiflorum*), etc.

En el occidente provincial las **lagunas temporales mediterráneas**<sup>(DC)</sup> constituyen el tipo de humedal más frecuente, con comunidades diferenciadas por la duración del período de inundación y ricas en especies anuales, entre las que cabe mencionar a los juncos enanos (*Juncus bufonius*, *J. tenageia*, *J. capitatus*, etc.), cicendias (*Cicendia filiformis*, *Exaculum pusillum*), hipéricos (*Hypericum humifusum*, *H. elodes*\*, *H. tomentosum*), cardos de charcas (*Eryngium galioides*, *E. corniculatum*), poleos (*Mentha cervina*, *Mentha pulegium*), litorelas (*Littorella uniflora*\*), varias gramíneas (*Antinoria agrostidea*, *Chaetopogon fasciculatus*) o los curiosos helechos de los géneros *Isoetes* (*I. velatum*\*, *I. setaceum*\*, *I. hystrix*\*) y *Marsilea* (*M. strigosa*\*) (Brullo y Minnisale, 1998; Molina, 2005). En torno a los vasos lagunares se desarrollan fajas de prados higrófilos (juncuales, vallicares anuales o vivaces) o de vegetación helofítica.

Las turberas, conocidas localmente como bonales, constituyen un tipo particular y altamente especializado de humedales formados por el crecimiento continuo de las plantas que medran en ellos y la acumulación de sus restos apenas descompuestos en forma de turba. Los bonales toledanos tienen un carácter reliquial o marginal, lo que acentúa su interés de conservación como refugios de numerosas especies de óptimo más septentrional. Los principales ejemplos se localizan en los Montes de Toledo, donde ocupan áreas muy reducidas pero en las que se reconoce un complejo mosaico de comunidades en función de



las variaciones a pequeña escala en el régimen de humectación, la fluencia del agua y por tanto su grado de oxigenación, y el tipo y naturaleza de las perturbaciones. Entre estas comunidades cabe mencionar: los **brezales higroturbosos**<sup>(DC)</sup> de *Erica tetralix*\*, *Genista anglica*\* y *Erica scoparia*, en ocasiones con la presencia del mirto de Brabante (*Myrica gale*\*); los **pajonales**<sup>(DC)</sup> o mansiegaros de *Molinia altissima*, que aparecen orlando los bonales con penetraciones variablemente desarrolladas; son las comunidades menos exigentes en cuando a humedad edáfica y llegan a invadir por completo los bonales más degradados; los **cojinetes de esfagnos**<sup>(DC)</sup> (*Sphagnum* spp. \*) y droseras (*Drosera rotundifolia*\*); los **céspedes higroturbosos**<sup>(DC)</sup> de *Rhynchospora alba*\* y *Eleocharis multicaulis*\*, que buscan aguas fluyentes; las **comunidades de rezumaderos**<sup>(DC)</sup> con *Anagallis tenella*, *Sibthorpia europaea*\*, *Wahlenbergia hederacea*, *Carex echinata*\*, *C. demissa* y la insectívora *Pinguicula lusitanica*\*; las **comunidades anfibias**<sup>(DC)</sup> de *Potamogeton polygonifolius* en pequeñas pozas distróficas; los **juncuales higroturbosos**<sup>(DC)</sup> (*Juncus acutiflorus*, *J. effusus*, *J. conglomeratus*, *Fuirena pubescens*\*), etc.

Los bonales toledanos contienen al menos 30 especies protegidas. De la veintena de bonales identificados en la provincia de Toledo, solamente cuatro se encuentran actualmente protegidos; los restantes están expuestos a amenazas variadas: modificaciones hidrológicas por captaciones o represamientos para la creación de charcas ganaderas, sobrepastoreo y reducción de las disponibilidades hídricas a causa del cambio climático.

### Hábitats rupestres

Los **roquedos silíceos**<sup>(DC)</sup> están bien representados en las alineaciones paleozoicas de la provincia. En las rocas graníticas de la Sierra de San Vicente y sus estribaciones, así como en las de la vertiente septentrional de los Montes de Toledo, son características las comunidades de clavellinas (*Dianthus lusitanus*) y dedaleras (*Digitalis thapsi*), que en las cuarcitas oretanas se enriquecen con las endémicas *Jasione tomentosa* y –mucho más rara– *J. mariana*, además de la dedalera de los Montes, *Digitalis toletana*; otras plantas frecuentes en estos medios son las uñas de gato (*Sedum hirsutum*, *S. mucizonia*, *S. brevifolium*) y el ombligo de Venus (*Umbilicus rupestris*). En fisuras estrechas, profundas y más o menos umbrosas de los roquedos silíceos se localizan las comunidades de pequeños helechos rupícolas (*Asplenium billotii*, *A. trichomanes* subsp. *quadrivaleans*, *A. septentrionale*, *Cheilanthes hispanica*, *Ch. tinaei*, *Notholaena marantae*\*, etc). En los pedregales que se forman al pie de los cantiles y espolones rocosos se desarrolla la **vegetación de gleras**<sup>(DC)</sup>, de la que son características el acederón (*Rumex induratus*), la illesca (*Phagnalon saxatile*) y, sobre cuarcitas, también la dedalera de los Montes de Toledo. En cambio, las extensas pedrizas o canchales de grandes bloques que tapizan muchas laderas de las sierras oretanas, son pobres en flora vascular glerícola, aunque no en vegetación muscinal y líquénica.

### Hábitats agrícolas y ruderales

La ocupación agrícola es mucho menos extensa en el territorio toledano-tagano, donde se limita a ciertas zonas de sedimentos arcósicos o arenosos, a algunas rañas y, de forma generalmente rotacional, a parte de los terrenos adhesionados. Por ello, a las consideraciones generales expuestas respecto al sector Manchego cabe añadir que los hábitats ruderales registran en el sector Toledano-tagano numerosos elementos diferenciales adicionales entre los dos sectores, entre los que pueden destacarse los correspondientes a las comunidades mesegueras (que en los Montes cuentan con el original endemismo *Cota oretana*), a los jaramagales subnitrofilos con *Coicya hispida*, *Diplotaxis catholica*, *Brassica burrellieri* y, en los arenales, *B. oxyrrhina* (en lugar de *Diplotaxis virgata*, *Eruca vesicaria* o

*Biscutella auriculata*); los cardales con *Onopordum illyricum* o (en los niveles supramediterráneos) *Carduus carpetanus* (en lugar de *Onopordum nervosum*); las comunidades de suelos rehollados con *Crassula tillaea* y *Spergularia purpurea*; los bolinares con *Santolina rosmarinifolia* (en lugar de *S. canescens* o *S. chamecyparissus*), etc.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRULLO, S.; MINNISALE, P., 1998. Considerazioni sintassonomiche sulla classe Isoeto-Nanojuncetea. *Itinera Geobotanica*, **11**: 263-290.
- CABALLERO, R.; FERNÁNDEZ-GONZÁLEZ, F.; PÉREZ BADIA, R.; MOLLE, G.; ROGGERO, P.P.; BAGELLA, S.; D'OTTAVIO, P.; PAPANASTASIS, V.P.; FOTIADIS, G.; SIDIROPOULOU, A.; ISPIK-LOUDIS, I., 2010. Grazing systems and biodiversity in Mediterranean areas: Spain, Italy and Greece. *Pastos*, **39(1)**, 9-154.
- CANO, E.; GARCÍA FUENTES, A.; TORRES, J.A.; PINTO-GOMES, C.; CANO-ORTIZ, A.; MONTILLA, R.; MUÑOZ, J.J.; RUIZ-VALENZUELA, L.; RODRÍGUEZ TORRES, A., 2004. Caracterización y distribución de los quejigares del suroeste de la península Ibérica (España, Portugal). *Lagascalia*, **24**, 51-62.
- CANO, E.; RODRÍGUEZ TORRES, A.; PINTO-GOMES, C.; GARCÍA FUENTES, A.; TORRES, J.A.; SALAZAR, C.; RUIZ-VALENZUELA, L.; CANO-ORTIZ, A.; MONTILLA, R., 2007. Analysis of the *Juniperus oxycedrus* L. communities in the centre and south of the Iberian peninsula (Spain and Portugal). *Acta Botanica Gallica*, **154(1)**, 79-99.
- CANTÓ, P., 2004. Estudio fitosociológico y biogeográfico de la sierra de San Vicente y tramo inferior del valle del Alberche (Toledo, España). *Lazaroa*, **25**, 187-249
- CHARCO, J.; FERNÁNDEZ GONZÁLEZ, F.; GARCÍA, R.; MATEO, G.; VALDÉS FRANZI, A., 2008. *Árboles y arbustos autóctonos de Castilla-La Mancha*. CIAMED, Ciudad Real (España).
- CIRUJANO, S.; MEDINA, L., 2002. *Plantas acuáticas de las lagunas y humedales de Castilla-La Mancha*. Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha - Real Jardín Botánico, CSIC, Madrid (España).
- CIRUJANO, S. 1980. Las lagunas manchegas y su vegetación, I. *Anales Jard. Bot. Madrid*, **37(1)**, 155-192.
- CIRUJANO, S. 1981. Las lagunas manchegas y su vegetación, II. *Anales Jard. Bot. Madrid*, **38(1)**, 187-232.
- CIRUJANO, S.; VELAYOS, M.; CASTILLA, F.; GIL, M., 1992. *Criterios botánicos para la valoración de las lagunas y humedales españoles (Península Ibérica e Islas Baleares)*. ICONA-CSIC, Madrid (España).
- CONCEPCIÓN, E.D., 2011. Medidas agroambientales y conservación de la biodiversidad. Efectos locales y paisajísticos. Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias Ambientales, Universidad de Castilla-La Mancha.
- EUROPEAN COMMISSION, 2007. *Interpretation Manual of European Union Habitats*. Version EUR 27. European Commission - DG Environment, Bruselas (Bélgica).
- FERNÁNDEZ GONZÁLEZ, F.; PÉREZ BADIA, R. 2004. El bosque mediterráneo: flora y vegetación. En: *La Red de Parques Nacionales de España*, V. GARCÍA CANSECO, V.; B. ASENSIO (Eds.). Organismo Autónomo Parques Nacionales, Madrid (España), 251-271.
- FERNÁNDEZ GONZÁLEZ, F.; PÉREZ BADIA, M.R.; SARDINERO, S.; RODRÍGUEZ TORRES, A.; CRESPO, G. 2009. Espacios naturales protegidos y cambio climático en Castilla-La Mancha. En: *Impactos del cambio climático en Castilla-La Mancha. Primer Informe*, A. Rodríguez Torres et al. (Eds). Fundación General de Medio Ambiente de Castilla-La Mancha, Toledo (España), 206-291.

- GALÁN DE MERA, A.; MORALES ALONSO, R.; VICENTE ORELLANA, J.A. 2000. Pasture communities linked to ovine stock. A synthesis of the Poetea bulbosae class in the Western Mediterranean region. *Phytocoenologia*, **30(2)**, 223-267.
- GARCÍA DEL CASTILLO, J.; RUBIO, M.A.; LÓPEZ BRAVO, A., 2011. Reserva de la Biosfera de la Mancha Húmeda. Restos y oportunidades de futuro.
- LAORGA, S., 1986. *Estudio de la flora y vegetación de las comarcas toledanas del tramo central de la cuenca del Tajo*. Tesis Doctoral, Universidad Complutense, Madrid (España).
- MARTÍN HERRERO, J.; CIRUJANO, S.; MORENO, M.; PERIS, J.B.; STÜBING, G., 2003. *La vegetación protegida en Castilla-La Mancha*. JCCM, Toledo (España).
- MARTÍNEZ SÁNCHEZ-PALENCIA, S.; MARCO, J.M., 2006. *Los montes de Castilla-La Mancha*. JCCM, Toledo (España).
- MATEO, R.G.; PAJARÓN, S., 2009. Flora y vegetación de la Sierra de San Vicente. Diputación Provincial de Toledo (España).
- MOLINA ABRIL, J.A., 2005. The vegetation of temporary ponds with Isoetes in the Iberian Peninsula. *Phytocoenologia*, **35**, 219-230.
- NINYEROLA, M.; PONS, X.; ROURE, J.M., 2005. *Atlas climático digital de la Península Ibérica. Metodología y aplicaciones en bioclimatología y geobotánica*. Argania Ed., Universidad Autónoma de Barcelona (España).
- PEINADO, M.; MONJE, L.; MARTÍNEZ PARRAS, J.M. 2008. *El paisaje vegetal de Castilla-La Mancha. Manual de Geobotánica*. JCCM, Toledo (España).
- PULIDO, F.J.; CAMPOS, P.; MONTERO, G. (Eds.) 2002. La gestión forestal de las dehesas. IPROCOR, Mérida.
- RIVAS-MARTÍNEZ, S., 1987. *Mapa de series de vegetación de España 1:400000*. Instituto Nacional para la Conservación de la Naturaleza, Madrid.
- RIVAS-MARTÍNEZ, S., 2007. Mapa de series, geoseries y geopermaseries de vegetación de España. *Itinera Geobotánica*, **17**, 1-435.
- RIVAS-MARTÍNEZ, S.; DÍAZ, T.E.; FERNÁNDEZ-GONZÁLEZ, F.; IZCO, J.; LOIDI, J.; LOUSÁ, M.; PENAS, A., 2002. Vascular plant communities of Spain and Portugal. Addenda to the syntaxonomical checklist of 2001. *Itinera Geobotánica*, **15**, 1-922.
- RIVAS-MARTÍNEZ, S.; FERNÁNDEZ-GONZÁLEZ, F.; LOIDI, J.; LOUSA, M.; PENAS, A., 2001. Syntaxonomical checklist of vascular plant communities of Spain and Portugal to association level. *Itinera Geobotánica*, **14**, 5-341.
- RUIZ TÉLLEZ, T., 1986. *Flora y vegetación vascular del tramo medio del valle del Tiétar y el Campo Arañuelo*. Tesis Doctoral, Universidad de Salamanca (España).
- RUIZ, R.; SERRANO, C., 2009. *La Red Natura 2000 en Castilla-La Mancha*. JCCM, Toledo (España).
- SAN MIGUEL, A., 1994. *La dehesa española. Origen, tipología, características y gestión*. Fundación Conde del Valle de Salazar, Madrid.
- SÁNCHEZ DEL ÁLAMO, C.; SARDINERO, S.; BOUSO, V.; HERNÁNDEZ, G.; PÉREZ BADIA, R.; FERNÁNDEZ GONZÁLEZ, F., 2010. Los abedulares del Parque Nacional de Cabañeros: sistemática, demografía, biología reproductiva y estrategias de conservación. En: *Proyectos de investigación en Parques Nacionales: 2006-2009*, L. RAMÍREZ; B. ASENSIO (Eds.). Organismo Autónomo Parques Nacionales, Madrid (España), 275-310.
- VV.AA., 2009. *Bases ecológicas preliminares para la conservación de los tipos de hábitat de interés comunitario en España*. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, Madrid.

## OUTLINE OF THE VEGETATION OF TOLEDO

### SUMMARY

The main traits and types of the vegetation of the province of Toledo (Castile-La Mancha, central Spain) are summarized. After a geographical, physiographical, climatic and lithologic characterization of the territory, its main phytogeographical units are described, including the history of land uses. The plant communities shaping the vegetation of the two main sectors recognized in the province are listed and briefly presented according to habitat types (forests, shrublands, grasslands, wetlands, rocky habitats, agricultural and ruderal habitats), including comments about their conservation problems and priorities.

**Key words:** habitat types, plant communities, biogeography, plant conservation, central Spain.

# EFEECTO DEL PASTOREO SOBRE LA DIVERSIDAD VEGETAL DEL PASTO DENSO DE MONTAÑA (HÁBITAT 6230)

A. ETXEBERRIA<sup>1</sup>, A. ALDEZABAL<sup>1</sup>, N. FERNÁNDEZ<sup>1</sup>, M. AZPIROZ<sup>2</sup>, L. URIARTE<sup>2</sup> y N. MANDALUNIZ<sup>3</sup>

## RESUMEN

El pastoreo produce efectos notables sobre la estructura y el funcionamiento de las comunidades vegetales, actuando a distintas escalas espaciales. Los estudios acerca de la relación entre la diversidad vegetal y el pastoreo muestran resultados contradictorios. Para comprobar el efecto del ganado sobre la diversidad vegetal, se recogieron datos de composición florística y se tomaron muestras de suelo en las diferentes localidades del Parque Natural de Aralar (Gipuzkoa), tanto en áreas pastadas como en áreas de acceso restringido al pastoreo (tiempo de exclusión: 5 años). Los resultados muestran que, en general, la composición florística del pasto presentó una gran heterogeneidad espacial (diferencias entre localidades) y temporal (diferencias entre meses de muestreo). El efecto del pastoreo produjo un aumento de la diversidad florística, cuya magnitud dependió de la localidad (localidad vs. tratamiento,  $p < 0,000$ ). El efecto de la localidad, a su vez, varió en función del mes de muestreo (localidad vs. mes,  $p < 0,01$ ). Finalmente, el efecto del pastoreo (incremento de la diversidad) fue el mismo a lo largo de todo el período de pastoreo (mes vs. tratamiento, n.s.).

**Palabras clave:** ganado doméstico, características edáficas, composición florística, análisis multivariante.

## INTRODUCCIÓN

Numerosos trabajos han demostrado que el pastoreo por parte de los herbívoros influye sobre la estructura, producción, calidad y funcionamiento de las comunidades pastadas a diferentes escalas espacio-temporales. A nivel paisajístico, el herbivorismo selectivo crea una heterogeneidad espacial (Olf y Ritchie, 1998), dando lugar a un mosaico vegetal en el territorio. A nivel de planta y órganos, las acciones que los grandes herbívoros ejercen sobre la vegetación pueden sintetizarse en: extracción de biomasa (consumo, defoliación), fertilización (aporte de excrementos), acciones mecánicas (pisoteo, rozas, etc.) y dispersión de semillas (Fillat *et al.*, 2008).

---

<sup>1</sup> Landareen Biologia eta Ekologia Saila/Zientzia eta Teknologia Fakultatea Euskal Herriko Unibertsitatea (EHU-UPV) 644 p.k., 48080 Bilbao (Bizkaia).

<sup>2</sup> Aranzadi Institutua. Zorroaga gaina, 11. 20014 Donostia (Gipuzkoa).

<sup>3</sup> NEIKER, Centro de Arkaute, 46 p.k., 01080 Vitoria-Gasteiz

Las plantas desarrollan diferentes respuestas frente a estas acciones de los herbívoros. En primer lugar, debido a la defoliación y la consecuente extracción de biomasa, en las zonas pastadas (con menor biomasa aérea) se produce una disminución de la competencia por luz entre las especies vegetales. Pero no todas las especies se ven afectadas por igual, sino que las especies altas pierden una mayor cantidad de biomasa y llegan a estar más limitadas por los nutrientes que las especies postradas (Olf y Ritchie, 1998).

Los herbívoros, debido al aporte de orina y heces, pueden aumentar la producción vegetal sobre el suelo como resultado de una mayor disponibilidad de nutrientes (McNaughton *et al.*, 1997; Frank y Groffman, 1998). Esto disminuye la competencia por nutrientes posibilitando el establecimiento de un mayor número de especies. Se produce una variación en la composición florística del pasto y, por lo tanto, cambios en las relaciones de competencia entre plantas (Augustine y McNaughton, 1998).

También hay que considerar las acciones mecánicas de los animales sobre el suelo. El pisoteo provoca la creación de huecos que aumentan la probabilidad del establecimiento de especies vegetales menos competitivas. Los herbívoros, además de estas acciones mecánicas, consiguen aumentar la colonización de los pastos por nuevas especies mediante el transporte de semillas y de fracciones de suelo (Olf y Ritchie, 1998). Además del herbivorismo, la estructura de las comunidades vegetales pastadas va a depender de la interacción de otros factores, como el clima, el tipo de suelo y la disponibilidad de agua.

El objetivo principal de este estudio es ver cómo influye el pastoreo en la diversidad vegetal del pasto denso (hábitat 6230), tanto florística como funcional, comparando para ello zonas pastadas y zonas de exclusión al pastoreo. En vista de las acciones de los herbívoros sobre el pasto y de las respuestas de las plantas descritas anteriormente, cabe esperar un aumento en la diversidad vegetal de las zonas pastadas.

## MATERIAL Y MÉTODOS

El área de estudio se ubica en el Parque Natural de Aralar, localizado en la Sierra de Aralar (al sureste de Gipuzkoa lindando con el sector navarro de esta misma Sierra). Casi el 20% del Parque (2.077 ha) están formadas por el pasto denso clasificado como 6230 en la Directiva Hábitat (European Commission, 2003) y dominado por *Jasione-Danthonietum*. Presenta una pluviosidad abundante en todas las estaciones y una temperatura media de 6,5°C en las zonas más altas (1.300-1.500 m) y de 9°C a 13°C en las zonas más bajas (800 m). En Aralar domina el pastoreo por parte de la oveja Latxa. El pastoreo se ha producido en la Sierra de Aralar desde el Neolítico y esta práctica, aunque mantenida de forma tradicional, ha variado en cuanto a la regulación, gestión y aprovechamiento de los pastos.

### Diseño experimental

Para analizar el efecto del pastoreo sobre la diversidad vegetal y funcional del pasto denso, se llevó a cabo un muestreo en el periodo de pastoreo del año 2009 en la zona experimental de Aralar. El estudio se inició en el periodo de pastoreo del 2005 (Azpiroz *et al.*, 2008), por lo que los datos del 2009 corresponden al quinto año de exclusión. Para llevar a cabo el estudio, se eligieron cuatro localidades o zonas de muestreo. En estas zonas se instaló un cercado de exclusión permanente al pastoreo con un área de 50x50m (tratamiento control, ausencia de pastoreo). En las áreas circundantes a estas exclusiones se define el área de pastoreo (tratamiento pastoreo). Durante el periodo de pastoreo de 2009, entre los meses de mayo a octubre, se determinó la composición florística de la zona de estudio mediante la observación directa en cuadrados de muestreo de 1m<sup>2</sup>. Mensualmente se muestrearon seis cuadrados, tres dentro del área de exclusión y tres en la zona circundante a los cercados. Además, en agosto de 2009 se tomaron muestras de suelo, cinco sub-

muestras de 15x15cm a una profundidad de 25cm en cada uno de los cuadrados de 1m<sup>2</sup>, que posteriormente fueron mezcladas y homogeneizadas en campo para formar una única muestra representativa por cuadrado. Se evaluó la calidad nutritiva del suelo en términos de: pH, acidez cambiante, capacidad de intercambio catiónico (CIC<sub>ef</sub> y %AI en CIC<sub>ef</sub>), materia orgánica, nitrógeno, relación C/N, conductividad eléctrica en sulfato, fósforo extraíble en bicarbonato, sodio, potasio, calcio y magnesio extraíbles en nitrato amónico y granulometría (porcentajes de arena gruesa, arena fina, limo y arcilla, y clasificación textural).

### Tratamiento estadístico

En primer lugar, con las muestras de suelo recogidas, se llevó a cabo el análisis de los parámetros físico-químicos del suelo para establecer su relación con la composición florística y con el pastoreo. Para ello se realizó una matriz de correlación entre las 17 variables del suelo para comprobar si existía una correlación entre las mismas. En segundo lugar, se llevó a cabo el análisis de componentes principales (PCA) con el objetivo de reducir la multidimensionalidad de los datos y evitar la redundancia debida a la correlación existente entre las variables. Posteriormente se realizaron varias ordenaciones canónicas (RDAs), con las diferentes combinaciones de las matrices de datos considerando la composición florística como la matriz respuesta. Además se llevó a cabo un análisis de partición de la varianza con los RDAs parciales para calcular el porcentaje de varianza (VTE) compartida y el VTE no explicado por la matriz explicativa y la matriz covariable.

Por último, con los datos de riqueza de especies (S) y con el índice de diversidad de Shannon-Wiener (H) para las diferentes localidades, mes de muestreo y tratamientos (pastoreo y exclusión), se ha realizado un ANOVA 3-factorial para comparar las medias y la significación de la diferencia.

## RESULTADOS

Los porcentajes de varianza (VTE) calculados a partir de los análisis de partición de la varianza muestran el porcentaje de la composición florística explicada por los datos recogidos de localidad, características del suelo y tratamiento (*Figura 1*). Así, considerando la matriz de localidad como explicativa y los datos de características del suelo como matriz covariable se explica un 48,6% de la composición florística (matriz respuesta). Estas dos matrices comparten casi un 9% de la varianza. Con los datos de localidad y de tratamiento, se observa que estas dos matrices no comparten ningún porcentaje de varianza. Cada una por sí sola explica un porcentaje diferente de la composición florística, un 36,2% y un 12,8% respectivamente. Si no se tiene en cuenta la matriz de localidad y se consideran las características del suelo y el tratamiento aparece un alto porcentaje de varianza no explicado.

En cuanto a la riqueza específica (*Figura 2A*), se observa que el efecto de los tres factores analizados es significativo, siendo la fuerza de la evidencia mayor en el caso del tratamiento: localidad (gl=3; F=19,04; p<0,000), mes (gl=5; F=4,12; p<0,01), tratamiento (gl=1; F=40,56; p<0,000), así como las interacciones localidad vs. mes (gl=15; F=2,81; p<0,01) y localidad vs. tratamiento (gl=3; F=12,57; p<0,000). La interacción mes vs. tratamiento no ha resultado ser significativa, siendo la riqueza específica siempre mayor en la zona de pastoreo. En los meses de Mayo y Octubre se han registrado un número menor de especies en comparación con Junio y Julio. Igaratza es la localidad más diversa en especies, seguida de Alotza y Uzkuiti. Oidui es la localidad que presenta la diferencia más notable entre la zona excluida y la pastada.

Para el índice de Shannon-Wiener (*Figura 2B*), la tendencia observada es similar a la de la riqueza específica: localidad (gl=3; F=61,32; p<0,000), mes (gl=5; F=8,32; p<0,000), tratamiento (gl=1; F=14,86; p<0,000), así como las interacciones localidad vs. mes (gl=15;

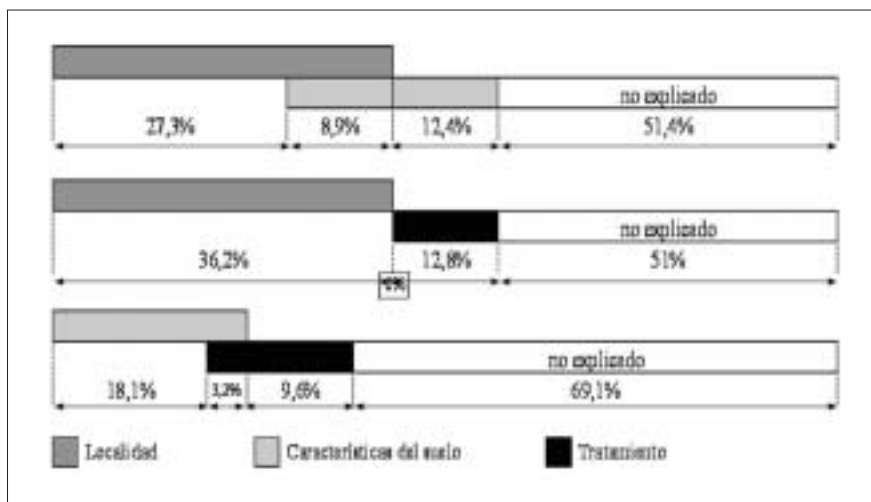


Figura 1. Variación Total Explicada (VTE), calculada para las distintas combinaciones de matrices (localidad, tratamiento y características de suelo), donde aparecen las VTEs compartidas y el VTE no explicada. Todas las VTE son significativas.

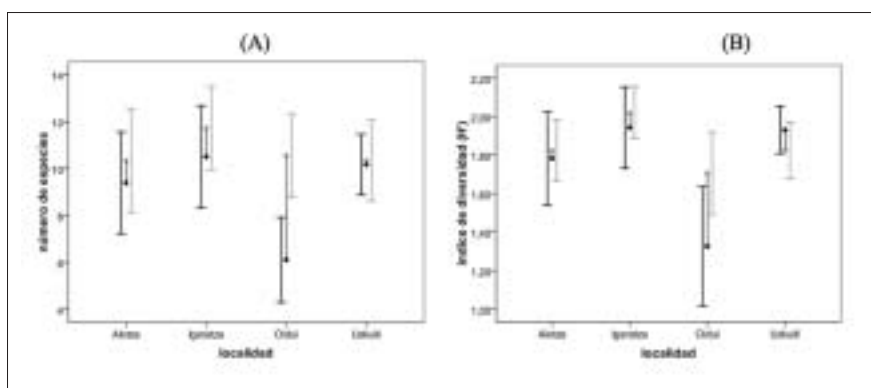


Figura 2. La figura muestra: A) La riqueza específica y B) el índice de diversidad de Shannon-Wiener para las diferentes localidades de muestreo tanto en zona pastada (en gris) como excluida (en negro). Las medias globales (calculadas a partir de las mensuales) están indicadas por círculos, unidos por una línea que representa la diferencia entre las mismas. En ambas gráficas, las barras de error corresponden a la desviación típica.

F=4,08;  $p < 0,000$ ) y localidad vs. tratamiento ( $gl=3$ ; F=15,99;  $p < 0,000$ ). La interacción mes vs. tratamiento no ha resultado ser significativa, siendo el índice de Shannon siempre mayor en la zona de pastoreo. Teniendo en cuenta todas las localidades muestreadas, se ha encontrado un cambio en las proporciones relativas de las especies entre las zonas pastadas y las zonas excluidas. Así en zona pastada destaca la abundancia de algunas especies como *Poa annua*, *Cerastium fontanum*, *Festuca rubra*, *Trifolium repens* o *Polygala serpyllifolia*. Por el contrario, en zonas excluidas es mayor la abundancia relativa de especies como *Brachypodium pinnatum*, *Agrostis capilaris* y *Lotus corniculatus*.

## DISCUSIÓN

La estructura de las comunidades vegetales pastadas depende de la interacción de muchos factores, incluyendo el clima, el tipo de suelo, la disponibilidad de agua y nutrientes y



la intensidad de pastoreo (Chapin *et al.*, 1987). Así lo muestra el análisis RDA, donde los diferentes parámetros estudiados tienen una influencia, en mayor o menor medida, sobre la composición florística de las comunidades vegetales estudiadas. Estas diferencias entre comunidades son notables entre las diferentes localidades, siendo este factor localidad el que explica por sí solo un mayor porcentaje de variabilidad en la composición florística. Este hecho pone de manifiesto la importancia de la historia local ya que la historia evolutiva del pastoreo tiene un gran impacto en la fisonomía de los pastos y en su capacidad de mantener el pastoreo.

Los efectos del pastoreo sobre la composición florística han sido descritos en estudios anteriores con resultados contradictorios. Las diferencias entre estudios podría ser causada por las diferencias en la talla de los herbívoros (Olf y Ritchie, 1998), donde los grandes, herbívoros menos selectivos, incrementan la diversidad porque causan impacto sobre las especies de plantas dominantes (Milchunas y Lauenroth, 1993). En contraste, se ha sugerido que los herbívoros más pequeños son más selectivos y disminuyen la diversidad mediante su alimentación a base de especies de plantas nutritivas (Edwards y Crawley, 1999). Al igual que lo descrito, en el presente estudio se han encontrado resultados contradictorios: por un lado, en la localidad de Oidui se produce un aumento significativo en la diversidad en las zonas pastadas, debido posiblemente a la baja selectividad del alimento que lleva a cabo el ganado mayor (vacuno). En el resto de las localidades no se han detectado diferencias significativas entre las exclusiones y la zona de pastoreo. Esto podría deberse a una menor productividad vegetal y mayor riqueza de especies de dicotiledóneas en dichas zonas, ya que como demostraron Bakker *et al.* (2006), los grandes herbívoros incrementaban la diversidad vegetal a alta productividad mientras que disminuían la diversidad a una baja productividad.

La riqueza de especies encontrada para este estudio tiende a aumentar en las zonas pastadas respecto a las zonas excluidas, sobre todo de forma notable en Oidui. Esto coincide con lo observado en estudios anteriores (Huisman y Olf, 1998), donde se ha visto que los herbívoros podrían tener efectos positivos sobre la riqueza cuando éstos pueden limitar la intensidad de competencia por luz entre las especies establecidas mediante la eliminación de la biomasa, teniendo como posible resultado una reducción local de las tasas de extinción. El resto de las localidades no presentan cambios significativos en la riqueza con respecto a las zonas cercadas, hecho que puede deberse a la mayor abundancia relativa de especies de dicotiledóneas dentro de las exclusiones.

## CONCLUSIONES

El efecto del pastoreo sobre la diversidad vegetal es dependiente de la localidad (heterogeneidad espacial), pero no del mes de muestreo (tendencia similar a lo largo del tiempo). Es muy probable que la relación entre las abundancias relativas de gramíneas y dicotiledóneas en la composición florística de la localidad esté determinando en gran medida la respuesta del pasto a cambios de diversidad por efecto del pastoreo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AZPIROZ, M.; ALDEZABAL, A.; URIARTE, L.; MENDIZABAL, M., 2008. Efecto del pastoreo en la producción primaria aérea de los pastos de montaña y su relación con la precipitación. En: *Pastos, clave en la gestión de los territorios: integrando disciplinas*, FERNÁNDEZ, P.; GÓMEZ, A.; GUERRERO, J.E.; GARRIDO, A.; CALZADO, C.; GARCÍA, A.M.; CARBONERO, M.D.; BLÁZQUEZ, A.; ESCUÍN, S.; CASTILLO, S. (Eds.). Consejería de Agricultura y Pesca, Junta de Andalucía, Sevilla, pp. 303-308.
- AUGUSTINE, D. J.; MCNAUGHTON, S. J., 1998. Ungulate effects on the functional species

- composition of plant communities: herbivore selectivity and plant tolerance. *Journal of Wildlife Management*, **62**, 1165-1183.
- BAKKER, E. S.; RITCHIE, M. E.; OLFF, H.; MILCHUNAS, D. G.; KNOPS, J. M. H., 2006. Herbivore impact on grassland plant diversity depends on habitat productivity and herbivore size. *Ecology Letters*, **9**, 780-788.
- CHAPIN III, F.S.; BLOOM, A.J.; FIELD, C.B.; WARING, R.H. 1987. Plant responses to multiple environmental factors. *Bioscience*, **371**, 49-57.
- EDWARDS, G.R.; CRAWLEY, M. J., 1999. Herbivores, seed banks and seedling recruitment in mesic grassland. *J. Ecol.*, **87**, 423-435.
- EUROPEAN COMMISSION, 2003. *Interpretation Manual of European Union Habitats*. Eur 25. DG Environment, Nature and Biodiversity. 127 pp.
- FILLAT, F.; GARCÍA GONZALEZ, R.; GÓMEZ, D.; REINÉ, R. 2008. *Pastos del Pirineo*. Consejo Ed. Superior de Investigaciones Científicas. Diputación de Huesca. Madrid.
- FRANK, D.A.; GROFFMAN, P.M., 1998. Ungulate vs. landscape control of soil C and N processes in grasslands of Yellowstone National Park. *Ecology*, **79**, 2229-2241.
- MCNAUGHTON, S.J.; BANYIKAWA, F.F.; MCNAUGHTON, M.M.; 1997. Promotion of the cycling of diet-enhancing nutrients by African grazers. *Science*, **278**, 1798-1800.
- MILCHUNAS, D.G.; LAUENROTH, W.K., 1993. Quantitative effects of grazing on vegetation and soils over a global range of environments. *Ecol. Monogr.*, **63**, 327-366.
- OLFF, H.; RITCHIE, M.E., 1998. Effects of herbivores on grassland plant diversity. *Trends in Ecology and Evolution*, **13**, 261-265.

## GRAZING EFFECT ON PLANT DIVERSITY OF MOUNTAIN DENSE PASTURE (HABITAT 6230)

### SUMMARY

Grazing strongly affects the structure and functioning of plant communities, acting at different spatial scales. Previous studies about the relationship between plant diversity and grazing show contradictory results. In order to explore the effect of livestock grazing on pasture diversity, data of floristic composition and soil samples were collected along the grazing period of 2009 at the experimental area of Aralar Natural Park (Gipuzkoa), inside and outside of fenced permanent plots (excluded from herbivores 5 years ago). Results indicated that, in general, the floristic composition showed a high spatial (differences between sites) and temporal (differences between months) heterogeneity. The effect of livestock grazing was to increase plant diversity, and its magnitude depended on site (site vs. treatment,  $p < 0,000$ ). Furthermore, the effect of site varied depending on sampling month (site vs. month,  $p < 0,01$ ). Finally, the effect of grazing (increasing plant diversity) was the same throughout the whole grazing period (month vs. treatment, n.s.).

**Key words:** livestock, soil properties, floristic composition, multivariate analysis.

# EFECTO DEL PASTOREO SOBRE LA DISTRIBUCIÓN VERTICAL DE RAÍCES DEL PASTO DENSO DE MONTAÑA (HÁBITAT 6230): EVIDENCIAS PRELIMINARES

N. FERNÁNDEZ, A. ALDEZABAL y N.A. LASKURAIN \*

## RESUMEN

El pastoreo produce efectos notables sobre la estructura y el funcionamiento de las comunidades vegetales, no sólo en relación al crecimiento de las partes aéreas vegetales, sino también al desarrollo de las partes subterráneas (raíces). Los estudios acerca de dichos efectos muestran resultados contradictorios. Para comprobar el efecto del ganado sobre la distribución vertical de la biomasa subterránea, en Agosto de 2009 se tomaron muestras de suelo en la localidad de Oidui del Parque Natural de Aralar (Gipuzkoa), tanto en áreas pastadas como en áreas de acceso restringido al pastoreo. Los resultados muestran que existen diferencias notables en la distribución vertical de la biomasa subterránea entre ambas zonas, siendo mayor la densidad de raíces en el horizonte A (0-10 cm) del suelo pastado. Es necesario extender el estudio a otras localidades del Parque de Aralar para confirmar esta tendencia.

**Palabras clave:** ganado doméstico, biomasa subterránea, mantillo, profundidad de suelo, densidad de raíces.

## INTRODUCCIÓN

Las plantas desarrollan diferentes respuestas frente a las acciones de los herbívoros. En primer lugar, la defoliación va a provocar generalmente una reducción permanente de la biomasa aérea y, por lo tanto, una menor formación de mantillo, considerándose éste como el material vegetal muerto de pequeño tamaño que cae y se descompone en el suelo (Harmon *et al.*, 1986). Sin embargo, en ocasiones, los herbívoros pueden incrementar temporalmente la producción de mantillo, mediante lesiones y consecuente muerte de los órganos no consumidos (Facelli y Pickett, 1991). La formación del mantillo es de vital importancia para la dinámica de las praderas, donde se ha visto que la presencia del mantillo afecta al intercambio de agua entre el suelo y la atmósfera (Fowler, 1986).

Una de las respuestas importantes de las plantas frente a la defoliación es el crecimiento compensatorio (McNaughton, 1986; Semmartin y Oesterheld, 1996) de las partes aéreas, destinando para ello una gran cantidad de energía y quedando disponible en menor

---

\* Landareen Biologia eta Ekologia Saila/Zientzia eta Teknologia Fakultatea Euskal Herriko Unibertsitatea (EHU-UPV), 644 p.k., 48080 Bilbao (Bizkaia)

proporción para el desarrollo de las partes subterráneas. A pesar de que son pocos los estudios de campo que han examinado las respuestas de la producción subterránea a la herbivoría (Ruess *et al.*, 1998), Rodríguez *et al.* (1995) demostraron que el pastoreo puede ser un factor importante en la distribución espacial de la biomasa subterránea en pastos, al encontrar que en las comunidades templadas con alta intensidad de pastoreo, la mayor parte de la biomasa de las raíces se encontraba en las capas de suelo más superiores. También hay que considerar las acciones mecánicas de los animales sobre el suelo. El pisoteo provoca una alta compactación del suelo que dificulta el desarrollo subterráneo de raíces y puede ocasionar una retención de agua en los poros del suelo. El pisoteo permite, en cualquier caso, el crecimiento de especies adaptadas a este tipo de perturbación.

El objetivo principal de este estudio es ver cómo influye el pastoreo en la producción de raíces bajo el suelo, comparando para ello zonas pastadas y zonas de exclusión al pastoreo. En vista de las acciones de los herbívoros sobre el pasto y de las respuestas de las plantas, cabe esperar un aumento de la concentración de las raíces en las capas más superiores del suelo.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Área de estudio

El área de estudio se ubica en el Parque Natural de Aralar situado al sudeste de Gipuzkoa, limitando con el sector navarro de la misma sierra. Esta sierra presenta una pluviosidad abundante en todas las estaciones y una temperatura media de 6,5 °C en las zonas más altas y de 9 a 13 °C en las zonas más bajas. El estudio de las raíces se ha llevado a cabo en el pasto denso clasificado como 6230 en la Directiva Hábitat (European Commission, 2003) y dominado por *Jasiono-Danthonietum*. En Aralar, uno de los elementos más productivos es el uso ganadero, donde abunda el pastoreo por parte de la oveja latxa.

### Diseño experimental

Para comprobar cómo afecta el pastoreo al desarrollo de la biomasa subterránea por efecto de la defoliación, se utilizó una zona excluida del pastoreo perteneciente a un diseño experimental que se inició en el periodo de pastoreo del 2005 (Azpiroz *et al.*, 2008), por lo que los datos del 2009 corresponden al quinto año de exclusión. En este estudio piloto, en agosto de 2009, se tomaron seis muestras de suelo en una única localidad (Oidui), tres en la zona excluida (Control) y tres en la zona pastada (Pastoreo), de un tamaño de 15 cm x 7,5 cm de área y 25 cm de profundidad. Una vez llevadas al laboratorio, estas muestras fueron subdivididas en tres profundidades diferentes (A: 0-10 cm; B: 10-20 cm; C: 20-25 cm). A cada una de estas submuestras se le asignó un código de cuatro números y letras en función del tratamiento (E: Exclusión; P: Pastoreo), del número de muestra (1-6) y de la profundidad de la submuestras (A-C). En las submuestras pertenecientes a la profundidad A, se separó la porción correspondiente al mantillo del resto del suelo para medir por separado la biomasa de raíces del mantillo y la no perteneciente a éste. Debido a que el mantillo no es una capa que presenta una profundidad uniforme a lo largo de todo el suelo, se tomaron, con la ayuda de una regla, 40 medidas de la profundidad del mismo en cada una de las submuestras A. Las muestras de suelo fueron almacenadas en la nevera en bolsas de plástico para su conservación.

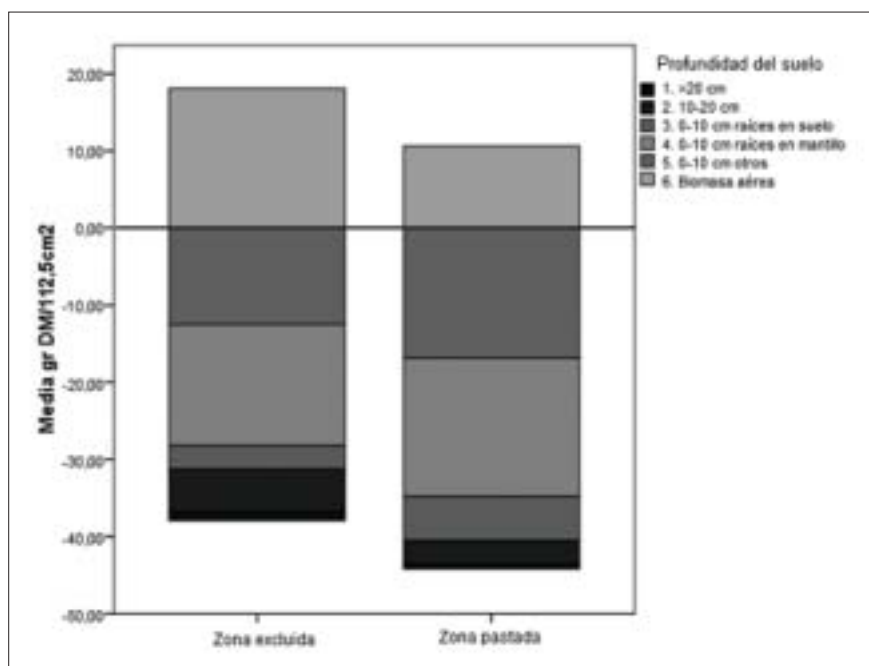
Para la separación de las raíces se llevó a cabo el tamizado en seco de las diferentes submuestras de tierra mediante tamices de 2 cm, 1 cm y 0,5 cm. Se recogieron las raíces de cada una de las porciones tamizadas con ayuda de unas pinzas. En la profundidad A, además de recogerse las raíces, también fue separado y recogido el resto del material vegetal presente en el mantillo. Una vez obtenidas las raíces de las profundidades B y C y la parte no perteneciente al mantillo de la profundidad A, éstas fueron secadas en la estufa, durante 48 horas a 60 °C, para

la obtención de la biomasa seca de las raíces por unidad de volumen. Con estos datos de biomasa y los datos de volumen de mantillo, calculados a partir de las 40 medidas de profundidad tomadas anteriormente, se obtuvo la densidad de raíces en dicha fracción del suelo.

Finalmente, con el fin de comparar el promedio de biomasa de raíces entre zona pastada y zona excluida en las distintas profundidades de suelo definidas en este estudio, se llevó a cabo el test de U de Mann-Withney para cada categoría de profundidad.

## RESULTADOS

En cuanto al reparto de biomasa vegetal tanto aérea como subterránea encontrado en las muestras de Oidui (*Figura 1*), se observa cómo las zonas de pastoreo presentan una mayor biomasa vegetal subterránea y una menor biomasa aérea en contraste con lo que ocurre en las zonas de exclusión al pastoreo. La distribución de esta biomasa también difiere entre ambos tratamientos, siendo la zona pastada la que contiene una mayor cantidad de biomasa subterránea en los diez primeros centímetros del suelo. Así se ve que son las muestras pastadas las que tienen una mayor biomasa en la zona de suelo clasificada como mantillo. Esto también se puede observar en la *Figura 2*, al representar la densidad de raíces del mantillo de las diferentes muestras del estudio. Asimismo, en la *Figura 2* se observa cómo la densidad toma valores mayores en el caso de las muestras pastadas: es decir, para un mismo volumen de mantillo, las muestras pastadas presentan una mayor cantidad de biomasa de raíces.



*Figura 1.* Biomasa vegetal aérea y subterránea (gr DM/112,5cm<sup>2</sup>) en las distintas fracciones de suelo consideradas para las zonas pastadas y excluidas al pastoreo.

Centrando el análisis únicamente en la biomasa de raíces que se encuentra en las distintas profundidades, se ha representado para cada muestra el porcentaje de raíces encontrado en cada una de las profundidades (*Figura 3*). Se observa cómo las muestras pastadas (P1-P3) muestran un mayor porcentaje de raíces en los diez primeros centímetros de suelo que las muestras excluidas. Esto no se cumple para la muestra E4 que, a pesar de

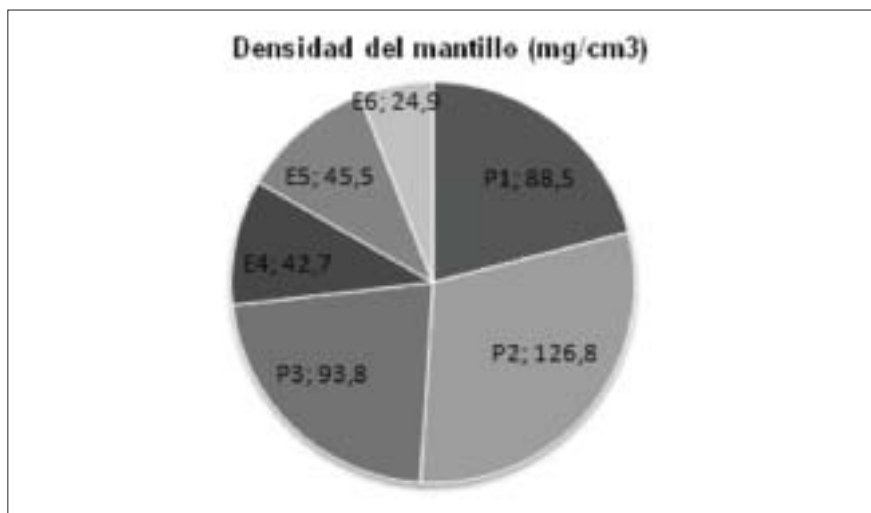


Figura 2. Densidad de raíces en el mantillo (mg/cm<sup>3</sup>) para las distintas muestras pastadas (P1-P3) y excluidas al pastoreo (E4-E6).

pertenecer al tratamiento de exclusión, muestra un comportamiento similar al de las muestras pastadas. En las muestras excluidas E5 y E6 el porcentaje de raíces entre los diez y los veinte centímetros de profundidad es considerable en comparación con el que aparece en las muestras pastadas. El porcentaje de raíces que aparece a profundidades mayores de 20 cm es muy pequeño, ya que para todas las muestras presenta un valor inferior al 7%.

## DISCUSIÓN

En cuanto a los efectos del pastoreo sobre la biomasa subterránea encontrados en este estudio existen varios puntos a tener en cuenta. Por un lado, se ha constatado un aumento de dicha biomasa en la zona pastada con respecto a la zona excluida al ganado, que se corresponde con una mayor biomasa en la zona denominada mantillo debida, a su vez, a un alto aporte temporal de órganos vegetales muertos y no consumidos por los herbívoros (Facelli y Pickett, 1991). Por otro lado, la biomasa total de raíces no difiere en gran medida entre el suelo pastado y el suelo de exclusión al pastoreo, aunque sí difiere su patrón vertical de distribución. En este punto, exis-

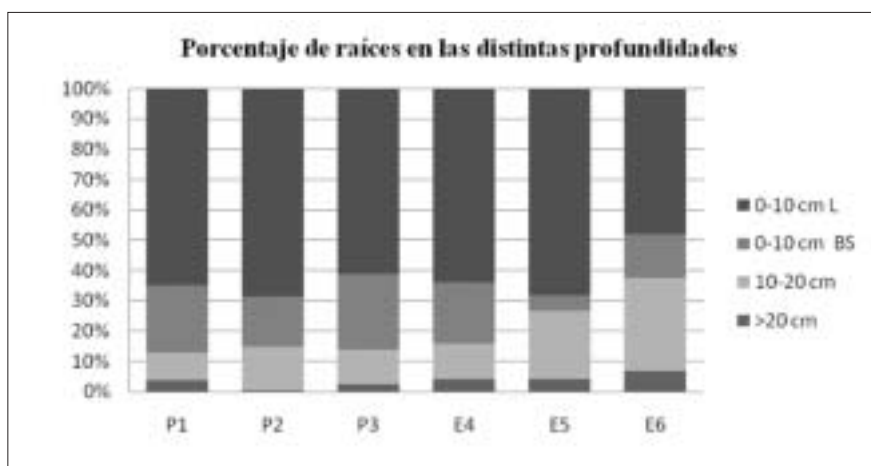


Figura 3. Porcentaje de raíces encontrado en las distintas profundidades de suelo consideradas en las muestras pastadas (P1-P3) y en las muestras excluidas al pastoreo (E4-E6)

ten numerosos estudios de campo con resultados contradictorios que determinan que los herbívoros reducen (Albertson *et al.*, 1953, Milchunas y Laurenroth, 1989), no tienen efecto (Coughenour, 1991; McNaughton *et al.*, 1998), o aumentan (Sim y Singh, 1978) la biomasa de raíces en praderas. Además se ha encontrado concretamente una mayor biomasa de raíces en los primeros centímetros de suelo en las zonas pastadas, hecho que coincide con el trabajo de Rodríguez *et al.* (1995), que demostraron que el pastoreo puede ser un factor importante en la distribución espacial de la biomasa subterránea en pastos, al hallar que en las comunidades templadas con alta intensidad de pastoreo la mayor parte de la biomasa de las raíces se encontraba en las capas de suelo más superiores. Otro de los efectos del pastoreo es la aparición de patrones horizontales de distribución de raíces diferentes entre las muestras de una misma zona. Este hecho puede deberse a que el pastoreo reduce la cobertura total y como consecuencia se incrementa la heterogeneidad en los patrones espaciales horizontales de las raíces (Hutchings y John, 2003; Van der Maarel y Titlyanova, 1989).

Como se ha comentado en este mismo apartado, las zonas pastadas muestran una mayor cantidad de biomasa de mantillo, compuesto por raíces y también por órganos aéreos muertos. A su vez, estas zonas presentan una mayor densidad en dicho mantillo, así para un volumen dado, se encuentra una mayor cantidad de biomasa que en las zonas excluidas. Esto pone de manifiesto la alta compactación de esta zona de suelo, que se debe en parte al pisoteo ejercido por el ganado, y de la que cabe esperar una alta retención de agua. Esto se ve reforzado según estudios anteriores (Fowler, 1986) donde se encontró que la formación del mantillo es de vital importancia para la dinámica de las praderas, ya que su presencia afecta al intercambio de agua entre el suelo y la atmósfera, donde el mantillo incrementa la disponibilidad de agua. Sin embargo, otros estudios han demostrado que, bajo ciertas circunstancias, la retención de agua por el mantillo podría reducir el agua disponible para las plantas (Knapp y Seastedt, 1986; Walsh y Voight, 1977), al ser el agua de lluvia retenida por el mantillo y evaporada directamente sin llegar a estar disponible para las plantas.

## CONCLUSIONES

La biomasa total subterránea no difiere substancialmente entre las muestras pastadas y las muestras excluidas, pero sí se produce un cambio en el patrón vertical de distribución de la misma. Así, las zonas pastadas presentan la mayor parte de la biomasa en los primeros centímetros de suelo, con una cantidad notable de biomasa perteneciente a la capa de suelo clasificada como mantillo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBERTSON, F. W.; RIEGEL, A.; LAUNCHBAUGH, Jr. J. L., 1953. Effects of different intensities of clipping on short grasses in West-central Kansas. *Ecology*, **34**, 1-20.
- AZPIROZ, M.; ALDEZABAL, A.; URIARTE, L.; MENDIZABAL, M., 2008. Efecto del pastoreo en la producción primaria aérea de los pastos de montaña y su relación con la precipitación. En: *Pastos, clave en la gestión de los territorios: integrando disciplinas*, FERNÁNDEZ, P.; GÓMEZ, A.; GUERRERO, J.E.; GARRIDO, A.; CALZADO, C.; GARCÍA, A.M.; CARBONERO, M.D.; BLÁZQUEZ, A.; ESCUÍN, S.; CASTILLO, S. (Eds.). Consejería de Agricultura y Pesca, Junta de Andalucía, Sevilla (España), pp. 303-308.
- COUGHENOUR, M.B., 1991. Biomass and nitrogen responses to grazing of upland steppe on Yellowstone's northern winter range. *Journal of Applied Ecology*, **28**, 71-82.
- EUROPEAN COMMISSION, 2003. *Interpretation Manual of European Union Habitats*. Eur 25. DG Environment, Nature and Biodiversity. 127 pp.
- FACELLI, J.M.; PICKET, S.T.A., 1991. Plant litter: Its dynamics and effects on plant community structure. *The Botanical Review*, **57**.

- FOWLER, N.L., 1986. Microsite requirements for germination and establishment of three grass species. *Amer Midl. Mat.*, **115**, 131-145.
- HARMON, M.E.; FRANKLIN, J.F.; SWANSON, F.J.; SOLLINS, P.; GREGORY, S.V.; LATTIN, J.D.; ANDERSON, N.H.; CLINE, S.P.; AUMEN, N.G.; SEDELL, J.R.; LIENKAEPER, G.W.; CROMACK, K., Jr.; CUMMINS, K.W., 1986. Ecology of coarse woody debris in temperate ecosystems. *Adv. Ecol. Res.*, **15**, 133-302.
- HUTCHINGS, M.J.; JOHN, E.A., 2003. *Distribution of roots in soil, and root foraging activity*. En: *Ecological Studies*, KROON, H.; VISSER, E.J.W. (Eds.). Ecological Studies, Berlin (Alemania), pp. 33–60.
- KNAPP, A.K.; SEASTEDT, T.R. 1986. Detritus accumulation limits productivity of tallgrass prairie. *BioScience*, **36**, 622-668.
- MCNAUGHTON, S.J., 1986. On plants and herbivores. *The American Naturalist*, **128**, 765-770.
- MCNAUGHTON, S.J.; BANYIKWA, F.F.; MCNAUGHTON, M.M., 1998. Root biomass and productivity in a grazing ecosystem: the Serengeti. *Ecology*, **79**, 587–592.
- MILCHUNAS, D.G.; LAUENROTH, W.K., 1989. Three-dimensional distribution of plant biomass in relation to grazing and topography in the shortgrass steppe. *Oikos*, **55**, 82-86.
- RODRÍGUEZ, M.A.; BROWN, V.K.; 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.
- RUESS, R.W.; HENDRIK, R.L.; BRYANT, J.P., 1998. Regulation of fine root dynamics by mammalian browsers in early successional Alaskan taiga forest. *Ecology*, **79**, 2706-2720.
- SEMMARTIN, M.; OESTERHELD, M., 1996. Effect on grazing pattern on primary productivity. *Oikos*, **75**, 431-436.
- SIMS, P.L.; SINGH, J.S., 1978. The structure and function of ten western North American grasslands. III. Net primary productivity, turnover and efficiencies of energy capture and water use. *Journal of Range Management*, **47**, 444-449.
- VAN DER MAAREL, E.; TITLYANOVA, A., 1989. Above-ground and below-ground biomass relations in steppes under different grazing conditions. *Oikos*, **56**, 364.
- WALSH, R.P.D.; VOIGHT, P.J., 1977. Vegetation litter: An underestimated variable in hydrology and geomorphology. *J. Biogeogr.*, **4**, 253-274.

## MOUNTAIN DENSE PASTURE (HABITAT 6230): PRELIMINARY EVIDENCES

### SUMMARY

Grazing affects strongly the structure and functioning of plant communities, not only on the growth of aboveground plant organs but also on the growth of belowground biomass (roots). Previous studies about the root density and grazing show contradictory results. In order to explore the effect of livestock grazing on the vertical distribution of root biomass, soil samples were collected in August of 2009 at the experimental area of Oidui, situated in Aralar Natural Park (Gipuzkoa), inside and outside permanent plots fenced 5 years ago for herbivore exclusion. Results showed that the vertical distribution of roots differed significantly between grazed and excluded zones, being the density of roots higher in layer A (0-10cm) of the grazed soil. It is necessary to extent soil sampling and root analysis to the rest of experimental plots for confirming this tendency.

**Key words:** livestock, belowground biomass, litter, soil depth, root density.



# EFECTO DEL PASTOREO EN LA RESIEMBRA DE *VICIA ERVILIA* (L.) WILLD. EN CULTIVOS DE SECANO

B. ROBLES, J. RUIZ-MIRAZO y J. L. GONZÁLEZ-REBOLLAR

## RESUMEN

*Vicia ervilia* (L.) Willd. (yero) es una leguminosa anual cultivada en el Mediterráneo. El objetivo de este trabajo es comparar distintas técnicas de aprovechamiento de este cultivo, y evaluar así el efecto del pastoreo en verano con ganado ovino en la resiembra de esta especie. Se realiza un diseño experimental con cuatro bloques y tres tratamientos de manejo distribuidos al azar: cosecha sin pastoreo, cosecha seguida de pastoreo y, pastoreo directo sin cosecha. Se estudian dos estaciones tras los tratamientos (otoño y primavera) en las que se analizan la producción (yeros, adventicias y total) y el porcentaje de plantas adventicias. Los resultados muestran, en ambas estaciones, que la producción de yeros y total es mayor en las zonas pastoreadas que en las no pastoreadas, siendo inversa la respuesta de la flora adventicia, más abundante en las zonas no pastoreadas. Por tanto, el aprovechamiento mediante pastoreo de los cultivos de *V. ervilia* demuestra ser muy adecuado, ya que facilita el establecimiento del cultivo en el segundo año a partir de la resiembra y disminuye el porcentaje de plantas adventicias, ofreciendo así una producción forrajera a bajo coste tanto en el otoño como en la primavera posteriores al pastoreo de la primera cosecha.

**Palabras clave:** leguminosas, yeros, ovino, producción, sudeste ibérico.

## INTRODUCCIÓN

En las zonas interiores del sudeste ibérico, con un clima mediterráneo seco y continental, la disponibilidad de pastos naturales para alimentación del ganado está muy limitada desde el verano hasta el final del invierno. Por este motivo, resulta de interés buscar fuentes de alimentación alternativas para estas estaciones del año, tales como los cultivos de especies forrajeras, entre las que destacan las leguminosas por su elevado valor nutritivo.

*Vicia ervilia* (L.) Willd. (yero) es una leguminosa anual utilizada desde antiguo en la cuenca mediterránea para la alimentación de los animales domésticos, principalmente aves y pequeños rumiantes (Farran *et al.*, 2005; Ramos-Morales *et al.*, 2010), y ha sido cultivada tanto para heno como para grano (Abdullah *et al.*, 2010). Es valiosa en la alimenta-

ción de ganado por su buen valor nutritivo, aunque éste varía en función del estado fenológico y de la fracción morfológica de la planta, siendo mayor para el grano que para el heno y la paja. En el grano, la proteína bruta oscila entre 22 y 28,5% (Abdullah *et al.*, 2010), con una alta degradabilidad ruminal (82% y, corregida por pérdidas, 63 %) (Ramos-Morales *et al.*, 2010) y la energía metabolizable es alrededor de 13 MJ kg<sup>-1</sup> MS (Sadeghi *et al.*, 2004, Farran *et al.* 2005). Según Otal *et al.* (2009), en la planta entera la proteína varía de 21% (fin del crecimiento vegetativo, abril) a 14% (madurez total, julio) y la energía metabolizable de 9,7 a 8,0 MJ kg<sup>-1</sup> MS, respectivamente.

Esta leguminosa, como otras de la familia, contribuye a mejorar la fertilidad del suelo (Farran *et al.*, 2005) mediante la fijación del nitrógeno (Graham y Vance, 2003). Hoy día, se está utilizando como cubierta vegetal en fruticultura ecológica de olivo y almendro (Alcántara *et al.*, 2007; Ramos *et al.*, 2010), destacando, entre otras leguminosas, por su mayor emergencia, cobertura y producción de biomasa (Alcántara *et al.*, 2007). *V. ervilia* es una especie que no desprende el fruto en la madurez y puede ser aprovechada directamente mediante pastoreo en verano. Además, se ha observado que se resiembra tras el pastoreo, lo que permite su aprovechamiento durante dos años seguidos sin necesidad de una segunda siembra (Navarro 1992). Se obtiene así una producción de alimento muy barato en el segundo año, sin apenas gasto y costes de laboreo (Navarro, 1991), que puede ser aprovechada por el ganado tanto tempranamente (otoño-invierno), como cuando las plantas resembradas han completado su desarrollo (primavera-verano).

La mayoría de las investigaciones que se han realizado sobre esta especie se han centrado en su valor nutritivo, así como en el rendimiento de grano en condiciones de regadío. En cambio, son escasos los estudios llevados a cabo en secano y prácticamente nulos los centrados en estudiar la resiembra de esta especie tras su aprovechamiento por el ganado. En este contexto, el objetivo principal de este trabajo es comparar distintas técnicas de aprovechamiento de cultivos de *V. ervilia*, y evaluar el efecto del pastoreo con ganado ovino en la resiembra de esta especie tras el pastoreo en verano. Más específicamente, se evalúa la producción total de forraje, incluyendo tanto los yeros como la flora adventicia, en el otoño y la primavera siguientes al primer aprovechamiento del cultivo.

## MATERIAL Y METODOS

El experimento se llevó a cabo en la finca "Los Morales", perteneciente a la Diputación de Granada y situada en el municipio de Huéscar, al norte de la provincia de Granada (UTM: 30S 535800 4192400; 990 m s.n.m). El clima es mediterráneo seco continental, con una temperatura media anual de 13 °C y una precipitación anual de 481 mm (Ramos *et al.*, 2010). Los suelos de la finca son calizos, del tipo Calcisol hipercálcico.

El ensayo se llevó a cabo entre junio de 2008 y junio de 2009 en unas parcelas que habían sido cultivadas con yeros en la estación de crecimiento anterior (noviembre 2007-junio 2008), con una dosis de siembra de 130 kg ha<sup>-1</sup>. Se siguió un diseño de bloques completamente al azar, con cuatro bloques y tres tratamientos de manejo repetidos en cada bloque: 1) cosecha sin pastoreo (C), consistente en segar la planta y no pastorear; 2) cosecha y posterior pastoreo (C + P), en el que se siega y se pastorea el rastrojo de la cosecha y; 3) pastoreo directo (P), en el que no se siega el cultivo (sin cosecha) y los animales pastorean la planta entera en campo. La superficie sembrada en cada bloque fue de 240 m<sup>2</sup>, sin embargo el seguimiento para este ensayo se realizó en subparcelas de menor tamaño. La dimensión de las subparcelas en las que se aplicó cada tratamiento fue de 3 x 10 m. En los tratamientos con aprovechamiento ganadero (P y C + P) el pastoreo se realizó con ganado ovino (250 animales), de raza segureña, durante los meses de junio y julio de 2008, y pastorearon una superficie de 840 m<sup>2</sup>.

Tras la aplicación de los tratamientos, durante el segundo año del cultivo (junio 2008-junio 2009, sin una segunda siembra), se llevaron a cabo dos evaluaciones, una en otoño (noviembre 2008) y otra en primavera tardía (junio 2009), con el objeto de valorar el forraje producido a partir de la resiembra. En cada subparcela se determinó la producción total, integrada por los yeros (planta entera) y las plantas adventicias, mediante corte de 16 cuadrados al azar de 50 x 50 cm, y posterior secado de las plantas en estufa de aire forzado a 60° C hasta peso seco constante. En el corte de otoño quedaron marcados los 16 cuadrados para evitar repetir su corte en la siguiente estación.

Los datos se analizaron mediante un ANOVA de una vía, según un diseño de bloques al azar, con cuatro bloques y tres tratamientos. Para poder asumir los criterios de normalidad, se transformaron los datos mediante logaritmo cuando fue necesario. La comparación de las medias entre los tratamientos se discriminó mediante el test LSD con un nivel confianza del 95%.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las *Tablas 1 y 2* muestran que, para las dos estaciones de seguimiento (otoño y primavera) la resiembra de los yeros fue mayor en los tratamientos con pastoreo (P y C + P) que en el de sin pastoreo (C). De manera significativa, los yeros presentaron mayor producción en el tratamiento con pastoreo directo (P: 291 y 2928 kg MS ha<sup>-1</sup>, en otoño y primavera, respectivamente), seguido por el pastoreo del rastrojo (C+P: 88 y 1785 kg MS ha<sup>-1</sup>) y, finalmente, por el tratamiento sin pastoreo (C: 25 y 1001 kg ha<sup>-1</sup>). Las plantas adventicias (ver *Tablas 1 y 2*) tuvieron una respuesta inversa a la anterior, ya que fueron más abundantes (en cantidad y/o en porcentaje) en C y C+P.

*Tabla 1. Resiembra de otoño (2008). Producción (kg MS ha<sup>-1</sup>) de yeros (planta entera), de plantas adventicias y total, y porcentaje de plantas adventicias (%)*

	Yeros* (kg MS ha <sup>-1</sup> )	Adventicias* (kg MS ha <sup>-1</sup> )	Adventicias (%)	Total (kg MS ha <sup>-1</sup> )
P	291 ± 20 a	62 ± 9 a	16 ± 2,4 c	353 ± 25 a
C+P	88 ± 8 b	166 ± 85 a	44 ± 7,9 b	254 ± 77 a
C	25 ± 2 c	194 ± 100 a	75 ± 6,6 a	219 ± 105 a
<i>F-value</i> (gl=2)	64,91	1,10	40,69	0,90
<i>p-value</i>	<0,001	0,390	<0,001	0,508

\* transformación logarítmica. Las letras distintas, dentro de cada efecto principal, indica diferencia significativa (p<0,00).

*Tabla 2. Resiembra de fin de primavera (2009). Producción (kg MS ha<sup>-1</sup>) de yeros (planta entera), de plantas adventicias y total, y porcentaje de plantas adventicias (%)*

	Yeros (kg MS ha <sup>-1</sup> )	Adventicias (kg MS ha <sup>-1</sup> )	Adventicias (%)	Total (kg MS ha <sup>-1</sup> )
P	2928 ± 397 a	689 ± 124 b	19 ± 1,8 b	3617 ± 499 a
C+P	1785 ± 191 b	698 ± 120 b	28 ± 3,9 b	2483 ± 272 b
C	1001 ± 175 c	1778 ± 133 a	66 ± 2,8 a	2779 ± 263 b
<i>F-value</i> (gl=2)	47,13	50,34	92,02	9,23
<i>p-value</i>	<0,001	<0,001	<0,001	0,015

\* Las letras distintas, dentro de cada efecto principal, indica diferencia significativa (p<0,00).

La producción de otoño de yeros, en todos los tratamientos, fue menor al 10 % de la obtenida en primavera, y siempre mayor para las zonas pastoreadas (P: 9,9%, C+P: 4,9% y C:

2,5%). A pesar de las diferencias productivas entre estaciones, la oferta forrajera de yeros en otoño podría mantener cerca de una oveja por hectárea. Dada la escasa producción de los pastos naturales en esta estación, el rebrote de los yeros podría contribuir a mejorar la oferta de los pastos, tanto en producción de forraje como en calidad del recurso.

La producción de otoño de yeros, en todos los tratamientos, fue menor al 10 % de la obtenida en primavera, y siempre mayor para las zonas pastoreadas (P: 9,9%, C+P: 4,9% y C: 2,5%). A pesar de las diferencias productivas entre estaciones, la oferta forrajera de yeros en otoño podría mantener cerca de una oveja por hectárea. Dada la escasa producción de los pastos naturales en esta estación, el rebrote de los yeros podría contribuir a mejorar la oferta de los pastos, tanto en producción de forraje como en calidad del recurso.

La producción total también fue mayor con el pastoreo directo en ambas estaciones (P: 350 y 3617 kg MS ha<sup>-1</sup>, en otoño y primavera respectivamente). Aunque en otoño no hubo diferencias significativas entre tratamientos, esto fue debido a la gran contribución de las plantas adventicias (*Tabla 1*) en las parcelas que hubo cosecha (C: 75 % y C+P: 44 %) frente a las que sólo hubo pastoreo directo (P: 16 %). Los datos muestran que la producción de la flora adventicia en esta estación fue considerablemente menor para P (62 kg MS ha<sup>-1</sup>), sin embargo no se detectaron diferencias significativas, debido a la gran variación entre las muestras en los tratamientos de cosecha (C y C+P) hecho que se apoya por su elevado error estándar (C: 194 kg MS ha<sup>-1</sup> ± 100; C+P: 166 kg MS ha<sup>-1</sup> ± 85).

Nuestros datos parecen apuntar a la idoneidad de realizar pastoreo directo en el cultivo de yeros cuando la planta está fructificada (fin primavera-verano), no sólo porque se logra una mayor producción, respecto a los otros tratamientos, en ambas estaciones, sino también por se reduce la proporción de flora adventicia, en general de peor valor nutritivo que *V. ervilia*.

Son muy escasos los estudios realizados en climas secos continentales sobre la resiembra de leguminosas anuales por el ganado. Las mejores referencias existentes para *V. ervilia* son los trabajos de Navarro (1991, 1992), llevados a cabo en la Comarca de Los Vélez (norte de la provincia de Almería), que presenta características climáticas similares a las de nuestro estudio. Para el año siguiente al pastoreo, el autor indica producciones de paja entre 800 y 2725 kg MS ha<sup>-1</sup>, cifras próximas a las de los tratamientos con pastoreo en esta comunicación (P: 2928 kg ha<sup>-1</sup> y C+P 1785 kg MS ha<sup>-1</sup>). Incluso, nuestros datos de producción son similares (2880 kg MS ha<sup>-1</sup>) a los encontrados por Otal *et al.* (2009) en ensayos de siembra (sin pastoreo) realizados para evaluar la productividad de distintas leguminosas de secano en la provincia de Albacete. En todo caso, en ambos ensayos la dosis de siembra utilizada fue algo mayor (150 kg ha<sup>-1</sup>) que en nuestro trabajo.

El trabajo realizado por Ramos *et al.* (2010) sobre pastoreo en cubiertas vegetales (mezcla de yeros, alfalfa y *Moricandia arvensis* (L.) DC), destacan la mayor resiembra de *V. ervilia* frente a las otras dos especies en el siguiente año tras el pastoreo, así como el mejor control de las plantas adventicias. Sin embargo, la producción total del pasto fue algo menor a la de nuestros ensayos (1827 kg MS ha<sup>-1</sup>). Por otra parte, estos autores indican que la mayor proporción de adventicias redujeron el valor nutritivo de los pastos resembrados. Como se ha comentado, en nuestro ensayo, la fuerte disminución en el porcentaje de plantas adventicias y el incremento en el de leguminosas, avalan el efecto beneficioso del tratamiento con pastoreo directo.

Por otra parte, Navarro (1991) aconseja el aprovechamiento de los yeros mediante pastoreo directo, ya que ahorra costes en la recolección (transporte, trilla o almacenamiento de heno), asegura la resiembra para el año siguiente, aporta materia orgánica y nitrógeno al suelo y supone un alimento de buena calidad. En este sentido, algunos autores han puesto de manifiesto el efecto positivo del pastoreo moderado sobre algunos parámetros del suelo, tales como la humedad del suelo, la disponibilidad de fósforo y el carbono soluble en agua (Alcántara *et al.*, 2007, Ramos *et al.*, 2010).

## CONCLUSIONES

Nuestros resultados ponen de manifiesto la idoneidad de utilizar el pastoreo directo con ovino en el aprovechamiento de los yeros en zonas de clima seco y continental, debido a la eficacia del ganado en la resiembra de esta especie tras el pastoreo (otoño y primavera) y, a que se alcanza una buena producción de forraje sin necesidad de una nueva siembra en el segundo año de establecimiento del cultivo, a la vez que se reduce los costes de laboreo en este último año de crecimiento. Por otra parte, disminuyen las plantas adventicias y se consigue una proporción de leguminosas alta, lo que garantiza la calidad del pasto producido y una capacidad de carga aceptable en otoño e invierno, estaciones críticas en la alimentación del ganado en este tipo de climas.

## Agradecimientos

Nuestro agradecimiento al director de la Fundación Rodríguez Penalva (Dr. Juan Ignacio Fernández Saavedra), que nos ofreció la finca para llevar a cabo la experiencia; al capataz (D. Ángel Rebelles) y operarios, que nos aconsejaron y llevaron a cabo las labores de siembra y pastoreo. Este estudio se realizó en el marco de dos proyectos de investigación financiados por la Junta de Andalucía: *Manejo ecológico de pastos y recursos ganaderos en cultivos arbolados de del sudeste español: una experiencia de gestión integrada en los altiplanos de Granada* (IFAPA, Consejería de Innovación Ciencia y Empresa), y *Estudio de las áreas pasto-cortafuegos como experiencia de silvicultura preventiva en los espacios forestales y agroforestales mediterráneos* (Dirección General de la Conservación del Medio Natural, Consejería de Medio Ambiente).

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDULLAH, A.Y.; PURCHAS, R.W.; DAVIES, A.S., 2010. Effect of bitter vetch (*Vicia ervilia*) seeds as a replacement protein source of soybean meal on performance and carcass-characteristics of finishing Awassi lambs. *Trop Anim Health Prod*, **42**, 293–300.
- ALCÁNTARA, C.; CARBONELL, R.; SAAVEDRA, M.; ORDOÑEZ, R., 2007. Desarrollo de cubiertas vegetales leguminosas y su influencia en la evolución de nitratos del suelo en agricultura ecológica. En: Congreso Europeo de Agricultura y Medio ambiente. La apuesta por una alianza natural, J. F. ROBLES DEL SALTO (Ed.). ASAJ. Sevilla (España), 143-146.
- FARRAN, M. T.; HALABY, W. S.; BARBOUR, G. W.; UWAYJAN, M. G.; SLEIMAN, F. T.; ASHKARIAN, V. M., 2005. Effects of feeding ervil (*Vicia ervilia*) seeds soaked in water or acetic acid on performance and internal organ size of broilers and production and egg quality of laying hens. *Poultry Science*, **84**, 1723–1728.
- GRAHAM, P.H.; VANCE, C.P., 2003. Legumes: importance and constraints to greater use. *Plant Physiology*, **131**, 872-877.
- NAVARRO, A., 1991. Cultivo y aprovechamiento de las leguminosas pienso en la comarca de los Vélez (Almería). En: *XXXI Reunión Científica de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos. Pastoralismo en zonas áridas mediterráneas*. SEEP (Ed.). Consejería de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Región de Murcia. SELEGRAFICA, S.A. Murcia (España), 171-176.
- NAVARRO, A., 1992. Autosiembra de los yeros en las condiciones del norte de Almería. *Revista Velezana*, **11**, 67-74.
- OTAL, J.; QUILES, A.; ORENGO, J.; MARTÍNEZ, M.; RAMÍREZ, A., 2009. Producción de materia seca y calidad forrajera de leguminosas anuales de clima mediterráneo. *Anales de Veterinaria (Murcia)*, **25**, 111-122.
- RAMOS, M.E.; ROBLES, A.B.; GONZÁLEZ-REBOLLAR, J.L., 2010. Ley-farming and seed dispersal by sheep: Two methods for improving fallow pastures in semiarid Mediterranean environments?. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, **137**, 124-132.

- RAMOS-MORALES, E; SANZ-SAMPELAYO, R.; MOLINA-ALCAIDE, E., 2010. Nutritive evaluation of legume seeds for ruminant feeding. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, **94**, 55-64
- SADEGHI, GH.; SAMIE, A.; POURREZA, J.; RAHMANI, H.R., 2004. Canavanine content and toxicity of raw and treated bitter vetch (*Vicia ervilia*) seeds for broiler chicken. *International Journal of Poultry Science*, **3**, 522–529.

## **EFFECT OF GRAZING ON RESOWING *VICIA ERVILIA* (L.) WILLD. IN RAINFED CROPS**

### **SUMMARY**

*Vicia ervilia* (L.) Willd (bitter vetch) is an annual legume cultivated in the Mediterranean. The aim of this research was to compare different management techniques and assess the effect of summer grazing with sheep on resowing this species. The experimental design comprised four blocks and three randomly distributed management treatments: cropping without grazing, cropping followed by grazing, and direct grazing without cropping. Two seasons are studied after the applications of the treatments (autumn and spring) by analysing the production (bitter vetch, weeds and total) and the percentage of weeds. The results show that bitter vetch and total production are higher, in both seasons, for the treatments that include grazing, whereas weeds had an opposite response, being more abundant in non-grazed areas. Therefore, grazing *V. ervilia* crops proves to be an effective management, as resowing for the second year is facilitated and the weeds decreases. This provides a low-cost fodder production in the autumn and the spring following the grazing of the first year crop.

**Key-words:** legumes, bitter vetch, sheep, production, Iberian south-east.

# CAMBIOS EN LA FENOLOGIA DEL MATORRAL MEDITERRANEO TRAS EL CESE DEL PASTOREO

C. PAREJO FARNES, J.M. MANCILLA-LEYTON y A. MARTÍN VICENTE \*

## RESUMEN

Se estudia la fenología de cinco especies de matorral mediterráneo evaluando el efecto del pastoreo del ganado caprino sobre ellas y las posibles consecuencias del abandono de prácticas tradicionales. Se hacen tres tratamientos: sin pastar hace 10 años (control), pastadas hasta 18 meses antes y otros intensamente ramoneados por cabras; todos aislados del ramoneo durante el experimento. Durante un año se midió la foliosidad, floración y fructificación y se analizan los cambios mensuales. Los resultados sugieren que los tratamientos influyeron en la fenología de las distintas especies, ya que las plantas que estuvieron sometidas al ramoneo en fechas más recientes presentaban diferencias en la duración de las distintas fenofases, adelantándolas o atrasándolas según la especie y fase.

**Palabras clave:** fenofases, foliación, Doñana.

## INTRODUCCION

La conservación del monte mediterráneo está estrechamente vinculado con el mantenimiento del pastoreo (Aldezabal, 2001), la relación existente entre el cese o declive paulatino del pastoreo y la pérdida de diversidad vegetal en las comunidades pastoreadas ha sido ampliamente debatido y estudiado. Hay que tener en cuenta que los paisajes que queremos proteger hoy día son mayoritariamente de origen antrópico (Ferrer *et al.*, 1999; San Miguel, 2003) y han llegado hasta nuestros días como consecuencia de diversas perturbaciones en las que el papel del hombre ha sido determinante: agricultura, extracción de leña y sobre todo incendios, pastoreo, etc.

La utilización espacial y temporal de las unidades pastorales y su efecto sobre el pasto, la alimentación de los herbívoros en función de la oferta vegetal, así como las relaciones entre los diferentes manejos y cargas ganaderas con la diversidad, suelen ser los objetivos clásicos de estos estudios. Sin embargo, el efecto del pastoreo en la fenología de la vegetación y sobre todo los cambios en la fenología tras el abandono del pastoreo, han sido menos estudiados.

Los cambios fenológicos de las plantas se suelen relacionar siempre con los cambios en

---

\* Dep. Biología Vegetal y Ecología. Universidad de Sevilla. Apdo.1095 Sevilla 41080.  
[cparejo@us.es](mailto:cparejo@us.es)

el clima ya que es su principal factor de control; pero los cambios de uso de la vegetación, sobre todo el abandono de prácticas pastorales, debe de influir en estos cambios. Es importante conocer estos aspectos para poder interpretar con exactitud los cambios globales.

El objetivo fundamental de este trabajo ha sido detectar si existen cambios fenológicos en especies de matorral para medir la relación existente entre sus ciclos biológicos y el tiempo que llevan sin ser pastadas. Se ha estudiado el comportamiento fenológico de 5 especies muy comunes en el monte mediterráneo *Cistus salvifolius* L., *Rosmarinus officinalis* L., *Halimium halimifolium* (L.) Willk., *Myrtus communis* L. y *Pistacia lentiscos* L.; que representan más del 50% de la cobertura de la vegetación de la zona de estudio.

## MATERIAL Y METODOS

### Descripción del área de estudio

El experimento fue realizado en una finca privada de 600 hectáreas de sotobosque de pino (*Pinus pinea*) situada en el parque natural de Doñana en SO de España (37°14' 52" N, 6°20'35" O). El clima es mediterráneo: los inviernos son húmedos (80% de la precipitación entre octubre y marzo) y suaves (temperatura media mensual de 10°C en diciembre y enero) y los veranos muy calurosos (temperatura media es de 25 ° C en Julio y Agosto) y secos (no llueve en julio y agosto). La precipitación media anual es de 540 mm. Durante el periodo de estudio la temperatura y la precipitación se situaron dentro la media para la zona.

El estudio se ha centrado en cinco especies de matorral. Para la realización de este estudio se hicieron tres tratamientos: uno cerrado al pastoreo al menos 10 años antes (A), otro cerrado hacia un año y medio (B) y un tercero cerrado recientemente (C). En cada uno de ellos se seleccionó al azar un total de 10 individuos de características similares de cada una de las especies y se aislaron del pastoreo. En estos individuos se marcaron al azar dos ramas de cada individuo (norte y sur), de tres cm de longitud. Mensualmente se cuantificó el número de hojas clasificándolas por tamaños estableciéndose cinco clases foliares (hojas mínimas, pequeñas, medias, grandes y muy grandes) y, así mismo, se anotó la floración y fructificación. Se tomaron muestras de hojas de los distintos tamaños en plantas cercanas y se midió su superficie en el laboratorio utilizando el programa informático Hojas 1.0 para análisis de la imagen escaneada (Taguas y Rivero, 1989). Se extrapolaron las medidas por clase para calcular la superficie foliar.

### Análisis estadísticos

En primer lugar se calculó la superficie total a partir del número de hojas y la superficie media por especie y clase de hoja, posteriormente se analizaron las superficies totales

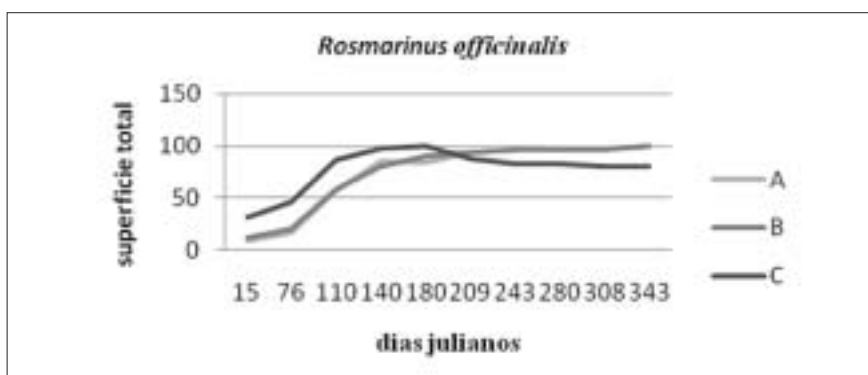


Fig.1 Superficie de *Rosmarinus officinalis* durante 12 meses en los 3 tratamientos.



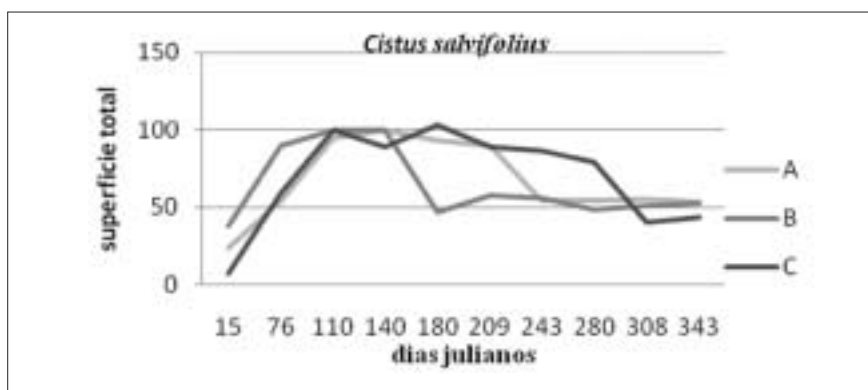


Fig.2 Superficie de *Cistus salvifolius* durante 12 meses en los 3 tratamientos.

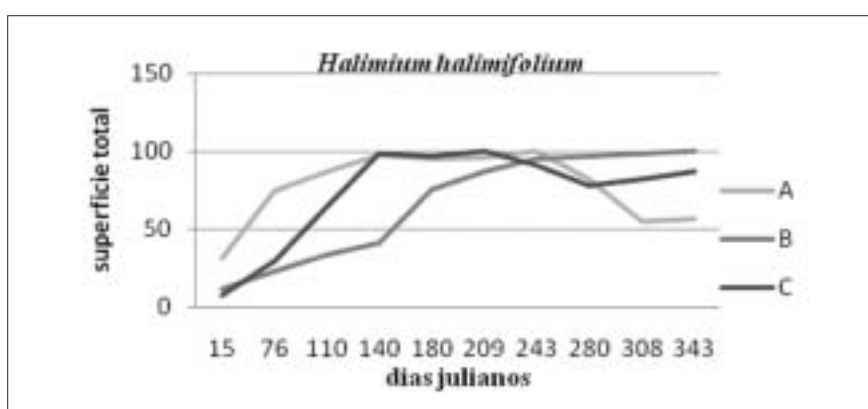


Fig.3 Superficie de *Halimium halimifolium* durante 12 meses en los 3 tratamientos.

de cada rama comparando los 3 tratamientos mensualmente con el programa estadístico SPSS, mediante ANOVA de un factor o U de Mann-Whitney según la normalidad de los datos (Dythan, 2003). Fueron significativas aquellas comparaciones donde  $p < 0,05$ .

## RESULTADOS Y DISCUSION

La Figura 1 presenta la superficie foliar de *Rosmarinus officinalis* en los tres tratamientos a lo largo del año. Estadísticamente se ha comprobado que la superficie foliar no muestra diferencias significativas entre tratamiento A y B, que llevan sin pastoreo más tiempo ( $p > 0,05$ ); el tratamiento C presenta diferencias significativas en la superficie foliar con los otros dos tratamientos a partir de abril hasta final de año. En primavera es donde tiene el aumento foliar esta especie, por lo que esto es lo que provoca las diferencias significativas entre los tratamientos (C respecto A y B) en esa fecha.

*Cistus salvifolius*, que es la especie con mayor cobertura, al comienzo de la toma de datos muestra diferencias significativas en los tres tratamientos ( $p < 0,05$ ) que desaparecen a partir de mayo, cuando tienen su máximo de superficie foliar. Hay que destacar la ausencia de floración/fructificación en el tratamiento C (Figuras 6 y 7).

*Halimium halimifolium*, presenta diferencias significativas durante todo el año entre B y C; a pesar de que entre A y C no hay diferencias significativas en la superficie foliar. En el tratamiento C los individuos no han florecido/ fructificado como muestran las Figuras 6 y 7.

*Pistacea lentiscus* no presenta diferencias entre tratamiento B y C a lo largo del año. Los individuos del tratamiento B a pesar de llevar 18 meses sin pastoreo aun no ha recu-

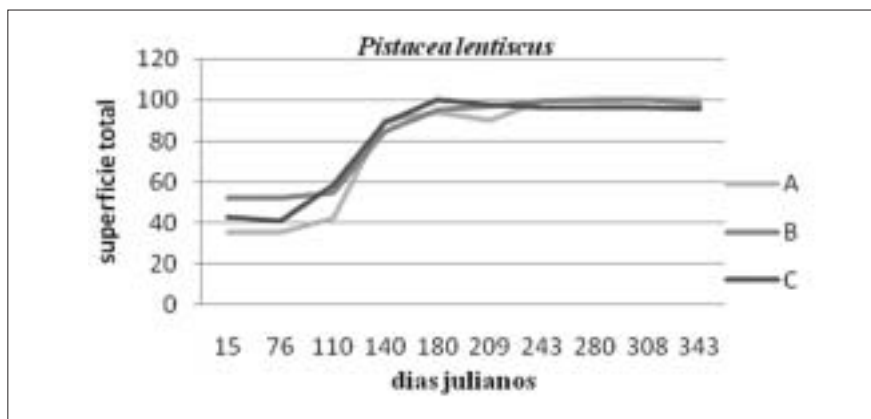


Fig.4 Superficie de *Pistacia lentiscus* durante 12 meses en los 3 tratamientos.

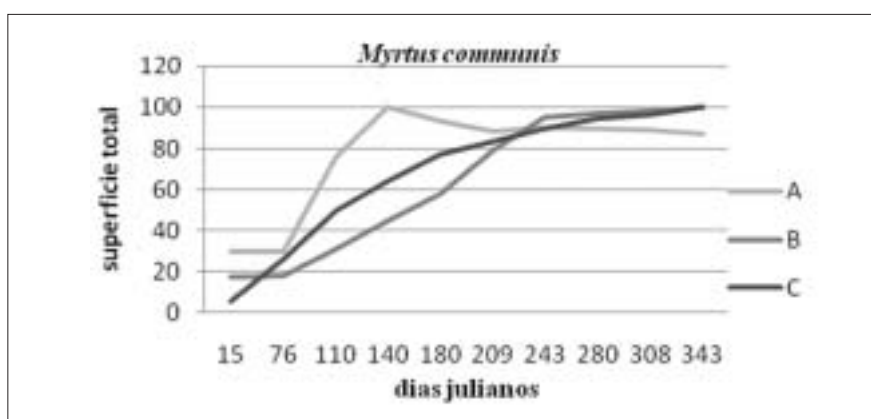


Fig.5 Superficie de *Myrtus communis* durante 12 meses en los 3 tratamientos

perado la superficie perdida por lo que no se diferencian de C. En los tres tratamientos los individuos han hecho el ciclo completo.

*Myrtus communis* tiene diferencias entre los tres tratamientos al comienzo del seguimiento. A partir de julio donde hay un máximo de superficie foliar desaparecen las diferencias entre A y B. La parcela C tiene diferencias significativas durante todo el año respecto a las demás; hay que tener en cuenta que es de la especies con mayor apetencia para las cabras y al comienzo del experimento los individuos tenían muy poco material fotosintético.

Se observó ausencia de floración y fructificación en los individuos que habían sido roneados recientemente (tratamiento C) mientras que en los otros dos tratamientos los individuos siguieron un calendario fenológico completo (Figuras 6 y 7)

Los distintos tiempos de recuperación tras el pastoreo influyen sobre la fenología de las plantas, cambiando el ritmo biológico de las fenofases La mayor parte de las especies tienen definidos períodos del año en los que se reproducen, y esta fenología reproductiva coincide con la fenología de otros organismos asegurando el éxito de la reproducción (Both *et al.*, 2009). Se ha observado como las plantas sujetas a una pérdida intensiva en la herbivoría muestran mayor elongación y un mayor aumento en el número de hojas y de ramificaciones (Aguilar Silva *et al.*, 1996).

Se ha visto como el pastoreo puede hacer que los individuos no cierren su ciclo repro-

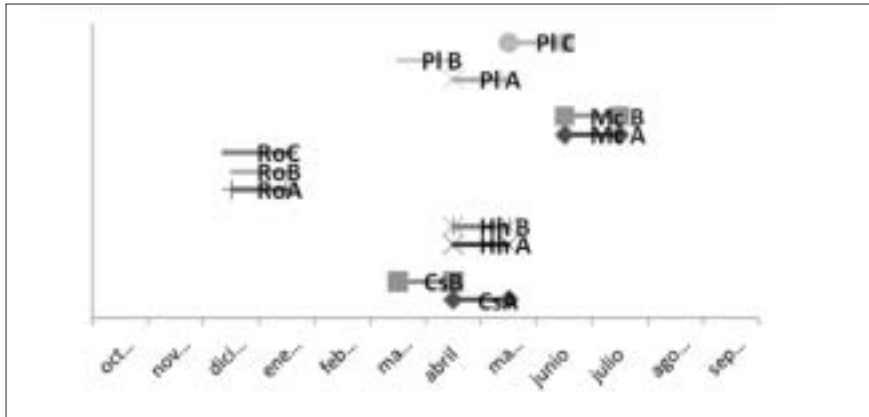


Fig.6 Floración de las especies en los 3 tratamientos por meses.

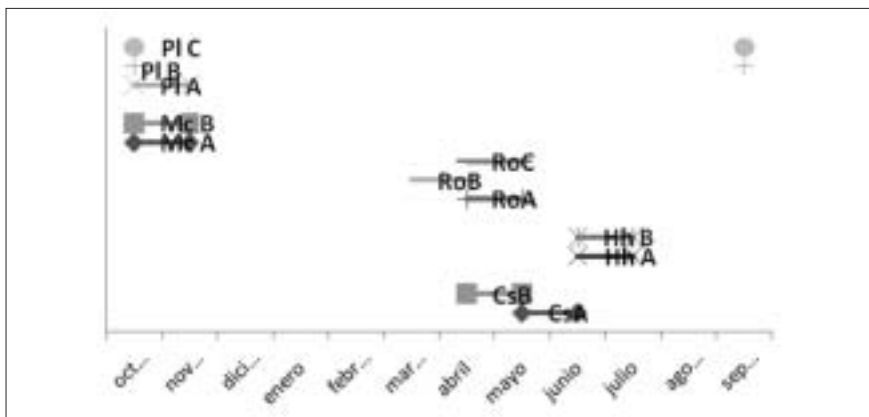


Fig.7 Fructificación de las especies en los 3 tratamientos por meses.

ductivo, fenómeno que coincide con las especies que tienen un consumo preferente, siendo las tres especies más consumidas: *Myrtus communis*, *Halimium halimifolium* y *Cistus salvifolius* (Mancilla-Leyton *et al.*, 2009).

Se observa que hay diferentes repuestas fenológicas dependiendo del tiempo que haya transcurrido desde el cese del pastoreo hasta el momento del seguimiento.

Los resultados del estudio destacan la importancia en el equilibrio de la carga ganadera. Un pastoreo intensivo puede evitar la regeneración del monte mediterráneo, la conservación de los pastos está vinculada al mantenimiento del pastoreo (Montserrat, 1964).

## CONCLUSIONES

El ramoneo ha afectado a distintos niveles según el tratamiento seguido. Se deduce que los cambios fenológicos descritos en este estudio están relacionados con el tiempo de recuperación tras el pastoreo. La variación en los ciclos tiene una relación directa con el material fotosintético perdido y con la necesidad de invertir energía en la recuperación de éste antes que en la reproducción. Las diferencias se observan claramente en los individuos del tratamiento C de las especies de mayor palatabilidad, es decir: *Cistus salvifolius*, *Halimium halimifolium* y *Myrtus communis*. Estos individuos al comienzo del seguimiento estaban muy afectados por el pastoreo, hasta el punto que algunos individuos habían perdido completamente todas las hojas.

## Agradecimientos

Este trabajo ha sido posible con la ayuda y financiación de la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía. Nuestro especial agradecimiento a la dirección del espacio natural de Doñana y a Dehesa de Gato S.A. por su ayuda y colaboración.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- AGUILAR SILVA, F.J., DIAZ BARRADAS, M.C.; ZUNZUNEGUI, M., 1996. Growth of *Halimium halimifolium* under simulated and natural browsing in the Doñana National Park (SW Spain). *Journal of Vegetation Science* **7**, 609-614.
- ALDEZABAL, A., 2001. *El sistema de pastoreo del Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido*. Publicaciones del Consejo de Protección de la Naturaleza de Aragón. **28**. 317 pp. Zaragoza.
- BOTH C., VAN ASCH M., BIJLSMA R. G., ARNOLD B. VAN DEN BURGAND, VISSER M. E., 2009. Climate change and unequal phenological changes across four trophic levels: constraints or adaptations?. *Journal of Ecology Animal*. **78**: 73-83.
- DYTHAM, C. 2003. *Choosing and using statistics – A biologist's guide*. Second edition. Blackwell Science Ltd Editorial Offices. Oxford, UK.
- FERRER, C.; BROCA, A.; MAESTRO, M., 1999. Influencia de la actividad agrícola en el régimen alimenticio de ovino extensivo en el Maestrazgo valenciano. *Actas de la Reunión Científica de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos*, Almería (España).p 393-400.
- MANCILLA-LEYTÓN, J.M., PINO R.; MARTÍN VICENTE, A., 2009. Análisis de la apetencia del ganado caprino por las especies de matorral en el Espacio Natural de Doñana. La Multifuncionalidad de los Pastos: Producción Ganadera Sostenible y Gestión de los Ecosistemas. 48 Reunión Científica de la Sociedad Española. Huesca. Sociedad Española para el Estudio de los Pastos, 643-648.
- MONTSERRAT, P., 1964. *Ecología del pasto*. Publicaciones del Instituto de Biología Aplicada, Jaca (Huesca). **1(2)**: 1-68.
- SAN MIGUEL A. 2003. Gestión silvopastoral y conservación de especies y espacios protegidos Ponencia XLIII Reunión Científica de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos. Granada (España).
- TAGUAS, J.J.; RIVERO, A. 1989. Hojas, ADN software, Sevilla.

## CHANGES IN THE PHENOLOGY OF THE MEDITERRANEAN SHRUB AFTER THE CESSATION OF THE SHEPHERDING

### SUMMARY

The phenology of 5 Mediterranean shrub species has been studied evaluating the effect of goat shepherding and the potential consequences of abandonment of traditional practices on them. Three shepherding intensity treatments are analyzed: never grazed (control), grazed up to 18 months before and others intensely grazed by goats; all isolated during the experiment. Foliation, flowering and fructification was measured during one year; monthly changes are analyzed. The results suggest that shepherding influenced the phenology of the different species, since plants that were more recently grazed showed differences in the length of phenophases, with advances or delays depending on the species and phase.

**Key words:** phenophase, foliation, Doñana

# RESULTADOS PRELIMINARES DE LA INFLUENCIA DEL PASTOREO EN LA DESCOMPOSICIÓN DE ACÍCULAS DE *PINUS PINEA* L. EN UN SISTEMA SILVOPASTORAL DE DOÑANA

J. M. MANCILLA-LEYTÓN, V. SÁNCHEZ LINEROS, R. FERNÁNDEZ- ALÉS y A. MARTÍN VICENTE \*

## RESUMEN

Se ha estudiado el efecto del ganado caprino en la descomposición de la hojarasca de *Pinus pinea* (L.) en un pinar del Espacio Natural de Doñana. Para ello, se realizó un experimento con cuatro tratamientos: 1) acículas intactas (control), 2) acículas pisoteadas, 3) acículas bañadas en orines con heces y 4) acículas pisoteadas bañadas en orines con heces. La descomposición de la hojarasca se determinó como la pérdida de biomasa a través del tiempo, en relación al peso inicial, utilizándose el método de bolsas de hojarasca (*litter bags*). A finales de otoño del 2008 se colocaron al azar en el suelo 180 bolsas de descomposición por tratamiento, cubriéndose con una capa de acículas y arena de 1 cm. A los cuatro y a los ocho meses desde el enterramiento se recuperaron 30 bolsas por tratamiento, se secaron y pesaron. Los resultados muestran que a los cuatro meses, las bolsas que más peso perdieron de forma significativa fueron las pisoteadas; sin embargo, a los ocho meses, las acículas expuestas a heces y orina presentaron pérdidas significativamente mayores de biomasa, no detectándose ya el efecto del pisoteo. El pisoteo y abonado por las cabras acelera la descomposición de la hojarasca, al menos en su inicio.

**Palabras clave:** relación C/N, pastoreo, cabra, pino.

## INTRODUCCIÓN

La hojarasca de pino tiende a acumularse en los pinares debido a sus bajas tasas de descomposición (Fioretto *et al.*, 1998). Esto por una parte facilita los incendios, al ser un material muy combustible, y por otra ralentiza el ciclo de los nutrientes, ya que en ausencia de fuego la disponibilidad de nutrientes para las plantas depende principalmente de la descomposición de la hojarasca por agentes bióticos (Aber y Melillo, 1991).

La velocidad a la que se descompone la hojarasca depende tanto de factores abióticos (humedad, temperatura, concentración de oxígeno), como bióticos (troceamiento del material, composición química) (Aber y Melillo, 1991). Estos últimos están influidos por los

---

\* Dep. Biología Vegetal y Ecología. Universidad de Sevilla. Apdo.1095 Sevilla 41080.  
Email: [jmancilla@us.es](mailto:jmancilla@us.es)

animales, ya que éstos trocean el material al consumir o pisotear la hojarasca, y lo enriquecen en nutrientes con sus deyecciones. Este efecto facilitador de la descomposición, por parte de los animales, puede ser utilizado como un instrumento de manejo: la introducción de ganado en los pinares puede acelerar la descomposición de la pinocha y con ello disminuir los riesgos de incendio, a la vez que contribuye a incrementar la riqueza de nutrientes del suelo.

El objetivo de este trabajo es estudiar si el pastoreo de cabras en un pinar facilita la descomposición de la pinocha. Los objetivos concretos son: 1) ver si la pinocha pisada y orinada por las cabras se descompone más rápidamente que la intacta y 2) ver la importancia relativa del pisoteo y del enriquecimiento de nutrientes por orines en la velocidad de la descomposición.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Área de estudio

El estudio se ha realizando un pinar de una finca privada situado en el Espacio Natural de Doñana, en el SO de la Península Ibérica (37°14'52"N, 6°20'35"O). El clima es mediterráneo con inviernos húmedos (80% de la precipitación entre octubre y marzo) y suaves (temperatura media mensual de 10 ° C en diciembre y enero) y veranos muy calurosos (temperatura media es de 25 ° C en julio y agosto) y secos (no llueve en julio y agosto). La precipitación media anual es de 540 mm. Durante el periodo de estudio, la temperatura y precipitación se situaron dentro de la media para la zona. El sustrato es de arenas de cuarzo muy pobres en nutrientes que dan lugar a suelos poco desarrollados muy poco fértiles y con baja capacidad de retención de agua.

La vegetación está constituida por un estrato arbóreo de pinos *Pinus pinea* L. con un 100% de cobertura, y un sotobosque de matorral mediterráneo donde *Cistus salvifolius* L., *Halimium halimifolium* L. Willk, *H. calycinum* L., *Rosmarinus officinalis* L., *Pistacia lentiscus* L. y *Myrtus communis* L. son las especies más comunes.

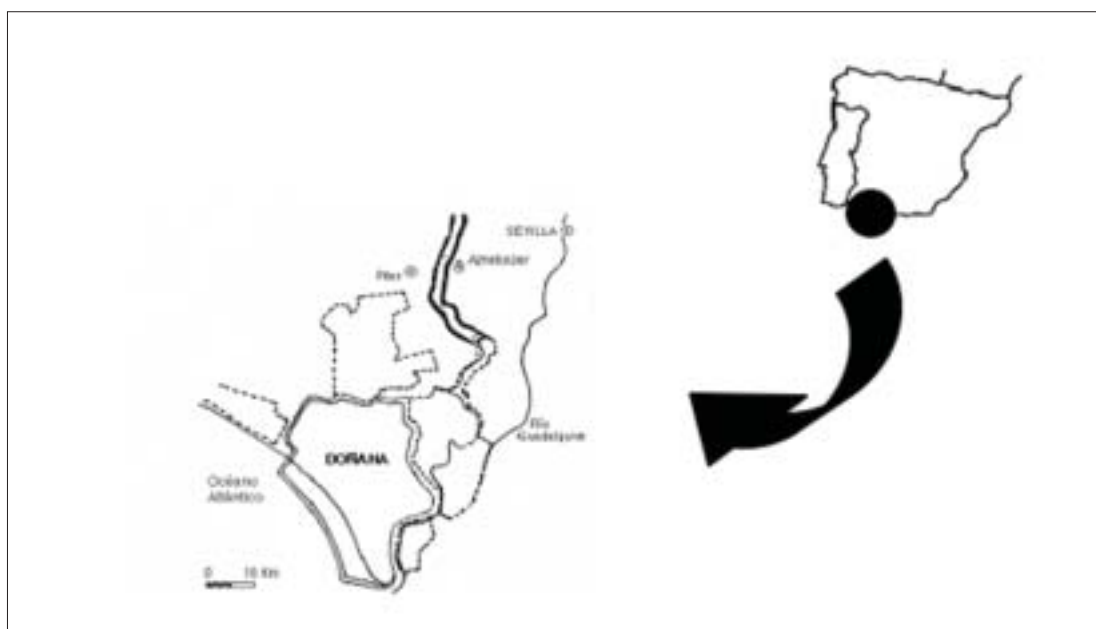


Figura 1. Localización del área de estudio.

## Estudio de la descomposición

La descomposición de las acículas de pino se estudió de forma experimental con el método de bolsas de hojarasca (*litter bags*) (Wieder y Lang, 1982). Para ello, en el otoño de 2008, se dispusieron trampas de recogida de hojarasca al azar debajo de los pinos, recojiéndose las hojas de las trampas a finales del otoño, después de pico de máxima caída de hojas. Las hojas recogidas se secaron a 60° C durante 48 h. Se tomaron muestras de dos g de estas hojas que se metieron en bolsas de malla plástica de dos mm de luz.

Las bolsas se sometieron a cuatro tratamientos: i) acículas intactas (control), ii) acículas pisoteadas por las cabras (RSA), iii) acículas empapadas en orines de cabra (ECA) y iv) acículas pisoteadas y empapadas en orines (RCA). Para ello las bolsas pisoteadas (RSA y RCA) se metieron en bolsas de plástico herméticamente cerradas, que se semienterraron en las entradas y salidas del aprisco durante cinco días para que las cabras las pisaran. Las bolsas de los tratamientos ECA y RCA se sumergieron durante 24 h en una mezcla de orina y heces de cabra. Las bolsas del tratamiento control y pisoteadas (RSA) se sumergieron también durante 24 horas en agua destilada para que tuvieran la misma humedad que los tratamientos ECA y RCA. En total se utilizaron 720 bolsas, 180 por tratamiento.

Las bolsas se llevaron al campo (diciembre de 2008) y se distribuyeron al azar sobre el suelo dentro de una parcela llana protegida del ganado dentro del pinar, cubriéndolas con una capa uniforme de arena de un cm. A los cuatro meses (abril de 2009) se recuperaron 30 bolsas al azar de cada tratamiento, repitiéndose la operación a los ocho meses (agosto de 2009). Se prevé seguir recuperando bolsas hasta completar un periodo de tres años. Las bolsas se transportaron al laboratorio, donde se extrajo su contenido, que se secó y pesó. A las hojas recuperadas se les midió la longitud y se les determinó la concentración de C y N a partir de muestras secas no digeridas mediante un analizador elemental (Leco CHNS-932, Spain). La descomposición de la hojarasca se determinó como la pérdida de peso a través del tiempo en relación al peso inicial.

## Análisis estadístico

Para determinar si existían diferencias significativas tanto en la pérdida de biomasa, longitud de las acículas y contenidos en C y N, los resultados obtenidos fueron procesados mediante análisis de varianza (Anova). Posteriormente se les aplicó test post-hoc para comprobar las diferencias entre los distintos tratamientos y fechas. El programa estadístico utilizado fue SPSS v 17.0 (Valderrey, 2010).

## RESULTADOS

En la *figura 2*, se muestra la pérdida de peso seco de hojarasca a los cuatro y ocho meses de permanecer en el suelo. Después de cuatro meses la pérdida promedio de peso seco varió entre el 19-21% según tratamiento, existiendo diferencias significativas entre acículas pisoteadas y no pisoteadas, independientemente de si habían sido sumergidas en purines o no. Tras ocho meses de incubación, la pérdida promedio de peso fue menor (entre un 25-27% del peso inicial), aunque significativa respecto a la medida anterior en todos los tratamientos. Los análisis estadísticos mostraron diferencias significativas entre los tratamientos de acículas bañadas en purines, siendo significativamente mayor en las bañadas, no existiendo diferencias entre tratamientos de pisoteo.

La longitud media de las acículas fue significativamente menor en los tratamientos pisados que los no pisados en los dos periodos estudiados (*figura 3*). La longitud media de las acículas disminuyó ligeramente entre los 4 y 8 meses en el suelo en todos los tratamientos, pero las diferencias no fueron significativas (*figura 3*).

El porcentaje de carbono encontrado se situó en torno al 45 %, presentando valores

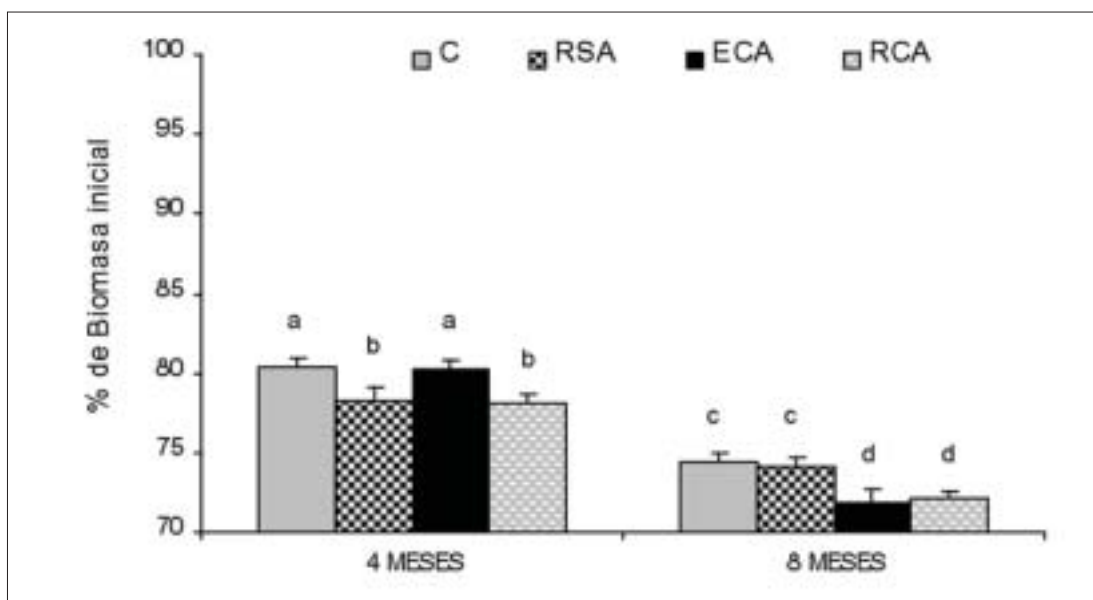


Figura 2. Porcentaje de la biomasa inicial de acículas que permanece en las bolsas de descomposición a los cuatro y ocho meses de permanencia en suelo. Acículas no pisoteadas sin aportes (C), acículas pisoteadas (RSA), acículas con orina y heces (ECA) y acículas pisoteadas con orina y heces (RCA). Se representa la media  $\pm$  error estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas.

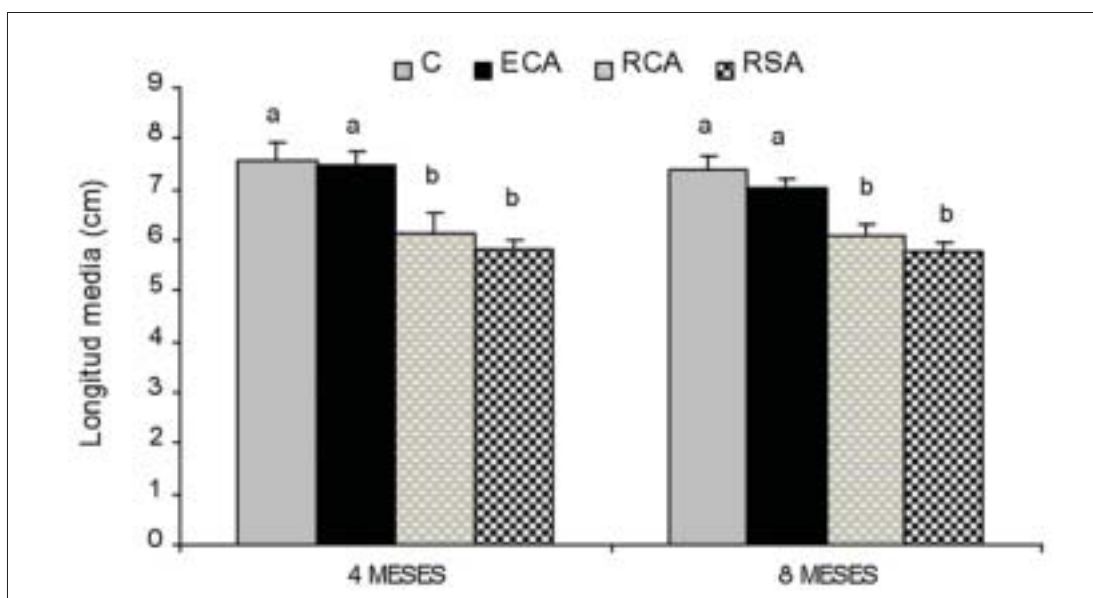


Figura 3. Longitud media de las acículas a los cuatro y ocho meses de permanencia en el suelo. Acículas no pisoteadas sin aportes (C), acículas pisoteadas (RSA), acículas bañadas en orina y heces (ECA) y acículas pisoteadas y bañadas en orina y heces (RCA). Se representa la media  $\pm$  error estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas.

casi idénticos en todos los tratamientos (figura 4). El porcentaje de nitrógeno fue ligeramente superior en los tratamientos sumergidos en orina y heces (0,9 – 1,0 %) frente a los no tratados (0,7-0,8 %). Como consecuencia, la relación C/N fue inferior en los tratamientos sumergidos en purines frente a los no sumergidos (figura 5).



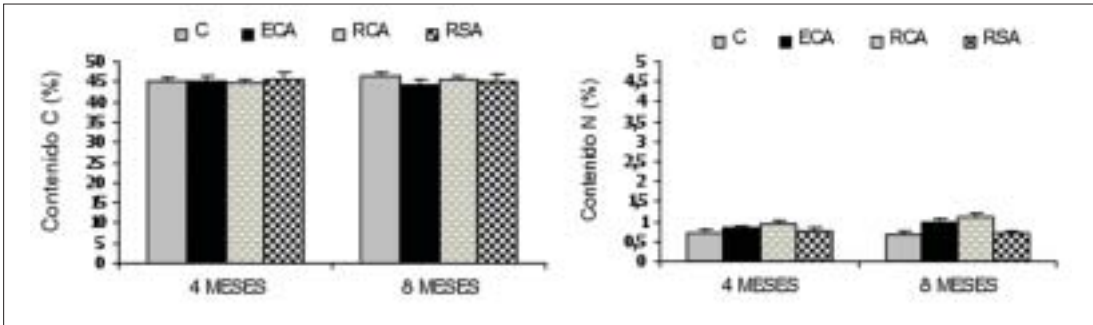


Figura 4. Contenido en C y N (%) a los cuatro y ocho meses de permanencia en el suelo. Acículas no pisoteadas sin aportes (C), acículas pisoteadas (RSA), acículas bañadas en orina y heces (ECA) y acículas pisoteadas y bañadas en orina y heces (RCA). Se representa la media  $\pm$  error estándar.

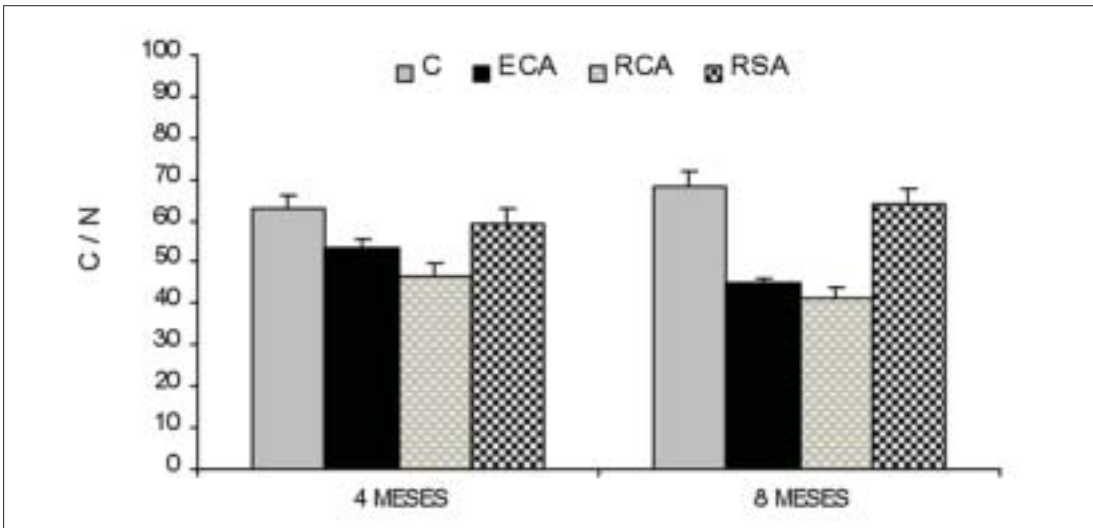


Figura 5. Relación C/N a los cuatro y ocho meses de permanencia en el suelo. Acículas no pisoteadas sin aportes (C), acículas no pisoteadas con aporte de orina y heces (ECA); acículas pisoteadas sin aportes (RSA) y acículas pisoteadas con aporte de orina y heces (RCA). Se representa la media  $\pm$  error estándar.

## DISCUSIÓN

El pisoteo por las cabras, que troceó las acículas, incrementó de forma significativa su descomposición inicialmente, pasando a ser más importante el contenido en nutrientes (tratamientos bañados en purines) en fases posteriores. Gallardo y Merino (1993) y Gillon *et al.*, (1994), encontraron que en las fases iniciales de la descomposición de hojas de leñosas mediterráneas, la dureza de las hojas, que condiciona su rotura, y su contenido en nutrientes son los principales factores que condicionan la velocidad de la descomposición. Este efecto puede ser pasajero, pues Prescott (1995) no encontró diferencias en la descomposición de hojas de pino sobre sustratos de diferente fertilidad después de uno y tres años, por lo que es necesario continuar el estudio para poder saber cual es el efecto de las cabras sobre la descomposición de la pinocha.

## CONCLUSIONES

El pisoteo y las deyecciones de las cabras incrementan la descomposición de la pinocha, al menos en las primeras fases de la descomposición. Por lo tanto, el pastoreo con cabras en el sotobosque de los pinares podría ayudar a reducir su riesgo de incendio, tanto

por el consumo del matorral del sotobosque como por la disminución de pinocha al acelerar su descomposición, aunque el efecto real sobre la pinocha requiere de más estudios de campo.

### Agradecimientos

Este trabajo ha sido posible con la ayuda y financiación de la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía (FONDOS FEADER). Nuestro especial agradecimiento a Dehesa de Gatos S.A. por su ayuda y colaboración.

### REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ABER, J.D.; MELILLO, J.M., 1991. *Terrestrial ecosystems*. Philadelphia, Saunders College Publishing, 429 pp.
- FIORETTO, A.; MUSSACHIO, A.; ANDOLFI, G.; VIRZO DE SANTO, A., 1998. Decomposition dynamics of litters of various pine species in a Corsican pine forest. *Soil Biology and Biochemistry* **30**: 721 – 727.
- GALLARDO, A.; MERINO, J., 1993. Leaf decomposition in two Mediterranean ecosystems of southwest Spain: influence of substrate quality. *Ecology* **74**: 152-161.
- GILLON, D.; JOFFRE, R.; IBRAHAMINA, A., 1994. Initial litter properties and decay rates: A microcosm experiments on Mediterranean species. *Canadian Journal of Botany* **72**: 946-954.
- PRESCOTT, C.E., 1995. Does nitrogen availability control rates of litter decomposition in forest? *Plant and Soil* **168-169**: 83-88.
- VALDERREY SANZ P., 2010. *SPSS 17: Extracción del conocimiento a partir del análisis de datos*. Paracuellos del Jarama. Madrid 463 pp.
- WIEDER, R.K.; LANG, G.E., 1982. A critique of the analytical methods used in examining decomposition data obtained from litter bags. *Ecology* **63**: 1636-1642

## PRELIMINARY RESULTS OF THE INFLUENCE OF GRAZING ON DECOMPOSITION RATE OF PINUS PINEA 'S LEAVES IN DONAÑA

### SUMMARY

We have studied the effect of trampling and nutrient enrichment on the decomposition rate of *Pinus pinea* dead leaves in a pine forest (*Pinus pinea*) situated in Doñana Natural Park (SW Spain). Recently fallen leaves were collected in leaves traps situated beneath the pines. Litter bags were filled with two grams of dried dead leaves and subjected to different treatments: 1) control (intact leaves) 2) trampling 3) enrichment with urine and dung of goats 4) trampling and enrichment. The bags were placed at random on the ground of a fenced plot situated in the pine forest and covered with soil. After 4 months, 30 bags of each treatment were unearthed and their content was dried and weighted. The process was repeated after 8 months. The results show that after four months the trampled treatments lost significantly more weight than the not trampled ones, while after eight months the differences were found between the enriched with goat's urine and the not enriched, losing significantly more weight those enriched with goat's urine. Trampling and manuring by goats speed up the decomposition of pine leaves, at least in their initial stage.

**Key words:** C:N ratios, grazing, forest, goats

# PASTOREO Y DIVERSIDAD FLORÍSTICA EN EL SISTEMA CEREAL-OVINO MANCHEGO: ENTRE LA TRADICIÓN Y EL ABANDONO

R. PÉREZ BADIA<sup>1</sup>, R. CABALLERO<sup>2</sup> y F. FERNÁNDEZ-GONZÁLEZ<sup>1</sup>

## RESUMEN

Se evalúan los efectos del sistema de pastoreo cereal-ovino manchego sobre la abundancia y la diversidad florística, mediante 30 puntos de muestreo referidos a 1 ha y repartidos entre rotaciones de cereal-barbecho, rotaciones de cereal-leguminosa y eriales pastados y no pastados. El declive de este sistema de pastoreo tradicional tendría repercusiones negativas sobre la diversidad florística, más acusadas en los eriales, que albergan la parte principal de la riqueza florística territorial, que en las tierras de cultivo. El pastoreo promueve sobre todo la diversidad de plantas anuales y con rangos de distribución medios o amplios, que son las dominantes en la flora de este sistema agro-pastoral.

**Palabras clave:** ganadería extensiva, biodiversidad, partición aditiva, cambios de uso agrícola.

## INTRODUCCIÓN

El pastoreo extensivo ha contribuido a configurar numerosos paisajes culturales europeos (Signal y McCracken, 2000; Dwyer *et al.*, 2002). El mantenimiento de la biodiversidad asociada a muchos de estos paisajes depende de la persistencia de la ganadería tradicional (Caballero *et al.*, 2010). Uno de estos sistemas extensivos, el denominado sistema cereal-ovino, es propio de La Mancha, una vasta planicie situada en la submeseta sur de la península Ibérica, dominada por litologías sedimentarias ricas en bases y transformada por la agricultura desde hace siglos. Junto al uso agrícola predominante en el territorio (90% del área) convive un tradicional sistema agro-pastoral, en el que los agricultores, propietarios mayoritarios de la tierra, ceden por ley a los ganaderos sin tierras propias el uso de recursos pastorales como rastrojeras y barbechos, complementados con los pequeños eriales que por su escasa fertilidad o relieve desfavorable no han sido puestos en cultivo, y con pastos naturales y forrajes en su caso. De esta forma, los recursos pastorales de cada municipio se agrupan en los denominados "polígonos de pastos", cada uno de los cuales se adjudica municipalmente a un ganadero para su explotación en períodos determinados del año que no interfieran con el cultivo agrícola; viñedos, olivares y regadíos quedan excluidos del

<sup>1</sup> Instituto de Ciencias Ambientales, Universidad de Castilla-La Mancha, 45071 Toledo (España).

<sup>2</sup> Centro de Ciencias Medioambientales (CSIC), Madrid (España)

uso ganadero (Caballero, 2003, 2008). Este sistema cooperativo ha experimentado un marcado declive en los últimos lustros, con reducción del número de ganaderos y de las superficies y períodos de pastoreo, e incremento de la estabulación de la cabaña ovina, a causa de la disminución de la superficie agrícola utilizada en pastoreo. Este declive ha sido motivado por el incremento del viñedo y de la intensidad de laboreo del barbecho facilitada por la mecanización. Además, la falta de atractivo económico para los agricultores que ceden las tierras, la baja eficiencia de las operaciones pastorales en estas condiciones y el escaso atractivo profesional de la actividad contribuyen a disociar la cooperación entre agricultores y ganaderos (Caballero *et al.*, 2007, 2009). A pesar del retroceso, el sistema cuenta todavía con cerca de 8000 ganaderos y una cabaña de  $3,5 \cdot 10^6$  ovejas, en su mayoría de la raza autóctona 'Manchega', orientada a la producción de leche para la fabricación de quesos, entre los que se cuenta la denominación de origen 'Queso Manchego'.

Este trabajo se enmarca en un estudio general de los impactos sobre la biodiversidad que puede acarrear el abandono de los sistemas ganaderos extensivos, como requisito para formular recomendaciones de gestión ambientalmente beneficiosas y posibles medidas de apoyo a la viabilidad socioeconómica de estos sistemas (proyecto LACOPE). En esta comunicación se tratarán sólo los impactos sobre la diversidad florística en el sistema cereal-ovino dominante en Castilla-La Mancha.

## MATERIAL Y MÉTODOS

El área elegida para el estudio comprende los municipios toledanos de Lillo, Corral de Almaguer y El Romeral (556 km<sup>2</sup>), que pueden considerarse representativos del sistema agro-pastoral de La Mancha por su fisiografía (predominio de llanuras, rango altitudinal comprendido entre 650-750 m), litología (calizas y margas y sedimentos pliocenos dominantes, con algunos afloramientos de yesos miocenos y de cuarcitas paleozoicas), clima (piso mesomediterráneo seco, con temperatura media anual entre 13-15 °C, marcado contraste entre el invierno y el verano y precipitación anual entre 350-450 mm), biogeografía (sector Manchego de la provincia Mediterránea Ibérica Central) y series de vegetación (Rivas-Martínez, 2007), además de los usos agrícolas del territorio.

Para diseñar los muestreos de la diversidad florística asociada al pastoreo y su cese en el sistema cereal-ovino, se elaboró una cartografía completa de los cultivos y de la vegetación seminatural en el área de estudio, en la que se delimitaron también los polígonos de pastos actuales a través de entrevistas con los 24 ganaderos en activo en los tres municipios. Se elaboró un índice de intensidad de pastoreo (IGI) basado en el número de cabezas de ganado (UG), los días por año que pastan en el correspondiente polígono (D) y la superficie (ha) de recursos pastorales del mismo (S), descontados los cultivos vedados al ganado. De acuerdo con este índice, el territorio se ha dividido en tres categorías de intensidad de pastoreo: alta ( $IGI = 150-1100 \text{ UG} \cdot \text{D} \cdot \text{S}^{-1}$ ), baja ( $IGI = 30-100$ ) y nula (polígonos actualmente no pastoreados) (Fig. 1). Los primeros ocupan actualmente un 14% del área de estudio y los segundos un 29%.

Los recursos pastorales se reparten desigualmente, puesto que la superficie arable (cereal –trigo y cebada, principalmente– y en menor medida leguminosas –guisantes, lentejas y vezas, principalmente– y otros cultivos) ocupa el 59% del territorio, mientras que los eriales sólo un 2,4%. El resto corresponde a viñedos (32,5%), olivares (2,6%) y otros usos minoritarios. Por ello la evaluación se centró en la rotación tradicional de cereal-barbecho, en la que se establecieron tres estratos según la intensidad de pastoreo: alta (C-H), baja (C-L) y nula (C-U). Adicionalmente se estableció un estrato más en las rotaciones de cereal y leguminosas, localizadas principalmente en zonas de pastoreo intenso (L-H). Para los eriales, que tienen una distribución marginal, sólo fue posible establecer dos estratos, pas-

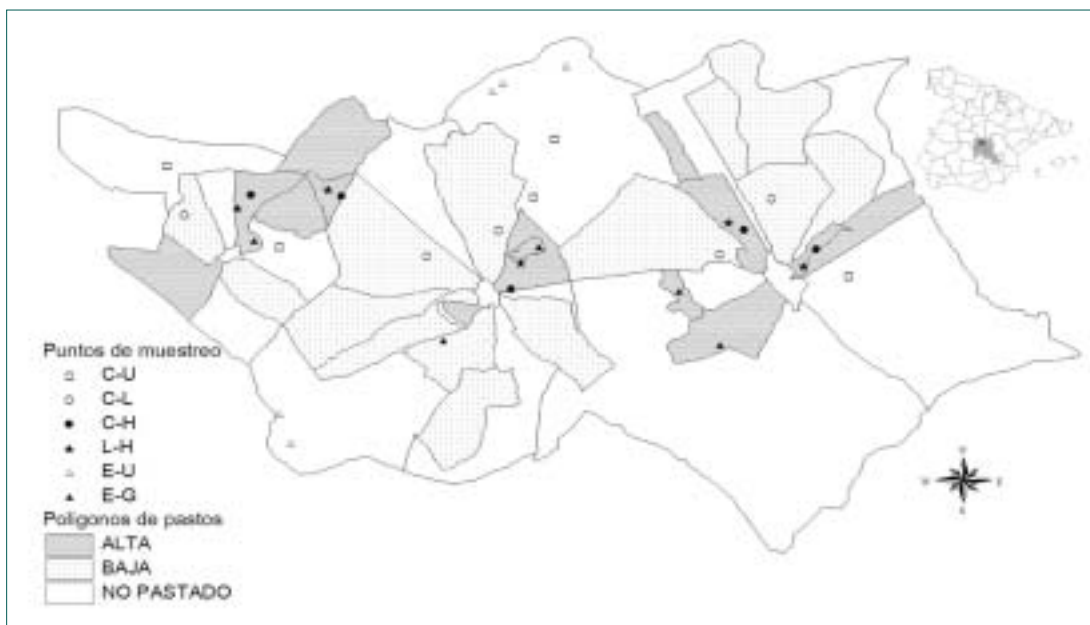


Figura 1. Localización de los puntos de muestreo en los polígonos de pastos del área de estudio (municipios de El Romeral, Lillo y Corral de Almaguer). Las tramas indican la intensidad de pastoreo.

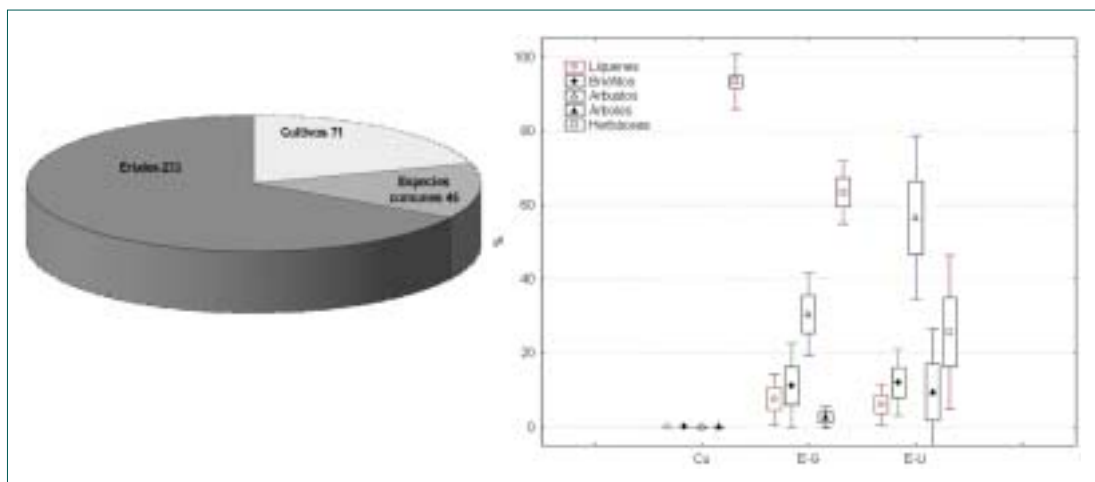
tados (E-G, la mayoría en polígonos con alta intensidad de pastoreo) y no pastados (E-U). En cada estrato se seleccionaron aleatoriamente cinco puntos de muestreo repartidos por el territorio de forma que ningún polígono acogiera más de uno, ni ningún municipio más de dos. En las inmediaciones de estos puntos se buscaron campos de cultivo (o sitios en el caso de los eriales) que reunieran las condiciones requeridas. Se excluyeron los campos comprometidos con medidas agroambientales. Los eriales muestreados cubrieron la variedad de litologías del territorio, ubicándose dos pares en sustratos cuarcíticos, otros dos pares en sustratos yesíferos y el quinto par en margas calcáreas.

Los muestreos se han referido a un área circular de 1 ha, en cuyo interior se distribuyeron, según rumbos y radios aleatorios, 7 rectángulos de 5 m x 1 m en los que se estimó la presencia de las especies y su cobertura. Ante la dificultad de gestionar permisos para muestrear el interior de los campos de cultivo, en éstos los rectángulos se dispusieron en un transecto de 95 m situado dentro del cultivo pero adyacente al borde. Los muestreos se realizaron en la primera mitad del mes de junio, inmediatamente antes de la cosecha.

La cobertura media total y por estratos de vegetación, la abundancia de las especies por grupos (principales familias, biotipos y tipos de distribución) y la riqueza de especies (total y por grupos) se han comparado entre los usos del territorio (cultivo y pastoreo) mediante ANOVAs factoriales. La riqueza de especies se ha analizado mediante una descomposición aditiva (Lande, 1996; Veech *et al.* 2002) que permite separar sus componentes espaciales:  $\alpha$ -diversidad (riqueza media en la microescala de los cuadrados de 5 m<sup>2</sup> de un punto de muestreo),  $\beta$ -diversidad dentro de los puntos de muestreo (recambio de especies entre los cuadrados de un punto de muestreo de 1 ha) y  $\beta$ -diversidad entre puntos de muestreo (recambio de especies entre los puntos de muestreo de un mismo estrato que cubren el conjunto del territorio). De esta forma la  $\gamma$ -diversidad en la escala de 1 ha (mesoescala) es la suma de la  $\alpha$ - y  $\beta$ -diversidad correspondiente, y la  $\gamma$ -diversidad en la escala del territorio (macroescala) es la suma de las diversidades  $\alpha$ -,  $\beta$ -dentro y  $\beta$ -entre. Como la presentación de los resultados estadísticos desborda el espacio disponible, nos limitamos a comentar las principales diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) detectadas.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La flora vascular registrada en los 30 puntos de muestreo comprendió un total de 350 especies pertenecientes a 47 familias, de las que *Compositae* (18%), *Gramineae* (17%), *Leguminosae* (12%), *Caryophyllaceae* (11%) y *Cruciferae* (10%) son las principales y aúnan más de las dos terceras partes de la flora censada. El 63% de las especies corresponde a plantas anuales (terófitos), el 16% a herbáceas perennes (hemiciptófitos) y el 17% a leñosas, entre las que predominan los caméfitos. En cuanto a su distribución corológica, el 55% son especies propias de la región Mediterránea y el 14% son especies endémicas ibéricas o ibero-norteafricanas. Los eriales albergan hasta un 80% de las especies censadas, en tanto que los cultivos, con el doble de puntos de muestreo, apenas recogen un tercio del total (*Fig. 2*).



*Figura 2.* Izquierda: número de especies exclusivas y compartidas en los eriales y en los campos de cultivo. Derecha: cobertura media (%) por estratos ( $\pm$ error y desviación típica) en el conjunto de los campos de cultivo muestreados (Cu, 20 campos) y en los eriales (E-G, E-U).

Como era esperable, la cobertura de líquenes, musgos terrícolas, hojarasca y especies leñosas, así como la pedregosidad superficial, fueron significativamente mayores en los eriales que en las tierras de cultivo (*Fig. 2*). La riqueza específica a todas las escalas y la abundancia son significativamente más elevadas en los eriales que en las tierras cultivadas para la mayoría de los grupos de especies (*Fig. 3*), con excepción de la cobertura total de herbáceas y la abundancia de algunas familias típicamente arvenses (crucíferas, papaveráceas), que son mayores en los cultivos, así como la diversidad de estas mismas familias en la microescala y la de las especies de amplia distribución (subcosmopolitas) en todas las escalas. La abundancia del conjunto de los terófitos y su diversidad en la microescala son similares en eriales y cultivos.

Considerando el conjunto de los eriales y las tierras cultivadas, el pastoreo fomenta significativamente la diversidad en todas las escalas espaciales, y en mayor medida en los eriales, como pone de manifiesto la interacción positiva significativa entre uso del suelo y pastoreo. Las especies herbáceas, las de amplio rango de distribución (latemediterránea o más amplia) y las compuestas y las gramíneas son las que incrementan significativamente su diversidad con el pastoreo en alguna escala. Del mismo modo, la abundancia de estas mismas familias y la de anuales, neófitos y especies de amplia distribución, se incrementa significativamente con el pastoreo.

Los eriales pastados muestran una mayor cobertura total y de herbáceas y una menor cobertura y diversidad de arbustos que los no pastados; la abundancia de briófitos y líque-

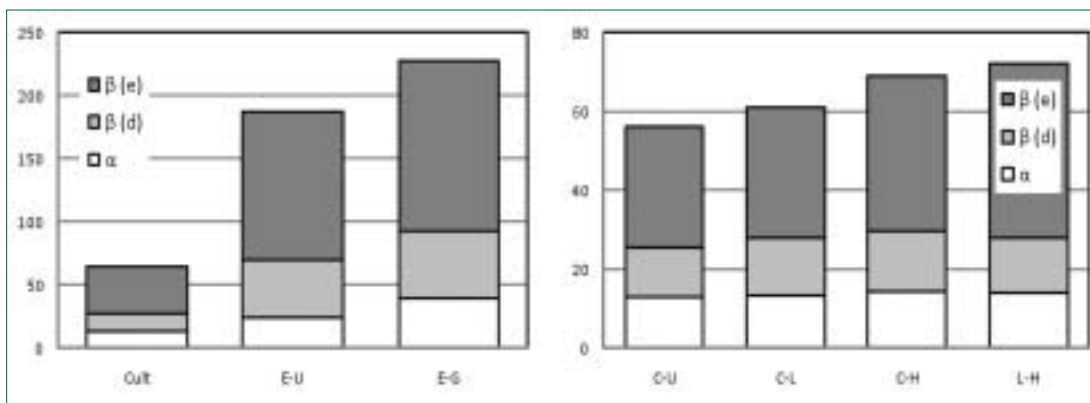


Figura 3. Descomposición aditiva de la diversidad florística (número de especies) en los hábitats muestreados:  $\alpha$ -diversidad (riqueza media en cuadrados de 5 m<sup>2</sup>),  $\beta$  (d)-diversidad (dentro de los puntos de muestreo) y  $\beta$  (e)-diversidad (entre puntos de muestreo). Cult se refiere al conjunto de los campos de cultivo (C-U, C-L, C-H y L-H).

nes terrícolas, en cambio, no se ve afectada significativamente. El pastoreo tiende a incrementar la abundancia y la diversidad (sobre todo en la microescala) de las especies de amplia distribución, así como la abundancia de terófitos y geófitos. Aunque la diversidad en todas las escalas tiende a ser mayor en los eriales pastoreados, las diferencias no son significativas en el contraste individual del estrato debido a la variabilidad entre puntos de muestreo. Algunas pautas de variación están influidas por la naturaleza del sustrato o muestran respuestas diferentes dependiendo de la litología (silíceo o calco-yesífero) de los eriales.

En las tierras de cultivo se aprecia un gradiente mucho más tenue de aumento de la diversidad a medida que se incrementa la intensidad de pastoreo en todas las escalas, algo más acentuado en la macroescala (Fig. 3). Los contrastes individualizados no son sin embargo significativos para el total de las especies y sólo en algunos grupos se aprecian significaciones marginales (las gramíneas, por ejemplo, son más abundantes en los cultivos con mayor intensidad de pastoreo (C-H y L-H), y las crucíferas son menos abundantes en los cultivos no pastados). Estos débiles efectos pueden interpretarse como resultado de la preponderancia de los impactos de las perturbaciones agrícolas, combinada con las bajas y probablemente irregulares cargas ganaderas actuales, incluso en los polígonos más pastoreados, y con la escasa extensión y dispersión territorial de los eriales, principales áreas fuente de la diversidad florística (Concepción *et al.*, 2008). La comparación entre las rotaciones de cereal-barbecho y de cereal-leguminosa tampoco ha mostrado diferencias significativas destacables.

## CONCLUSIONES

El declive del pastoreo en el sistema cereal-ovino manchego tendría un impacto negativo sobre la diversidad florística, proporcionalmente mayor en los eriales, que albergan el grueso de la flora territorial, que en las tierras cultivadas. El pastoreo fomenta principalmente la abundancia y la diversidad de la flora anual y de las especies con rangos de distribución medios o amplios, componentes dominantes en el sistema agro-pastoral. Incrementar el área y la dispersión territorial de los eriales favorecería los efectos beneficiosos del pastoreo sobre la diversidad florística.

## Agradecimientos

A Jesús Sánchez-Camacho, por su inolvidable colaboración. Trabajo realizado en el marco del proyecto LACOPE (*Landscape Development, Biodiversity and Cooperative Livestock Systems in Europe*), financiado por la UE (contrato n° EVK2-CT2002-00150).

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BIGNAL, E.M.; MCCRAKEN, D.I., 2000. The nature conservation value of European traditional farming systems. *Environ. Review*, **8**, 149-171.
- CABALLERO, R., 2003. A set of guidance for the management of grazing units in the cereal-sheep system of Castile-La Mancha (south-central Spain). *J. Sust. Agric.*, **21(3)**, 11-28.
- CABALLERO, R., 2008. Stakeholders interaction in Castile-La Mancha, Spain's cereal-sheep system. *Agr. Hum. Values*, **26**, 219-231.
- CABALLERO, R.; GIL, A., 2009. Binding constraints in Castile-La Mancha, Spain's cereal-sheep system. *J. Sustain. Agr.*, **33(1)**, 3-27.
- CABALLERO, R.; RISETH, J.A.; LABBA, N.; TYRAN, E.; MUSIAL, W.; MOLIK, E.; BOLTSHAUSER, A.; HOFSTETTER, P.; GUEYDON, A.; ROEDER, N.; HOFFMANN, H.; BELO MOREIRA, M.; SEITA COELHO, I.; BRITO, O; GIL, A., 2007. Comparative typology in six European low-intensity systems of grassland management. *Adv. Agron.*, **96**, 351-420.
- CABALLERO, R.; FERNÁNDEZ-GONZÁLEZ, F.; PÉREZ BADIA, R.; MOLLE, G.; ROGGERO, P.P.; BAGELLA, S.; D'OTTAVIO, P.; PAPANASTASIS, V.P.; FOTIADIS, G.; SIDIROPOULOU, A.; ISPIKLOUDIS, I., 2010. Grazing systems and biodiversity in Mediterranean areas: Spain, Italy and Greece. *Pastos*, **39(1)**, 9-154.
- CONCEPCIÓN, E.D.; DÍAZ, M.; BAQUERO R.A., 2008 Effects of landscape complexity on the ecological effectiveness of agri-environment schemes. *Landscape Ecol.*, **23**, 135-148.
- DWYER, J.; BALDOCK, D.; BEAUFOY, G.; BENETT, H.; LOWE, P.; WARD, N., 2002. *Europe's rural futures. The nature of rural development*. IEEP Report, London.
- LANDE, R., 1996. Statistics and partitioning of species diversity, and similarity among multiple comparisons. *Oikos*, **76**, 5-13.
- RIVAS-MARTÍNEZ, S., 2007. Mapa de series, geoseries y geopermaseries de vegetación de España. *Itinera Geobotanica*, **17**, 1-435.
- VEECH, J.A.; SUMMERVILLE, K.S.; CRIST, T.O.; GERING, J.C., 2002. The additive partitioning of diversity: recent revival of an old idea. *Oikos*, **99**, 3-9.

## GRAZING AND PLANT DIVERSITY IN THE CEREAL-SHEEP SYSTEM OF LA MANCHA (SPAIN): BETWEEN TRADITION AND ABANDONMENT

### SUMMARY

The effects of the cereal-sheep grazing system on plant abundance and diversity at various spatial scales are evaluated in the region of La Mancha (Spain). High and low grazed and non grazed cereal-fallow rotations, grazed cereal-legume crops and grazed and non grazed 'eriales' (uncultivated land harbouring the main part of regional diversity) were compared across a set of 30 sampling points of 1 ha allowing independent estimates of  $\alpha$ -,  $\beta$ -within and  $\beta$ -between sites diversity. The current decline of this traditional, cooperative and extensive grazing system would have negative impacts on plant diversity, more relevant in the 'eriales' than in arable lands. Grazing enhances mainly the diversity of annuals and plants with medium or large distribution ranges, which are the dominant components of the flora in this agro-pastoral system.

**Key words:** sheep grazing, biodiversity, additive partitioning, land-use change.



# ATAJOS PARA MEDIR LA DIVERSIDAD BIOLÓGICA. UN EJEMPLO CON ESPECIES INDICADORAS VS. PARÁMETROS EDÁFICOS EN PRADOS DE LA RESERVA DE LA BIOSFERA DE URDAIBAI

J.A. GONZÁLEZ OREJA, S. MENDARTE, C. GARBISU, F. BLANCO y E.I. ALBIZU \*

## RESUMEN

No es sencillo resumir el concepto de biodiversidad en un único número, pero con este fin se han usado la riqueza de especies observadas o estimadas, y el índice de Shannon (o alguna transformación). Sin embargo, para determinar con precisión y exactitud estos parámetros se necesita un elevado conocimiento taxonómico del grupo de organismos objeto del estudio, así como grandes cantidades de recursos (esfuerzo, tiempo y dinero). ¿Hay métodos alternativos, más rápidos o económicos (i.e., "atajos"), para estimar la diversidad biológica? En este trabajo evaluamos la aplicación de especies indicadoras (*Plantago lanceolata*, *Ranunculus acris*, *Trifolium repens*, *Agrostis capillaris* y *Lolium perenne*) y parámetros edáficos (pH del suelo, contenido en materia orgánica, nitrógeno y fósforo) para construir modelos que permitan estimar la diversidad florística de los prados atlánticos de la Reserva de la Biosfera de Urdaibai. Para ello, empleamos métodos modernos de selección de variables e inferencia multimodelo. Los resultados muestran que con sólo las 5 especies mencionadas se logran modelos ponderados con capacidad explicativa alta a muy alta ( $R^2 = 47,8-90,7\%$ ). Se discuten los resultados con base en la capacidad explicativa de los modelos y su posible aplicación en el seguimiento (monitoreo) espacial o temporal de la biodiversidad.

**Palabras clave:** Akaike; biodiversidad; bioindicadores; modelos; seguimiento.

## INTRODUCCIÓN

No hay una forma sencilla de condensar el significado de la noción de "biodiversidad" en un único número (Sarkar, 2002), aunque para ello se han utilizado con mayor o menor éxito distintos parámetros que miden cambios en algunos de sus elementos (Magurran, 2004). Es el caso del número de especies observado en un lugar con un esfuerzo de muestreo determinado (es decir, la riqueza en especies), así como de algunos estimadores del número de especies que están presentes en dicho lugar pero que aún no se han observado con dicho esfuerzo de muestreo (Colwell y Coddington, 1994). Es el caso, también, del índice de diversidad de Shannon, clásico en el estudio de la diversidad de ecosistemas pas-

---

\* Departamento de Ecosistemas. NEIKER-Tecnalia, Instituto Vasco de Investigación y Desarrollo Agrario.  
[jgonzalez@neiker.net](mailto:jgonzalez@neiker.net)

cícolas (Ferrer *et al.*, 2001), o de alguna transformación matemática que le asigne un mayor significado ecológico (Jost, 2006).

Ahora bien, para evaluar con precisión y exactitud cualquiera de estas medidas de la diversidad es necesario un elevado conocimiento taxonómico del grupo de organismos objeto del estudio, así como una notable inversión en recursos de todo tipo (esfuerzo, tiempo y dinero). Es más, estos valiosos recursos son generalmente limitados (Duelli y Obrist, 2003), por lo que no es posible medir todos los elementos de interés potencial en el estudio de la biodiversidad (Noss, 1999). Por ello, para analizar los cambios espaciales y temporales en la biodiversidad, así como las consecuencias que las actividades humanas acarrearán sobre la propia diversidad biológica, se han propuesto métodos alternativos, más económicos; es decir, "atajos" (*sensu* Moreno *et al.*, 2007).

Los prados de siega y de diente son las comunidades de pastos más intervenidas por las actividades humanas, lo que puede implicar una pérdida de biodiversidad (Ferrer *et al.*, 2001). ¿Es posible evaluar la diversidad biológica de los prados mediante métodos más rápidos y económicos? En este artículo exploramos el uso de especies indicadoras y condiciones ambientales como atajos para estudiar los cambios espaciales en la diversidad florística de los prados de un área natural protegida, la Reserva de la Biosfera de Urdaibai.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Trabajo de campo

El trabajo de campo se completó en la primavera de 2008, en 20 prados de la Reserva de la Biosfera de Urdaibai (Bizkaia). En cada prado, realizamos 10 inventarios de la vegetación (sobre cuadrados de 50x50 cm), donde estimamos la cobertura de todas las especies de plantas presentes (0-100%). Además, en cada cuadrado tomamos una muestra compuesta de suelo superficial (0-5 cm), sobre la que determinamos los siguientes parámetros físico-químicos: pH; contenido en materia orgánica (MO; % en peso); contenido en nitrógeno total (N; % en peso), y contenido en fósforo (P; mg/kg). Véase González-Oreja *et al.* (2009) para más información.

### Variables dependientes

Consideramos que (i) la riqueza observada en cada prado (Sobs), (ii) la riqueza estimada (J1; mediante el estimador no paramétrico de tipo *jackknife* de primer orden; González Oreja *et al.*, 2010), y (iii) el exponencial del índice de Shannon calculado sobre los valores promedio de la cobertura de cada especie en cada prado (EXP<sub>H</sub>; Jost, 2006), fueron medidas adecuadas de la diversidad florística.

### Selección de variables independientes

Seguimos a Hansson (2000), Dale y Beyeler (2001) y Carignan y Villard (2002), y seleccionamos cinco especies de plantas de fácil identificación y medida, muy frecuentes en el área de estudio, y con elevados valores de cobertura, como posibles atajos biológicos de la biodiversidad. *Plantago lanceolata*, *Ranunculus acris* y *Trifolium repens* estuvieron presentes en el 100% de los prados, mientras que *Agrostis capillaris* se localizó en el 95%, y *Lolium perenne* en el 90%. Sus coberturas promedio estuvieron entre el 12,2% (*R. acris*) y 46,5% (*A. capillaris*) (González Oreja *et al.*, 2010). Por otro lado, consideramos los valores de pH, MO, N y P como posibles atajos ambientales.

### Construcción de modelos

Realizamos una batería de análisis de regresión lineal simple y/o múltiple de Sobs, J1 y EXP<sub>H</sub> a dos conjuntos de variables independientes: (i) la cobertura promedio en cada prado

Tabla 1. Resumen de los análisis de regresión realizados y los modelos construidos a partir de la cobertura de las plantas propuestas como especies indicadores (arriba) y de las variables ambientales (abajo)

Especies		Modelo								
		Mejor AICc			Completo		Promedio			
		R <sup>2</sup>	AICc	Sp.	R <sup>2</sup>	AICc	R	R <sup>2</sup>	AICc	
Riqueza observada	<b>Sobs</b>	68.3	118.77	b,c,e	73.6	124.22	0.85	72.2	125.23	
Riqueza estimada	<b>J1</b>	37.0	148.02	c	53.2	157.88	0.69	47.8	160.08	
Diversidad	<b>expH</b>	89.9	83.50	a,c,d,e	91.2	85.45	0.95	90.7	86.57	

Variables ambientales		Modelo								
		Mejor AICc			Completo		Promedio			
		R <sup>2</sup>	AICc	Vars.	R <sup>2</sup>	AICc	R	R <sup>2</sup>	AICc	
Riqueza observada	<b>Sobs</b>	38.7	128.37	3,4	39.1	136.04	0.60	36.4	136.90	
Riqueza estimada	<b>J1</b>	13.3	154.39	3	19.7	163.83	0.42	17.5	164.37	
Diversidad	<b>expH</b>	29.0	111.47	3	39.2	119.33	0.60	35.6	120.48	

En cada caso, se muestra el coeficiente de determinación (R<sup>2</sup>), y el criterio de Akaike corregido para muestras pequeñas (AICc), del mejor modelo AIC obtenido (aquel con el menor valor AICc, izquierda), del modelo completo (con todas las variables, centro), y del modelo promedio (derecha). Además, se señalan las especies (Sp.) o las variables ambientales (Vars.) que forman cada mejor modelo.

Especies: a, *Trifolium repens*; b, *Ranunculus acris*; c, *Plantago lanceolata*; d, *Agrostis capillaris*, y e, *Lolium perenne*. Variables ambientales: 1, materia orgánica; 2, nitrógeno; 3, fósforo, y 4, pH.

de las 5 especies de plantas, y (ii) los valores promedio en cada prado de las 4 variables ambientales. Para seleccionar los mejores modelos con cada conjunto de variables independientes, utilizamos herramientas basadas en la teoría de la información que tienen en cuenta la verosimilitud de cada modelo, el principio de parsimonia y el criterio de información de Akaike corregido para muestras pequeñas (AICc; Burnham y Anderson, 2002). Además, para los mismos conjuntos de variables independientes realizamos cálculos de inferencia multimodelo que incorporan la incertidumbre asociada a la selección del mejor modelo. Finalmente, para cada modelo, así como del modelo global ponderado, estimamos la bondad del ajuste a los datos mediante el coeficiente de determinación (R<sup>2</sup>). Realizamos todos los cálculos usando el programa SAM, *Spatial Analysis in Macroecology* v. 4.0 (Rangel *et al.*, 2010).

## RESULTADOS

Las variables edáficas fueron siempre peores atajos para estimar la diversidad florística de los prados del área de estudio que las coberturas de las plantas propuestas como indicadores (Tabla 1). Por ejemplo, para estimar Sobs, el mejor modelo AIC con variables ambientales (AICc = 128,37), que fue una función de los valores de pH y fósforo del suelo, tuvo escaso poder predictivo (R<sup>2</sup> = 38,7%), mientras que el mejor modelo AIC con especies de plantas (AICc = 118,77), que incorporó a *R. acris* (coeficiente de regresión negativo), *P. lanceolata* (coeficiente de regresión positivo) y *L. perenne* (coeficiente de regresión negativo), mostró una capacidad predictiva mucho mayor (R<sup>2</sup> = 68,3%). Este mismo patrón se repitió para las demás medidas de diversidad florística de los prados (J1 y expH; Tabla 1; Figura 1). La única variable ambiental que fue siempre seleccionada en los mejores modelos AIC para

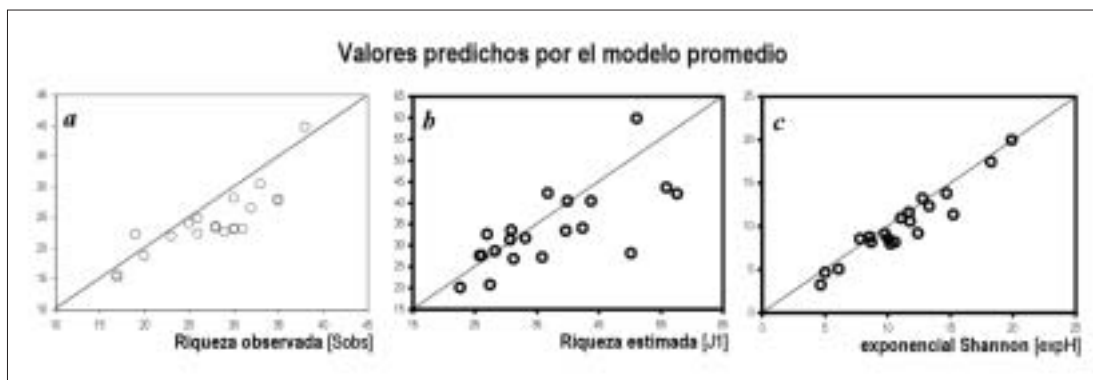


Figura 1. Diagramas de dispersión que muestran los valores observados (eje x) y los predichos por los modelos promedio (eje y) construidos a partir de las coberturas de las cinco especies de plantas propuestas como indicadores de la biodiversidad. (a) Riqueza observada en cada prado (Sobs: número de especies); (b) riqueza estimada en cada prado, según el estimador no paramétrico de tipo jackknife de primer orden (J1), y (c) exponencial del índice de Shannon calculado sobre los valores promedio de la cobertura de todas las especies presentes en cada prado (expH). En cada panel, la línea diagonal muestra la relación ideal (1:1) entre los valores observados y los predichos.

explicar los valores de diversidad florística de los prados fue el contenido en fósforo del suelo, y su coeficiente de regresión fue siempre negativo (a más fósforo, menos diversidad; valores no mostrados). Por su parte, la única especie de planta que fue siempre seleccionada en los mejores modelos AIC para explicar los valores de diversidad florística fue *P. lanceolata*, y su coeficiente de regresión fue siempre positivo (a más cobertura de *P. lanceolata*, mayor diversidad; valores no mostrados). Como es lógico, los modelos completos (con todas las especies, o con todas las variables ambientales), tuvieron siempre una mayor capacidad predictiva que los mejores modelos AIC, pero la evidencia mostrada a su favor por los datos fue generalmente mucho menor (con valores AICc a más de 5 unidades del mejor modelo; *Tabla 1*).

La capacidad predictiva de los modelos promedio construidos con las variables ambientales estuvo entre un mínimo de  $R^2 = 17,5\%$  para el estimador no paramétrico J1, y un máximo de  $R^2 = 36,4\%$  para la riqueza observada. Por su parte, el  $R^2$  de los modelos promedio construidos con las especies de plantas estuvo entre  $47,8\%$  para J1 y  $90,7\%$  para el exponencial del índice de Shannon (*Tabla 1*, *Figura 1*).

## DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Para gestionar racionalmente la biodiversidad es necesario evaluar su estado, valor de conservación y tendencias, utilizando indicadores (Noss, 1999; véase también Dale y Beyeler, 2001; Carignan y Villard, 2002; Duelli y Obrist, 2003). Diversos autores han considerado que las plantas con flores pueden ser excelentes indicadores de la diversidad biológica de otros grupos de organismos (Duelli y Obrist, 1998; Santi *et al.*, 2010). Por ello, el estudio de la diversidad florística de los prados atlánticos puede ser una vía razonable para estudiar los cambios espaciales y temporales en su biodiversidad como un todo.

En este trabajo demostramos que es posible encontrar atajos para evaluar estos cambios. En concreto, los modelos promedio construidos a partir de la cobertura de sólo 5 especies de plantas han permitido obtener capacidades predictivas altas (próximas al 50%; J1) a muy altas (próximas al 90%; expH). Por su parte, los parámetros físico-químicos medidos en el suelo han resultado ser atajos mucho peores.

Por lo tanto, proponemos que, por lo menos en el área de estudio, y presumiblemen-

te también en otras regiones del Norte de España, la diversidad florística de los prados podría estimarse de modo rápido mediante un trabajo de campo enfocado a un conjunto de sólo 5 especies de fácil identificación. Teniendo en cuenta que la riqueza total observada en los prados estudiados fue de 65 especies (González Oreja *et al.*, 2010), la reducción en los recursos de todo tipo que se lograría al evaluar sólo estas especies sería mayor del 90%. Proponemos que estos recursos se destinen a realizar una evaluación más extensiva de los cambios espaciales y temporales de la diversidad florística de los prados, que permita dar cuenta de las consecuencias acarreadas por los cambios en los usos del suelo debidos a las actividades de las sociedades humanas (véase, por ejemplo, Ruiz Urrestarazu y Galdos Urrutia, 2005).

### Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por el Plan Nacional de I+D+i 2004–2007, con cargo al proyecto CGL2005-08046-C03-02/BOS. Agradecemos sinceramente a José Antonio Elorrieta por su compañía y asistencia técnica durante el trabajo de campo.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BURNHAM, K.P.; ANDERSON, D.R., 2002. *Model Selection and Multimodel Inference. A Practical Information-Theoretic Approach*. Second Edition. Springer, 488 pp. New York (USA).
- CARIGNAN, V.; VILLARD, M.-A., 2002. Selecting indicator species to monitor ecological integrity: a review. *Environmental Monitoring and Assessment*, **78**, 45–61.
- COLWELL, R.K.; CODDINGTON, J.A., 1994. Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. *Philosophical Transactions of the Royal Society (Series B)*, **345**, 101–118.
- DALE, V.H.; BEYELER, S.C., 2001. Challenges in the development and use of ecological indicators. *Ecological Indicators*, **1**, 3–10.
- DUELLI, P.; OBRIST, M.K., 1998. In search of the best correlates for local organismal biodiversity in cultivated areas. *Biodiversity and Conservation*, **7**, 297–309.
- DUELLI, P.; OBRIST, M.K., 2003. Biodiversity indicators: the choice of values and measures. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, **98**, 87–98.
- FERRER, C.; BARRANTES, O.; BROCA, A., 2001. La noción de biodiversidad en los ecosistemas pascícolas españoles. *Pastos*, **XXXI**, 129–184.
- GONZÁLEZ OREJA, J.A.; GARBISU, C.; MENDARTE, S.; IBARRA, A.; ALBIZU, I., 2010. Assessing the performance of nonparametric estimators of species richness in meadows. *Biodiversity and Conservation*, **19**, 1417–1436.
- GONZÁLEZ OREJA, J.A.; ARTIEDA, O.; ONAINDIA, M.; MENDARTE, S.; GARBISU, C.; ALBIZU, I., 2009. Relaciones entre los parámetros físico-químicos del suelo y la vegetación en prados de la Reserva de la Biosfera de Urdaibai (Bizkaia). En: *La multifuncionalidad de los pastos: producción ganadera sostenible y gestión de los ecosistemas*, REINÉ, R., BARRANTES, O., BROCA, A., FERRER, C. (Eds.). Sociedad Española para el estudio de los pastos, Huesca, 53–59.
- HANSSON, L., 2000. *Indicators of biodiversity: recent approaches and some general suggestions*. BEAR Technical Report No. 1, 7 pp. Stockholm (Suecia).
- JOST, L., 2006. Entropy and diversity. *Oikos*, **113**, 363–375.
- MAGURRAN, A.E., 2004. *Measuring biological diversity*. Blackwell, 256 pp. Malden (USA).
- MORENO, C.; SÁNCHEZ ROJAS, G.; PINEDA, E.; ESCOBAR, F., 2007. Shortcuts for biodiversity evaluation: a review of terminology and recommendations for the use of target groups, bioindicators and surrogates. *International Journal of Environment and Health*, **1**, 71–86.

- NOSS, R.F., 1999. Assessing and monitoring forest biodiversity: a suggested framework and indicators. *Forest Ecology and Management*, **115**, 135-146.
- RANGEL, T.F.; DINIZ-FILHO, J.A.F.; BINI, L.M., 2010. SAM: a comprehensive application for Spatial Analysis in Macroecology. *Ecography*, **733**, 1-5.
- RUIZ URRESTARAZU, E.; GALDOS URRUTIA, R., 2005. Reflexiones sobre la desestructuración del caserío vasco. *Investigaciones Geográficas*, **38**, 79-91.
- SANTI, E.; MACCHERINI, S.; ROCCHINI, D.; BONINI, I.; BRUNIALTI, G.; FAVILLI, L.; PERINI, C.; PEZZO, F.; PIAZZINI, S.; ROTA, E.; SALERNI, E.; CHIARUCCI, A., 2010. Simple to sample: vascular plants as surrogate group in a nature reserve. *Journal for Nature Conservation*, **18**, 2-11.
- SARKAR, S., 2002. Defining "biodiversity": assessing biodiversity. *Monist*, **85**, 131-155.

## SHORTCUTS FOR MEASURING BIOLOGICAL DIVERSITY. INDICATOR SPECIES VS. SOIL PARAMETERS IN MEADOWS FROM THE URDAIBAI BIOSPHERE RESERVE AS A CASE STUDY

### SUMMARY

It is difficult to summarize the concept of biodiversity in a simple number, but the observed or estimated number of species, and the Shannon index (or some transformation), have been used with this purpose. However, to accurately and precisely determine these parameters, a high taxonomic knowledge of the group of organisms to study and large resource quantities (effort, time and money) are needed. Are there alternative, faster and cheaper methods (i.e., "shortcuts"), to estimate biological diversity? In this paper we assess the application of indicator species (*Plantago lanceolata*, *Ranunculus acris*, *Trifolium repens*, *Agrostis capillaris* and *Lolium perenne*), and soil physico-chemical parameters (pH, organic matter, nitrogen and phosphorus), to build empirical models in order to estimate floristic diversity in plant assemblages inhabiting Atlantic meadows in the Urdaibai Biosphere Reserve (Basque Country). To this end, we use modern variable-selection and multimodel inference methods. Results evidence that with only the abovementioned 5 plant species, good and very good ( $R^2 = 47.8-90.7\%$ ) averaged models of the floristic diversity of each meadow can be obtained. Results are discussed taking into account the predictive power of the models and their plausible application to monitor spatial or temporal changes in biodiversity.

**Key words:** Akaike; biodiversity; bioindicators; models; monitoring.

# ESTUDIO DE ESPECIES PASCÍCOLAS DE LANZAROTE EN SU HÁBITAT. I CARACTERÍSTICAS EDAFO-CLIMÁTICAS

E. CHINEA, C. BATISTA, R. MESA, J.A. GUERRA y A. RODRÍGUEZ-RODRÍGUEZ \*

## RESUMEN

Se describen las propiedades físico-químicas de los suelos, la climatología, las especies acompañantes y la fenología de cinco especies autóctonas con interés forrajero de Lanzarote (*Atriplex halimus*, *Bituminaria bituminosa* var. *albomarginata*, *Coronilla viminalis*, *Echium decaisnei* y *Lotus lancerottensis*). Se estudiaron 16 poblaciones naturales entre los años 2008 y 2009. Se observó que todas las especies estudiadas prosperan en suelos alcalinos con bajo contenido en materia orgánica y salinidad, salvo *L. lancerottensis* que se desarrolla en suelos salinos.

**Palabras clave:** *Atriplex halimus*, *Echium decaisnei*, leguminosas.

## INTRODUCCIÓN

La Isla de Lanzarote es una de las más próximas al continente africano. La aridez y los periodos de sequía provocan la existencia de un activo proceso de desertificación, que afecta a un 31 % de la superficie de la Isla (259 km<sup>2</sup>). La aplicación de técnicas dirigidas a la implantación de arbustos de crecimiento rápido de aptitud forrajera, con rebrote vigoroso y compatibles con el aprovechamiento para ganado doméstico es una de las acciones más viables para la recuperación del territorio degradado (Cañellas *et al.*, 2004). En este estudio se determinaron las condiciones edáfico-climáticas en las que habitan cinco especies autóctonas de Lanzarote para conocer su autoecología y limitaciones a su desarrollo.

## MATERIAL Y MÉTODOS

**Climatología.** Durante el periodo de observación (junio de 2008-febrero de 2009), se registró una temperatura media de 21°C con precipitaciones de 112 mm. La evapotranspiración potencial superó a la pluviometría, por lo que la evapotranspiración real mensual resultó igual a la precipitación mensual (*Figura 1*).

**Poblaciones naturales muestreadas.** Se estudiaron cinco especies (*Tabla 1*) en 16 poblaciones naturales en total. El muestreo de los suelos se realizó en febrero de 2009 y la observación de las especies acompañantes y de la fenología de las cinco especies en las estaciones: Primavera/2008, Verano/2008 e Invierno/2009.

---

\* Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agraria, Departamento de Edafología y Geología Universidad de La Laguna, Tenerife. [echinea@ull.es](mailto:echinea@ull.es)

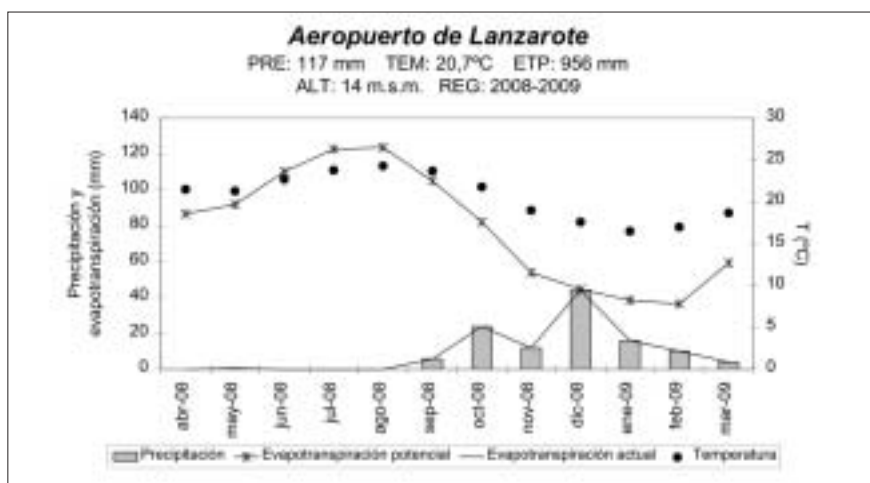


Figura 1. Características climáticas del periodo estudiado.

Tabla 1. Especies estudiadas y nomenclatura según Acebes Ginovés et al., 2010

Familia	Especie	Nombre común
Chenopodiaceae	<i>Atriplex halimus</i> L.	Salado blanco
Leguminosae	<i>Bituminaria bituminosa</i> var. <i>albomarginata</i> (L.) Stirton.	Tedera
	<i>Coronilla viminalis</i> Salisb.	Mata moruna
	<i>Lotus lancerottensis</i> Weeb y Berthel.	Corazoncillo
Boraginaceae	<i>Echium decaisnei</i> ssp. <i>purpurinense</i> Bramwell.	Tajinaste blanco

*Atriplex halimus*. Se muestrearon tres poblaciones. Pie de Famara (UTM X:643.054; Y:3.223.061) a 250 msnm. Punta Mujeres, UTM X:651.442; Y:3.225.411 a 5 msnm. Caletón Blanco, UTM X:652.209; Y:3.232.084 a 5 msnm. Ejemplares con crecimiento vegetativo en Primavera/2008 e Invierno/2009, y con fructificación y floración en Verano/2008. Especies compañantes: *Aizoon canariense*, *Asteriscus intermedius*, *Cenchrus ciliaris*, *Chenoleoides tomentosa*, *Cistanche phelipaea*, *Echium pitardii*, *Erucastrum canariense*, *Euphorbia balsamifera*, *Euphorbia paralias*, *Euphorbia regis-jubae*, *Fagonia cretica*, *Frankenia* sp., *Ilfoga spicata*, *Kleinia neriifolia*, *Lobularia marginata*, *Mercurialis annua*, *Ononis tournefortii*, *Polygonum maritimum*, *Senecio incrassatus*, *Senecio leucanthemifolius* var. *falcifolium*, *Sonchus bourgeau*, *Suaeda vera*, *Traganum moquinii*, *Urospermum picroides* y *Zygophyllum fontanesii*.

*Bituminaria bituminosa* var. *albomarginata*. Se muestrearon cuatro poblaciones. Pie de Famara, UTM X:642.986; Y:3.223.057 a 100 msnm. Cortijo Señor Eusebio, UTM X:644.700; Y:3.221.399 a 559 msnm. Galería Chafari, UTM X:645.202; Y:3.222.566 a 265 msnm. Barranco de Tenegüime, UTM X: 646.439; Y:3.218.690 a 111 msnm. Ejemplares con floración y fructificación en Primavera/2008, crecimiento vegetativo en Verano/2008 y crecimiento vegetativo con floración en Invierno/2009. Especies acompañantes: *Aeonium lacerotense*, *Anagallis arvensis*, *Argyranthemum maderense*, *Asparagus stipularis*, *Asphodelus tenuifolius*, *Asteriscus intermedius*, *Avena fatua*, *Avena* sp., *Campylanthus salsoloides*, *Carrichtera annua*, *Ceballosia fruticosa*, *Cenchrus ciliaris*, *Convolvulus lope-socasi*, *Dipcadi serotinum*, *Echium pitardii*, *Erucastrum canariense*, *Euphorbia regis-jubae*, *Ferula lancerottense*, *Foeniculum vulgare*, *Forsskaolea angustifolia*, *Hyparrhenia hirta*, *Kleinia neriifolia*, *Lamarckia aurea*, *Launaea arborescens*, *Lavandula pinnata*, *Lobularia marginata*, *Mathiola* sp., *Medicago polymorpha*, *Mercurialis annua*, *Ononis laxiflora*, *Opuntia maxima*, *Pelargonium zonale*,



*Periploca laevigata*, *Scilla latifolia*, *Sonchus oleraceus*, *Stipa capensis*, *Urospermum picroides* y *Vicia lutea*.

*Coronilla viminalis*. Se muestrearon tres poblaciones. Pie de Famara, UTM X:643.024; Y:3.223.052 a 131 msnm. Castillo de Guanapay, UTM X:641.670; Y:3.215.944 a 99 msnm. Los Valles, UTM X:643.535; Y:3.217.715 a 327 msnm. Individuos con floración y fructificación en Primavera/2008, parada vegetativa en Verano/2008 y crecimiento vegetativo con floración en Invierno/2009. Especies acompañantes: *Aeonium lancerottense*, *Asphodelus tenuifolius*, *Asteriscus intermedius*, *Avena fatua*, *Chrysanthemum coronarium*, *Euphorbia regis-jubae*, *Fagonia cretica*, *Helianthemum canariense*, *Kleinia neriifolia*, *Lamarckia aurea*, *Launaea arborescens*, *Lavandula canariensis*, *L. pinnata*, *Lobularia marginata*, *Lotus lancerottensis*, *Nicotiana glauca*, *Papaver somniferum*, *Phoenix canariensis*, *Piptatherum caeruleum*, *Polycarpaea nivea*, *Reichardia tingitana*, *Salvia canariensis*, *Solanum nigrum* y *Sonchus bourgeauii*.

*Echium decaisnei*. Se muestrearon tres poblaciones. Pie de Famara, UTM X:643.034; Y:3.223.033 a 115 msnm. Femés, UTM X:619.268; Y:3.199.156 a 320 msnm. Mácher, UTM X:627.357; Y:3.202.801 a 213 msnm. Ejemplares con crecimiento vegetativo en Primavera/2008 y Verano/2008, y con floración y fructificación en Invierno/2009. Especies acompañantes: *Aizoon canariense*, *Allium subhirsutum*, *Anacyclus radiatus*, *Asteriscus intermedius*, *Astragalus* sp., *Bromus* sp., *Calendula arvensis*, *Carrichtera annua*, *Cenchrus ciliaris*, *Chrysanthemum coronarium*, *Erodium* sp., *Euphorbia regis-jubae*, *E. segetalis*, *Fagonia cretica*, *Forsskaolea angustifolia*, *Fumaria capreolata*, *Helianthemum canariense*, *Heliotropium ramossissimum*, *Kleinia neriifolia*, *Launaea arborescens*, *L. nudicalis*, *Lotus lancerottensis*, *Malva parviflora*, *Mathiola* sp., *Medicago polymorpha*, *Nicotiana glauca*, *Patellifolia patellaris*, *Polycarpaea nivea*, *Reichardia tingitana*, *Senecio vulgaris*, *Sinapis arvensis*, *Sonchus oleraceus*, *Stipa capensis* y *Volutaria tubuliflora*.

*Lotus lancerottensis*. Se muestrearon tres poblaciones. Galería Chafarí, UTM X:645.102; Y:3.222.545 a 376 msnm. Charco del Palo, UTM X:650.707; Y:3.218.094 a 13 msnm. Uga, UTM X:624.024; Y:3.203.084 a 230 msnm. Individuos con crecimiento vegetativo y floración en los tres muestreos. Especies acompañantes: *Acacia cyclops*, *Aeonium lancerottense*, *Agave sisalana*, *Anagallis arvensis*, *Andryala glandulosa*, *Apium nodiflorum*, *Argyranthemum maderense*, *Asteriscus intermedius*, *Atriplex glauca*, *Calendula arvensis*, *Carrichtera annua*, *Chenoleoides tomentosa*, *Cyperus capitatus*, *C. kalli*, *Echium pitardii*, *Erucastrum canariense*, *Frankenia* sp., *Gomphocarpus fruticosus*, *Helianthemum canariense*, *Kickxia sagittata*, *Kleinia neriifolia*, *Lamarckia aurea*, *Launaea arborescens*, *Lobularia marginata*, *Lolium* sp., *Mathiola fruticulosa*, *Medicago polymorpha*, *Misopates* sp., *Plantago aschersonii*, *Polycarpaea nivea*, *Reichardia tingitana*, *Rumex lunaria*, *Salsola vermiculada*, *Senecio crassifolius*, *Silene vulgaris*, *Sonchus bourgeauii*, *S. oleraceus* y *Spergularia fimbriata*.

**Análisis de suelos.** Las muestras se tomaron a 0-25 cm de profundidad, se secaron a temperatura ambiente y se tamizaron a 2 mm. La textura se determinó con un hidrómetro de Bouyoucos. El pH fue medido en pasta saturada y la CE en el extracto saturado. Para la determinación de la MO se utilizó el método de Walkley-Black (1934). El P asimilable se determinó según método adaptado de Watanabe y Olsen (1965). Los cationes asimilables (Na, K, Ca y Mg) se extrajeron con una solución de acetato amónico 1N (pH=7). La CIC se analizó por la sustitución de los cationes de cambio. Los cationes Na y K se determinaron por espectrofotometría de emisión, Ca y Mg con un espectrofotómetro de absorción atómica. Los microelementos fueron determinados por la metodología indicada por Sillanpää (1982). Los tipos de suelos estudiados se detallan en la *Tabla 2*.

**Análisis estadístico.** Se llevó a cabo un Análisis de Componentes Principales (PCA) utilizando el programa *Canoco for Windows Version 4.5* (Ter Braak y Smilauer, 2002).

Tabla 2. Localidades estudiadas y tipos de suelo según WRB, 2006

Localidad	Tipo de suelos (WRB, 2006)
Barranco de Teneguíme	De aporte coluvial (Leptosoles hiperesqueléticos)
Caletón Blanco	"Jable" (Arenosoles calcáricos)
Castillo de Guanapay	Marrones y encalichados (Calcisoles pétricos)
Charco del Palo	"Jable" de arena transportada de Famara (Arenosoles calcáricos)
Cortijo Señor Eusebio	Vérticos de color parduzco (Cambisoles vérticos)
Femés	Feresialíticos (Luvisoles cálcicos)
Mácher	Feresialíticos (Luvisoles cálcicos)
Galería Chafari	De aporte coluvial (Leptosoles hiperesqueléticos)
Los Valles	Feresialíticos (Luvisoles cálcicos)
Punta Mujeres	"Jable" (Arenosoles calcáricos)
Pie de Famara	De aporte coluvial (Leptosoles hiperesqueléticos)
Uga	Marrones y encalichados (Calcisoles pétricos)

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los suelos de las especies *Atriplex halimus*, *Bituminaria bituminosa* var. *albomarginata* y *Lotus lancerottensis* presentan textura franco-arcillo-arenosa, mientras que los de las especies *Coronilla viminalis* y *Echium decaisnei* presentaron textura arcillosa y franco arcillosa respectivamente. El máximo porcentaje de arena lo presenta *A. halimus* ( $62,0 \pm 8,3\%$ ), con un valor similar al citado por China *et al.* (2009). El pH es de carácter alcalino, oscilando entre 8,2 y 8,5, circunstancia similar a la citada para *A. halimus* en Famara por Méndez *et al.* (2006). Exceptuando los suelos de *L. lancerottensis* ( $1,90 \pm 0,88$  dS/m), se presenta una baja salinidad, a diferencia de las citas existentes para *A. halimus* en Lanzarote (Méndez *et al.*, 2006 y China *et al.*, 2009). La población de *L. lancerottensis* ubicada en Costa de Mala presenta 3,6 dS/m, hecho que puede deberse a su cercanía al mar. El valor más alto de MO corresponde al valor medio de las poblaciones de *L. lancerotensis* ( $1,47 \pm 1,12\%$ ), mientras que para el resto de especies los suelos presentan contenidos muy pobres.

El mayor contenido en P asimilable lo presentan las poblaciones de *E. decaisnei* ( $20,7 \pm 6,6$  ppm) y el menor las poblaciones de *C. viminalis* ( $14,7 \pm 4,8$  ppm) (Tabla 3), estando muy por debajo del rango citado para suelos de Canarias (Hernández-Abreu *et al.*, 1980).

Las poblaciones de *L. lancerottensis* presentan el valor medio más alto de Na, ( $6,63 \pm 4,49$  meq/100 g) (Tabla 2). En el otro extremo se encuentran las poblaciones de *E. decaisnei* ( $0,42 \pm 1,10$  meq/100g). El K alcanza un valor medio máximo para los suelos de *L. lancerottensis* ( $4,97 \pm 2,29$  meq/100g) y un valor mínimo para los de *A. halimus* ( $1,77 \pm 1,24$  meq/100g). El máximo valor de Ca corresponde a los suelos de *B. bituminosa* ( $22,6 \pm 2,3$  meq/100g) y el mínimo a *E. decaisnei* ( $16,5 \pm 1,9$  meq/100g). Los niveles más altos de Mg se dan en los suelos de *C. viminalis* ( $7,57 \pm 0,76$  meq/100g), siendo *A. halimus* la que presentó una media menor ( $3,27 \pm 1,55$  meq/100g). Los cationes cambiables presentaron niveles óptimos bajo las cinco especies (Hernández-Abreu *et al.*, 1980). Las poblaciones de *L. lancerottensis* presentan el valor medio más elevado de CIC, ( $39,1 \pm 12,3$  meq/100g de suelo), mientras que las de *A. halimus* presentaron el más bajo ( $23,7 \pm 5,0$  meq/100g). En el último caso, la menor CIC se da en las poblaciones de Punta Mujeres y Caletón Blanco, que habitan sobre Arenosoles calcáricos. En estos suelos, debido a la reducida proporción de partículas finas (arcillas y limos) y a la pobreza en MO se dificulta la formación de un verdadero complejo de cambio iónico. Los niveles medios de los microelementos son adecuados (Tabla 3), si bien existen deficiencias de Fe en los suelos de *A. ha-*

Tabla 3. Análisis de la fertilidad físico-química de los suelos (media±error típico)

	<i>A.halimus</i> (n=3)	<i>B.b.var.</i> <i>albomarginata</i> (n=4)	<i>C.viminalis</i> (n=3)	<i>E.decaisnei</i> (n=3)	<i>L.lancerottensis</i> (n=3)
Arcilla (%)	24,0±6,4	33,3±4,4	41,0±5,9	33,7±5,8	30,3±4,1
Limo (%)	14,0±2,0	17,5±2,3	18,3±2,2	24,0±6,7	12,3±4,7
Arena (%)	62,0±8,3	49,3±6,5	42,0±9,0	42,3±8,3	57,3±8,5
pH	8,5±0,1	8,2±0,1	8,2±0,1	8,4±0,0	8,3±0,1
CE (dS m <sup>-1</sup> )	0,65±0,09	0,47±0,08	0,48±0,08	0,95±0,35	1,90±0,88
Materia Orgánica (%)	0,40±0,15	0,78±0,24	0,53±0,09	0,27±0,09	1,47±1,12
P Olsen (ppm)	19,7±3,8	18,0±3,8	14,7±4,8	20,7±6,6	20,0±6,9
Cationes cambiables					
Na (meq/100g)	1,80±1,00	2,03±0,71	2,23±0,75	0,42±1,10	6,63±4,49
K (meq/100g)	1,77±1,24	2,98±0,52	3,70±0,31	4,17±0,81	4,97±2,29
Ca (meq/100g)	16,8±1,4	22,6±2,3	20,8±0,9	16,5±1,9	20,4±3,1
Mg (meq/100g)	3,27±1,55	6,73±0,26	7,57±0,76	6,67±0,35	7,13±3,23
CIC (meq/100g)	23,7±5,0	34,4±2,1	34,3±0,8	31,5±1,5	39,1±12,3
Microelementos asimilables					
Fe (mg L <sup>-1</sup> )	3,37±1,04	6,25±0,82	6,00±0,90	5,80±0,35	4,83±2,03
Cu (mg L <sup>-1</sup> )	0,33±0,15	1,01±0,47	1,30±0,55	1,10±0,57	0,63±0,38
Mn (mg L <sup>-1</sup> )	1,57±1,07	4,58±0,56	5,87±1,05	6,40±2,05	3,20±1,18
Zn (mg L <sup>-1</sup> )	1,00±0,56	0,68±0,18	0,73±0,19	0,70±0,00	0,47±0,09

*limus* y de Zn en los de las otras cuatro especies (Sillanpää, 1982).

Las propiedades del suelo no alcanzan a diferir significativamente entre especies (test de Kruskal-Wallis), debido fundamentalmente al limitado número de muestras. No obstante, sus patrones de variación sí son evidentes en el correspondiente PCA. Los dos primeros ejes del PCA (Figura 2) representan un 57,9% de la variación total observada en las propiedades de los suelos. El primer eje separa en su tramo positivo localidades con suelos arenosos, de una cierta alcalinidad, donde prospera *A. halimus*; mientras que en el semieje negativo se localizan los suelos más ricos en arcilla, limo y materia orgánica y por ello dotados de una mayor capacidad de retención de agua, condiciones más favorables que aprovechan *C. viminalis* y, en menor medida, *E. decaisnei*. El segundo eje del PCA segrega aquellos suelos de mayor sodicidad y ricos en bases asimilables, donde son típicos *B. bituminosa* var. *albomarginata* y *L. lancerottensis*, de aquellos con menor pH y más ricos en micronutrientes.

## CONCLUSIONES

Los ejemplares de *A. halimus* se desarrollan en suelos con alto contenido en arenas, con elevada CE y un pH alto. Las especies *C. viminalis* y *E. decaisnei* habitan en suelos con mayor índice de materia orgánica, y con un mayor contenido en partículas finas. Los suelos en los que se muestrearon los individuos de *L. lancerottensis* y *B. bituminosa* var. *albomarginata* presentan una alta sodicidad y son ricos en cationes cambiables.

## Agradecimientos

Este trabajo ha sido subvencionado por la Fundación Biodiversidad (MARM) y el Excmo. Cabildo Insular de Lanzarote. Los autores agradecen la colaboración prestada por Ana Carrasco Martín, María del Mar Duarte Martín y Alejandro Perdomo Placeres por su constante asesoramiento.

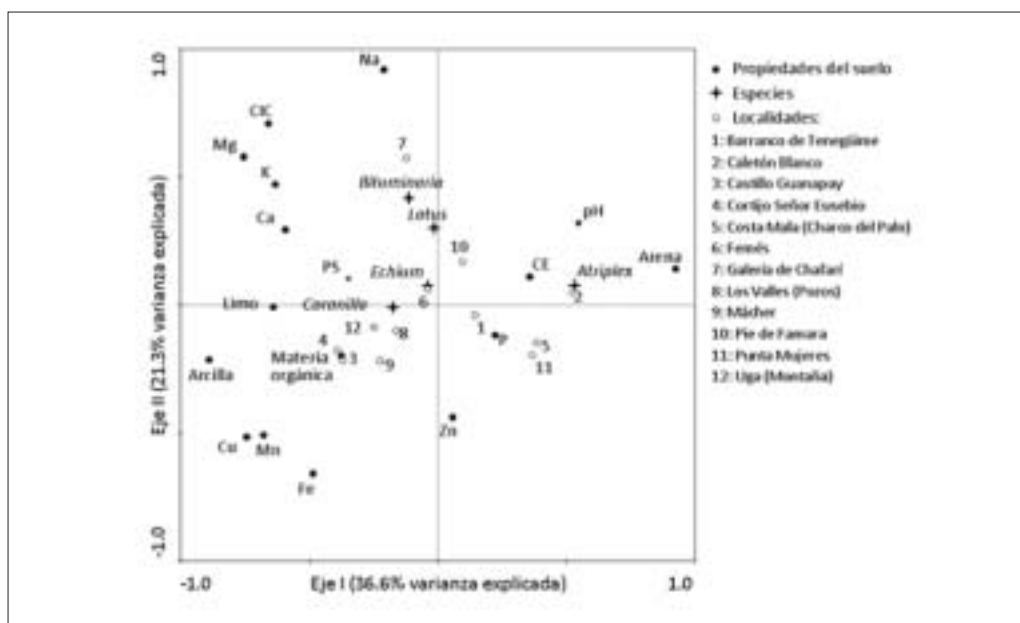


Figura 2. Análisis de Componentes Principales (PCA) de los suelos

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACEBES GINOVÉS, J.R. *et al.*, 2010. Pteridophyta, Spermatophyta. En: *Lista de especies silvestres de Canarias. Hongos, plantas y animales terrestres. 2009*, M. ARACHAULETA *et al.* (Cos.). Gobierno de Canarias (España), 119-172.
- CAÑELLAS, I.; ROIG, S.; BACHILLER, A.; MONTOTO, J.L., 2004. Repoblación con especies del género *Atriplex* en terrenos agrícolas abandonados de clima mediterráneo. En: *Pastos y ganadería Extensiva*, B. GARCÍA CRIADO *et al.* (Eds.). CSIC. Salamanca (España), 659-663.
- CHINEA, E.; MESA, R.; MORA, J.L.; RODRÍGUEZ, H.A., 2009. Especies forrajeras autóctonas de la Isla de Lanzarote. En: *La multifuncionalidad de los pastos: producción ganadera sostenible y gestión de los ecosistemas*, R. REINÉ *et al.* (Eds.). Huesca (España), 359-365.
- HERNÁNDEZ-ABREU, J. M.; MASCAREL, J.; DUARTE, S.; PÉREZ-REGALADO, A.; SANTANA, J. L.; SOCORRO, A. R., 1980. *Seminario sobre interpretación de análisis químicos de suelos, aguas y plantas*. CRIDA de Canarias, 143 pp. (España).
- MÉNDEZ, P.; SANTOS, A.; CORREAL, E.; RÍOS, S., 2006. Agronomic traits as forage crops of nineteen population of *Bituminaria bituminosa*. En: *Sustainable Grassland Productivity*, J. LLLOVERAS *et al.* (Eds.). Badajoz (España), 300-302.
- SILLANPÄÄ, M., 1982. *Micronutrients and the nutrient status of soils: a global study*. FAO Soils Bulletin 48. 444 pp. Roma (Italia).
- TER BRAAK, C.F.J.; SMILAUER, P., 2002. *Canoco reference manual and CanoDraw for Windows user's guide to Canoco for Windows. Software for Canonical Community Ordination (versión 4.5)*. Centre for Biometry. 500 pp. Wageningen (Holanda).
- WALKLEY, A.; BLACK, A., 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science Society of America Journal*, **37**, 29-38.
- WATANABE, F. S.; OLSEN, S. R., 1965. Test of an ascorbic acid method for determining P in water and NaHCO<sub>3</sub> extract from soil. *Soil Science Society of America Journal*, **29**, 667-668.
- WRB., 2006. *World Reference Base for Soil Resources*. FAO-ISRIC-ISSS, 88 pp. Roma (Italia).

## STUDY OF SPECIES FROM LANZAROTE IN THEIR HABITAT. I EDAPHO-CLIMATIC CHARACTERISTICS

### SUMMARY

In this work physic-chemical characteristics of soils, climatology, associated species and phenology of five species with forage interest from Lanzarote island are presented (*Atriplex halimus*, *Bituminaria bituminosa* var. *albomarginata*, *Coronilla viminalis*, *Echium decaisnei* and *Lotus lancerottensis*). During years 2008 and 2009, 16 wild populations were observed. The studied species prosper in alkaline soils with low organic matter and salinity contents. Only *Lotus lancerottensis* grows in saline soils.

**Key words:** *Atriplex halimus*, *Echium decaisnei*, leguminous plants



## ESTUDIO DE ESPECIES PASCÍCOLAS DE LANZAROTE EN SU HÁBITAT. II COMPOSICIÓN MINERAL

E. CHINEA<sup>1</sup>, C. BATISTA<sup>1</sup>, J.L. MORA<sup>2</sup> y A. GARCÍA-CIUDAD<sup>3</sup>

### RESUMEN

Se estudiaron los nutrientes minerales (cenizas, P, K, Ca, Mg, S, Na, Fe, Mn, Cu, Zn, Pb, Cd, Sr, Al, B, Co, Mo y Cr) de cinco especies con interés forrajero autóctonas de Lanzarote (*Atriplex halimus*, *Bituminaria bituminosa* var. *albomarginata*, *Coronilla viminalis*, *Echium decaisnei* y *Lotus lancerottensis*). Se estudiaron 16 poblaciones naturales entre los años 2008 y 2009. Las especies *A. halimus* y *E. decaisnei* presentan valores altos de cenizas. Los niveles de S, Na, Pb y Cd en *A. halimus* y los de K, Sr y B en *E. decaisnei* son muy elevados. De forma general, el contenido de nutrientes es óptimo para la alimentación de rumiantes.

**Palabras clave:** *Atriplex halimus*, *Echium decaisnei*, leguminosas, valor nutritivo.

### INTRODUCCIÓN

Los minerales constituyen aproximadamente el 10% de la materia seca de los forrajes (Fleming, 1973). Pero los minerales que son fundamentales para los vegetales difieren notablemente de aquellos esenciales para los animales (Van Soest, 1985). Los niveles de minerales de las plantas son muy variables; dependen de la unidad taxonómica, estado fenológico, propiedades del suelo, factores climáticos, y de la estación (Underwood, 1981). La composición de las plantas varía según especies, e incluso lo hace entre razas geográficas o ecotipos de especies. El estudio de la composición química del forraje disponible a lo largo de los años en las poblaciones silvestres, es el primer paso a realizar en todo trabajo de evaluación y caracterización nutritiva de este tipo de pasto y proporciona la primera aproximación para conocer su valor pastoral.

En un primer trabajo (China et al., 2011), evaluaron los suelos, climatología y fenología de *Atriplex halimus*, *Echium decaisnei* y tres leguminosas (*Bituminaria bituminosa* var. *albomarginata*, *Coronilla viminalis* y *Lotus lancerottensis*). El objetivo de este segundo trabajo fue evaluar la composición mineral (cenizas, P, K, Ca, Mg, S, Na, Fe, Mn, Cu, Zn, Pb, Cd, Sr, Al, B, Co, Mo y Cr) de las especies pascícolas durante tres estaciones de dos años consecutivos (Primavera/2008, Verano/2008 e Invierno/2009).

---

<sup>1</sup> Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agraria, Departamento de Edafología y Geología Universidad de La Laguna, Tenerife. [echinea@ull.es](mailto:echinea@ull.es)

<sup>2</sup> Departamento de Agricultura y Economía Agraria (Universidad de Zaragoza).

<sup>3</sup> Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Salamanca (IRNASA, CSIC).

## MATERIAL Y MÉTODOS

**Material vegetal.** Las 16 poblaciones naturales fueron localizadas en toda la isla entre los 5 y los 559 msnm, con unas precipitaciones de 117 mm y una temperatura media de 21°C (Chinea *et al.*, 2011). Las tomas de muestras se realizaron entre el 8 y el 10 de junio (Primavera/2008), desde el 18 al 20 de septiembre (Verano/2008) y entre el 9 y el 14 de febrero (Invierno/2009).

El muestreo se llevó a cabo mediante el corte de unos 200 g de material fresco y ramoneable de entre tres a cinco ejemplares. Se considera fracción ramoneable aquella que está formada por hojas, brotes verdes, flores, y tallos sin lignificar con un diámetro que no supere los 5 mm.

**Procedimiento analítico.** Se procedió al secado, con una estufa de aire forzado (Selecta mod. 140 B) a 60°C durante 24 horas, y molienda, mediante un molinillo de martillo (Culatti mod. DFH 48). La ceniza se determinó mediante un procedimiento de incineración a una temperatura de 550°C en un horno mufla (Carbolite Furnaces CSF 1.110) durante 5 h aproximadamente (Duque Macías, 1971). Posteriormente se determinaron los niveles de los diferentes macroelementos (P, K, Ca, Mg, S, Na) y microelementos (Fe, Mn, Cu, Zn, Pb, Cd, Sr, Al, B, Co, Mo y Cr) con un espectrofotómetro (VARIAN ICP OES Mod. 720).

**Análisis estadístico.** Se llevó a cabo un análisis estadístico ANOVA (LSD,  $p \leq 0,05$ ), fijando como variable dependiente el nivel o concentración a analizar, como factor intra-sujetos la "estación" en la que se llevó a cabo cada muestreo, y como factor inter-sujetos la "especie". Para ello se utilizó el programa SSPS 17 (SPSS, 2008) mediante un modelo lineal general de medidas repetidas.

Anteriormente a esta operación, y con el objetivo de poder llevarla a cabo, se realizó una prueba de homocedasticidad (homogeneidad de varianza) y normalidad, tanto del factor "especie" como del factor "estación", usando también el programa SSPS 17. En este caso se fijó como variable independiente el nivel a analizar y los factores "estación" y "especie". Con el objetivo de que la variable a analizar cumpliera las pruebas de homocedasticidad y normalidad, en alguna de ellas se llevó a cabo una transformación de variable.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La especie *Atriplex halimus* presentó los niveles más altos de cenizas (*Tabla 1*), similares a los citados por Chinea *et al.* (2009), así como los mayores contenidos en Mg, S, Na, Pb, Cd y Mo, y los más bajos de Sr. Los contenidos de P, K, Ca y Mg son superiores a los citados por Álvarez *et al.* (2005). En esta especie se determinó uno de los niveles más altos de Fe de las cinco especies, pese a que los suelos en los que habita presentan deficiencia en este microelemento (Chinea *et al.*, 2011).

La especie *Bituminaria bituminosa* var. *albomarginata* presentó los niveles más altos de P, Fe, Al y Cr, y los más bajos de S, Na, Pb, Cd, B y Co. Los contenidos en P, K, Ca y Na son inferiores a los citados por Álvarez *et al.* (2004), pero el nivel de Mg es similar al citado.

La especie *Bituminaria bituminosa* var. *albomarginata* presentó los niveles más altos de P, Fe, Al y Cr, y los más bajos de S, Na, Pb, Cd, B y Co. Los contenidos en P, K, Ca y Na son inferiores a los citados por Álvarez *et al.* (2004), pero el nivel de Mg es similar al citado.

Las muestras de la especie *Coronilla viminalis* presentaron los mayores niveles de Ca, Zn y Co y los más bajos de Fe y Al (*Tabla 1*). Esta especie, al igual que *A. halimus* y *B. b.* var. *albomarginata* pueden presentar problemas de deficiencia de cobre para la alimentación de pequeños rumiantes ya que su concentración media en este elemento es menor a 5 ppm y la de Mo superior a 3 ppm, generándose antagonismo (McDowell *et al.*, 1993).

La especie *Echium decaysnei* presentó los niveles más altos de P, K, Mn, Cu, Sr y B, y los más bajos de Mg, Zn, Mo y Cr (*Tabla 1*). Comparando los resultados obtenidos con los requerimientos de pequeños rumiantes que cita McDowell *et al.* (1993) (2 ppm), podemos



Tabla 1. Contenido en cenizas y fracción mineral (media±error típico) según la especie.  
Nota: n=9, excepto *B. bituminosa* var. *albomarginata* (n=12)

	Especie					
	<i>F<sub>gl=4</sub></i>	<i>Atriplex halimus</i>	<i>B. b. var. albomarginata</i>	<i>Coronilla Viminalis</i>	<i>Echium decaisnei</i>	<i>Lotus lancerottensis</i>
Cenizas (%)	90,61**	32,7±1,2 <sup>a</sup>	10,0±0,4 <sup>d</sup>	13,9±1,0 <sup>c</sup>	25,8±1,3 <sup>b</sup>	8,7±0,4 <sup>d</sup>
P (%)	4,39*	0,18±0,01 <sup>ab</sup>	0,21±0,01 <sup>a</sup>	0,16±0,01 <sup>b</sup>	0,21±0,01 <sup>a</sup>	0,15±0,01 <sup>b</sup>
K (%)	8,86*	0,86±0,15 <sup>ab</sup>	0,69±0,09 <sup>bc</sup>	0,58±0,09 <sup>bc</sup>	2,10±0,57 <sup>a</sup>	0,37±0,04 <sup>c</sup>
Ca (%)	8,91*	0,40±0,04 <sup>b</sup>	0,45±0,05 <sup>b</sup>	0,61±0,12 <sup>a</sup>	0,56±0,09 <sup>a</sup>	0,37±0,06 <sup>b</sup>
Mg (%)	19,24**	0,39±0,05 <sup>a</sup>	0,21±0,01 <sup>c</sup>	0,29±0,03 <sup>b</sup>	0,15±0,02 <sup>d</sup>	0,20±0,01 <sup>c</sup>
S (%)	33,66**	0,39±0,04 <sup>a</sup>	0,08±0,01 <sup>c</sup>	0,10±0,01 <sup>c</sup>	0,17±0,02 <sup>b</sup>	0,17±0,02 <sup>b</sup>
Na (%)	42,08**	0,36±0,05 <sup>a</sup>	0,08±0,03 <sup>d</sup>	0,12±0,03 <sup>bc</sup>	0,18±0,04 <sup>b</sup>	0,11±0,02 <sup>cd</sup>
Fe (ppm)	1,24	230±75	245±45	142±25	144±24	172±26
Mn (ppm)	1,15	55,3±16,6	42,2±5,8	42,8±12,0	76,7±23,1	28,5±3,7
Cu (ppm)	0,72	3,4±0,8	4,3±0,6	3,8±0,6	4,9±0,7	3,2±0,5
Zn (ppm)	0,55	13,2±1,1	13,9±1,5	15,7±2,4	9,6±1,1	15,5±3,4
Pb (ppm)	31,36**	1,12±0,25 <sup>a</sup>	0,29±0,05 <sup>c</sup>	0,50±0,13 <sup>b</sup>	0,54±0,13 <sup>b</sup>	0,40±0,07 <sup>c</sup>
Cd (ppm)	3,96*	0,07±0,02 <sup>a</sup>	0,02±0,00 <sup>bc</sup>	0,03±0,00 <sup>ab</sup>	0,02±0,01 <sup>c</sup>	0,04±0,01 <sup>ab</sup>
Sr (ppm)	5,59**	48,5±2,6 <sup>c</sup>	85,5±15,1 <sup>bc</sup>	160±23,3 <sup>a</sup>	227±56,6 <sup>a</sup>	110±20,1 <sup>ab</sup>
Al (ppm)	1,43	208±63	253±61	100±29	133±24	193±37
B (ppm)	10,18**	58,8±7,8 <sup>b</sup>	34,8±4,9 <sup>c</sup>	65,5±13,0 <sup>b</sup>	245±87,8 <sup>a</sup>	48,2±5,6 <sup>bc</sup>
Co (ppm)	4,43*	0,25±0,06 <sup>ab</sup>	0,18±0,04 <sup>b</sup>	0,37±0,10 <sup>a</sup>	0,31±0,06 <sup>ab</sup>	0,24±0,05 <sup>b</sup>
Mo (ppm)	10,15*	9,78±1,88 <sup>a</sup>	6,02±1,34 <sup>a</sup>	9,49±1,35 <sup>a</sup>	0,34±0,07 <sup>c</sup>	2,41±0,91 <sup>b</sup>
Cr (ppm)	0,79	1,18±0,29	1,47±0,34	1,01±0,33	1,01±0,37	1,01±0,25

\* $p \leq 0,05$ , \*\* $p \leq 0,01$ . ANOVA. Los valores seguidos en la misma fila por distintos superíndices presentan diferencias significativas (LSD,  $p \leq 0,05$ ).

observar que *E. decaisnei* no alcanza los requerimientos de Mo.

Las poblaciones de *Lotus lancerottensis* muestran los niveles más bajos de cenizas (Tabla 1), si bien son superiores a los citados por Chinae *et al.* (2009), así como de algunos microelementos como: P, K, Ca, Mn y Cu, que presentan niveles más altos en el caso del P, Mn y Cu y más bajos en el del K, Ca y Mg que los citados por Chinae *et al.* (2009).

Los niveles de P de las cinco especies son adecuados para la alimentación de rumiantes, pese a presentarse deficiencia de este mineral en los suelos en los que se desarrollan (Chinae *et al.*, 2011). Es necesario mencionar que los niveles medios en Zn de todas las especies estudiadas son inferiores a los requerimientos para la alimentación de rumiantes citados por McDowell *et al.* (1993) (20-40 ppm), siendo además los de *A. halimus*, *B. b. var. albomarginata*, *E. decaisnei* y *L. lancerottensis* muy inferiores a los citados por Chinae *et al.* (2009), y los de las dos primeras también inferiores a los citados por Álvarez *et al.* (2005, 2004) respectivamente. Esta deficiencia puede estar relacionada con el bajo nivel de este microelemento en los suelos de estas poblaciones (Chinae *et al.*, 2011). Los niveles medios de Pb de las cinco especies son inferiores a los citados para alfalfa por Kabata-Pendias (2010). Pero los de Cd se corresponden con el rango citado, también para alfalfa, por dicho autor.

Analizando los contenidos minerales según la estación de muestreo (Tabla 2) se observó que los niveles medios de P no sufren variaciones significativas en función de la estación en la que se recogieron las muestras.

**Tabla 2. Contenido en cenizas y fracción mineral (media±error típico) según la estación (n= 16) e interacción especie/estación**

	Estación				Estación x Especie F <sub>gl=8</sub>
	F <sub>gl=2</sub>	Primavera/2008	Verano/2008	Invierno/2009	
Cenizas (%)	13,54**	18,2±2,6 <sup>a</sup>	18,9±2,7 <sup>a</sup>	16,3±2,4 <sup>b</sup>	1,06
P (%)	0,09	0,18±0,01	0,18±0,01	0,19±0,02	2,53*
K (%)	26,86**	0,78±0,27 <sup>b</sup>	0,77±0,24 <sup>b</sup>	1,21±0,13 <sup>a</sup>	1,70
Ca (%)	450,38**	0,35±0,01 <sup>b</sup>	0,36±0,01 <sup>b</sup>	0,78±0,07 <sup>a</sup>	0,61
Mg (%)	12,75**	0,22±0,01 <sup>b</sup>	0,22±0,01 <sup>b</sup>	0,33±0,05 <sup>a</sup>	19,20**
S (%)	49,46**	0,21±0,04 <sup>a</sup>	0,19±0,03 <sup>a</sup>	0,12±0,02 <sup>b</sup>	0,39
Na (%)	78,32**	0,21±0,03 <sup>a</sup>	0,22±0,03 <sup>a</sup>	0,05±0,02 <sup>b</sup>	0,88
Fe (ppm)	21,74**	202±23 <sup>a</sup>	253±46 <sup>a</sup>	104±22 <sup>b</sup>	0,59
Mn (ppm)	78,44**	50,9±8,1 <sup>a</sup>	67,9±13,6 <sup>a</sup>	23,3±2,1 <sup>b</sup>	1,20
Cu (ppm)	12,77**	4,8±0,4 <sup>a</sup>	4,4±0,4 <sup>a</sup>	2,4±0,5 <sup>b</sup>	1,02
Zn (ppm)	5,35*	15,3±1,5 <sup>a</sup>	13,7±1,7 <sup>b</sup>	11,5±1,3 <sup>b</sup>	3,64*
Pb (ppm)	368,59**	0,81±0,12 <sup>a</sup>	0,69±0,12 <sup>a</sup>	0,10±0,01 <sup>b</sup>	0,93
Cd (ppm)	14,32**	0,04±0,01 <sup>a</sup>	0,05±0,01 <sup>a</sup>	0,02±0,00 <sup>b</sup>	1,89
Sr (ppm)	67,06**	135±25 <sup>b</sup>	160±29 <sup>a</sup>	60±7 <sup>c</sup>	1,89
Al (ppm)	17,72**	189±27 <sup>a</sup>	245±50 <sup>a</sup>	97±30 <sup>b</sup>	0,48
B (ppm)	176,25**	94±26 <sup>b</sup>	126±44 <sup>a</sup>	24±3 <sup>c</sup>	2,16
Co (ppm)	136,06**	0,30±0,03 <sup>b</sup>	0,39±0,05 <sup>a</sup>	0,06±0,01 <sup>c</sup>	1,05
Mo (ppm)	18,54**	7,2±1,4 <sup>a</sup>	7,2±1,4 <sup>a</sup>	2,7±0,9 <sup>b</sup>	5,30**
Cr (ppm)	79,54**	0,61±0,07 <sup>b</sup>	0,70±0,11 <sup>b</sup>	2,42±0,23 <sup>a</sup>	1,28

\* $p \leq 0,05$ , \*\* $p \leq 0,01$ . ANOVA. Los valores seguidos en la misma fila por distintos superíndices presentan diferencias significativas (LSD,  $p \leq 0,05$ ).

Invierno/2009 fue la estación en la que se registraron niveles medios mayores de K (Tabla 2). Por otro lado, no se detectaron diferencias significativas entre los resultados obtenidos en Primavera/2008 y Verano/2008. Los tejidos jóvenes de las plantas son capaces de retener enérgicamente este elemento, sin embargo en los tejidos viejos se pueden producir pérdidas (Marschner, 1995). Este hecho explica la mayor concentración de este mineral en las muestras tomadas en Invierno/2009, estación en la que las poblaciones se encontraban mayoritariamente en fase de crecimiento vegetativo (Chinea *et al.*, 2011).

En Invierno/2009 se presentaron los niveles medios más altos de Ca y Mg, mientras que Primavera/2008 y Verano/2008 no presentaron diferencias significativas ( $P > 0,05$ ) (Tabla 2). Esta circunstancia puede explicarse con el hecho de que las concentraciones de Ca y Mg se acumulan preferentemente en las hojas (Marschner, 1995). Dado que las poblaciones muestreadas en Invierno/2009 se encontraban mayoritariamente en fase de crecimiento vegetativo, es lógico achacar la mayor concentración de estos minerales en esa estación ya que en tal periodo existe una alta proporción de hojas frente a tallos leñosos.

Los niveles medios de S, Na, Fe, Mn, Cu, Pb, Cd, Al y Mo, siguen una distribución temporal similar, presentando concentraciones mayores en Primavera/2008 y Verano/2008 no presentando diferencias significativas entre ambas ( $P > 0,05$ ), y concentraciones menores en Invierno/2009 (Tabla 2). La mayoría de estos elementos presentan una reducida movilidad en la planta, por lo que su transporte de las partes viejas a las jóvenes no es inmediato

(Loué, 1988; Marschner, 1995). Debido a que en Invierno/2009, la mayoría de los individuos se encontraban en crecimiento vegetativo (Chinea *et al.*, 2011) es posible que la disminución en el nivel de estos elementos en la planta se deba a una mayor proporción de tejidos jóvenes. En el caso del Mo, una temperatura elevada mejora su solubilidad en el suelo (Loué, 1988), hecho que explica la menor concentración en planta de este mineral en Invierno/2009, ya que la temperatura media del mes en el que se llevó a cabo este muestreo (febrero de 2009) fue 17°C frente a los 22,7 y 23,7°C correspondientes a Primavera/2008 y Verano/2008 respectivamente (Chinea *et al.*, 2011).

Las muestras recogidas en Primavera/2008 resultaron contener niveles de Zn significativamente mayores que las recogidas en Verano/2008 e Invierno/2009, no existiendo diferencias significativas entre estas dos estaciones (Tabla 2). La movilidad del Zn en las plantas no es muy alta (Loué, 1988), así, se observa que en Verano/2008 y, sobretudo, en Invierno/2009, estaciones en las que predomina la fase de crecimiento vegetativo, se den niveles más bajos que en Primavera/2008, en la que la fase predominante es de floración con fructificación y en la que los tejidos son menos jóvenes.

En el caso del Sr, B y Co se presentaron diferencias significativas entre las tres estaciones, siendo en Verano/2008 cuando se registraron mayores niveles de estos microelementos y en Invierno/2009 cuando se determinaron los menores niveles (Tabla 2). El Co no es muy móvil en la planta (Loué, 1988), hecho que explica las bajas concentraciones de este mineral en Invierno/2009, en la que las poblaciones estudiadas se encontraban en fase de crecimiento vegetativo (Chinea *et al.*, 2011).

Los mayores niveles de Cr, a diferencia del resto de microelementos, corresponden a las muestras recogidas en Invierno/2009, presentando las muestras correspondientes a las otras dos estaciones diferencias significativas con la primera pero no entre sí ( $P>0,05$ ).

Exceptuando los niveles medios de P, Mg, Zn y Mo, el resto de minerales presentan una baja significación ( $P>0,05$ ), en la interacción "Estación x Especie", lo que significa que las variaciones en los niveles medios de cada elemento a lo largo de las tres estaciones, no presenta diferencias significativas entre las especies (Tabla 2).

## CONCLUSIONES

Las especies *A. halimus* y *E. decaisnei* presentan los niveles de cenizas más altos. Los niveles de S, Na, Pb y Cd en *A. halimus* y los de K, Sr y B en *E. decaisnei* son muy elevados. Los niveles medios de K, Ca y Mg aumentan considerablemente en invierno y los de Fe, Mn, Cu, Zn, Pb, Cd, Sr, Al, B, Co y Mo sufren descensos importantes en esta estación. Con las medias de las tres estaciones, podemos decir que las especies presentan concentraciones de P, K, Ca, Mg, Na, S, Fe, Mn y Mo óptimas para la alimentación de rumiantes.

## Agradecimientos

Este trabajo ha sido subvencionado por la Fundación Biodiversidad (MARM) y el Excmo. Cabildo Insular de Lanzarote. Los autores agradecen la colaboración prestada por Ana Carrasco Martín como Gerente del Consejo Reserva de la Biosfera de Lanzarote, a María del Mar Duarte Martín por su constante asesoramiento y a Alejandro Perdomo Placeres por su apoyo en el trabajo de campo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ÁLVAREZ, S.; MÉNDEZ, P.; DÍAZ, C.; FRESNO, M., 2004. Ingestión, composición química y digestibilidad in vivo de tederá (*Bituminaria bituminosa* (L.) Stirton). En: *Pastos y ganadería Extensiva*, B. GARCÍA CRIADO *et al.* (Eds.). IRNASA (CSIC). Salamanca (España), 337-340.

- ÁLVAREZ, S.; MÉNDEZ, P.; DÍAZ, C.; FRESNO, M., 2005. Valoración nutritiva de forrajes adaptados a zonas áridas y su utilización en la alimentación del ganado caprino. En: *Producciones agroganaderas: Gestión eficiente y conservación del medio natural*, K. OSORO et al. (Eds.). Gijón (España), 229-235.
- CHINEA, E.; BATISTA, C.; MESA, R.; GUERRA, J.A.; RODRÍGUEZ-RODRÍGUEZ, A., 2011. Estudio de especies forrajeras de Lanzarote en su hábitat. I características edafo-climáticas. En: *Pastos, paisajes culturales entre la tradición y los nuevos paradigmas del siglo XXI*. (Enviado).
- CHINEA, E.; MESA, R.; MORA, J.L.; RODRÍGUEZ, H.A., 2009. Especies forrajeras autóctonas de la Isla de Lanzarote. En: *La multifuncionalidad de los pastos: producción ganadera sostenible y gestión de los ecosistemas*, R. REINÉ et al. (Eds.). Huesca (España), 359-365.
- DUQUE MACÍAS, F. 1971. *Determinación conjunta de P, K, Ca, Mg, Fe, Mn y Zn en plantas*. Anales de Edafología y Agrobiología, **30**: 207-227.
- FLEMING, G.A., 1973: Mineral composition of herbage. En: *Chemistry and biochemistry of herbage 1*, G. W. BUTLER; R. W. BAILEY (Eds). Academic Press. Londres (UK), 529-566.
- KABATA-PENDIAS, A., 2010. *Trace elements in soils and plants*. CRC Press. 520 pp. Nueva York (USA).
- LOUÉ, A. 1988. *Los microelementos en agricultura*. Ediciones Mundi-Prensa, 354 pp. Madrid (España).
- MARSCHNER, H., 1995. *Mineral nutrition of higher plants*, 889 pp. Academia Press. Londres (USA).
- MCDOWELL, L.R.; CONRAD, J.H.; HEMBRY, F.G.; ROJAS, L.X.; VALLE, G.; VELÁZQUEZ, J. 1993., *Minerales para rumiantes en pastoreo en regiones tropicales*, 76 pp. Departamento de Zootecnia. Universidad de Florida. Gainesville (USA).
- SPSS. 2008. *SPSS for Windows V. 17.0*. SPSS Inc. Chicago (USA).
- UNDERWOOD, E.J., 1981. *The mineral nutrition of livestock*. Commonwealth Agricultural Bureaux. Londres (UK).
- VAN SOEST, P.J., 1985. Composition, fiber quality, and nutritive value of forages. En: *Forages. The science of grassland agriculture*, M. E. HEATH et al (Eds). Iowa State University Press, Ames. Iowa (USA), 412-421.

## STUDY OF SPECIES FROM LANZAROTE IN THEIR HABITAT. II MINERAL COMPOSITION.

### SUMMARY

Mineral nutrients (ash, P, K, Ca, Mg, S, Na, Fe, Mn, Cu, Zn, Pb, Cd, Sr, Al, B, Co, Mo and Cr) of five native species from Lanzarote Island with forage interest were studied (*Atriplex halimus*, *Bituminaria bituminosa* var. *albomarginata*, *Coronilla viminalis*, *Echium decaisnei* and *Lotus lancerotensis*). During years 2008 and 2009, 16 wild populations were observed. *A. halimus* and *E. decaisnei* species show high cinder values. S, Na, Pb and Cd in *A. halimus* and K, Sr and B contents in *E. decaisnei* are very high. In general, nutrient content is optimum for ruminants feeding.

**Key words:** *Atriplex halimus*, *Echium decaisnei*, leguminous plants, nutritional value

## ESTUDIO DE ESPECIES PASCÍCOLAS DE LANZAROTE EN SU HÁBITAT. III COMPOSICIÓN ORGÁNICA

E. CHINEA<sup>1</sup>, C. BATISTA<sup>1</sup>, J.L. MORA<sup>2</sup> y B. GARCÍA-CRIADO<sup>3</sup>

### RESUMEN

Se estudian la digestibilidad: % de materia seca (MS%), fibra neutro detergente (FND), fibra ácido detergente (FAD), lignina, celulosa, materia orgánica digestible (OMD) y proteína bruta (PB), de cinco especies con interés forrajero autóctonas de Lanzarote (*Atriplex halimus*, *Bituminaria bituminosa* var. *albomarginata*, *Coronilla viminalis*, *Echium decaisnei* y *Lotus lancerottensis*). Se estudiaron 16 poblaciones naturales entre los años 2008 y 2009. Las especies *A. halimus*, *B. bituminosa* y *L. lancerottensis* tienen niveles altos de MSC. Los valores de FND, FAD, Lignina y Celulosa más altos se corresponden a las especies *L. lancerottensis*, *E. decaisnei* y *B. bituminosa*. La especie *C. viminalis* presenta unos niveles de proteína altos.

**Palabras clave:** *Atriplex halimus*, *Echium decaisnei*, leguminosas, digestibilidad.

### INTRODUCCIÓN

La capacidad del forraje para alimentar a los rumiantes se expresa habitualmente como un balance entre el aporte de comida y la demanda del animal (Mauttz, 1978). Conocer el valor nutritivo de los vegetales es esencial para evaluar los recursos disponibles por los animales. La calidad nutritiva de los árboles y arbustos para los animales ramoneadores depende de la especie, porción de la planta consumida, factores genéticos, ambientales, estacionales y madurez (Van Soest, 1982). Parámetros como la proteína, digestibilidad y contenido en fibra reflejan la calidad nutricional de un forraje (Ulyatt, 1973). La digestibilidad y los niveles de proteína son los componentes más importantes de la calidad en la dieta de rumiantes (Willms, 1978), mientras que la fibra se asocia normalmente como un detrimento en la digestibilidad (Van Soest, 1982).

En Canarias en las explotaciones intensivas y semiextensivas, la escasez de fibra es uno de los problemas con los que se enfrentan los ganaderos. De ahí la importancia de estudiar forrajes autóctonos que aporten esta fibra larga la cual es muy deficitaria en la actualidad en la dieta suministrada al ganado en Canarias.

---

<sup>1</sup> Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agraria, Departamento de Edafología y Geología Universidad de La Laguna, Tenerife. [echinea@ull.es](mailto:echinea@ull.es)

<sup>2</sup> Departamento de Agricultura y Economía Agraria (Universidad de Zaragoza).

<sup>3</sup> Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Salamanca (IRNASA, CSIC).

En otros trabajos (China *et al.*, 2011ab) hemos evaluado los suelos y la composición mineral de las poblaciones naturales de *Atriplex halimus*, *Echium decaysnei* y tres leguminosas (*Bituminaria bituminosa* var. *albomarginata*, *Coronilla viminalis* y *Lotus lancerottensis*). En este trabajo tenemos por objetivo aportar los contenidos de materia seca, y la digestibilidad (FND, FAD, lignina, celulosa y proteína).

## MATERIAL Y MÉTODOS

**Material vegetal.** Las 16 poblaciones naturales fueron localizadas en toda la isla entre los 5 y los 559 msnm, con unas precipitaciones de 117 mm y una temperatura media de 21°C (China *et al.*, 2011). Las tomas de muestras se realizaron entre el 8 y el 10 de junio (Primavera/2008), desde el 18 al 20 de septiembre (Verano/2008) y entre el 9 y el 14 de febrero (Invierno/2009).

El muestreo se llevó a cabo mediante el corte de unos 200 g de material fresco y ramoneable de entre tres a cinco ejemplares. Se considera fracción ramoneable aquella que está formada por hojas, brotes verdes, flores, y tallos sin lignificar con un diámetro que no supere los 5 mm.

**Procedimiento analítico.** Se secó hasta peso constante a 60 °C con una estufa de aire forzado, se determinó el % de materia seca (MS%) y se molió con un molinillo de martillo (Culatti mod. DFH 48).

La fibra neutro detergente (FND), fibra ácido detergente (FAD), lignina, celulosa y contenido celular (CC), digestibilidad de la materia seca (DMD), digestibilidad del contenido celular (DCC), digestibilidad de la pared celular (DNDF) y materia orgánica digestible (OMD), fueron determinadas usando la metodología descrita por Goering y Van Soest (1970).

La determinación de la proteína bruta (PB) se realizó a partir del contenido en nitrógeno mediante el método Kjeldahl.

**Análisis estadístico.** Se realizó una prueba de homocedasticidad (homogeneidad de varianzas) y normalidad, tanto del factor "especie" como del factor "estación", usando el programa SSPS 17 (SPSS, 2008) procediendo a la transformación de las variables que no cumplieran estas dos condiciones. Posteriormente se llevó a cabo un análisis estadístico ANOVA (LSD,  $p \leq 0,05$ ), fijando como variable dependiente el nivel o concentración a analizar, como factor intra-sujetos la "estación" y como factor inter-sujetos la "especie". Para ello se utilizó el programa SSPS 17, mediante un modelo lineal general de medidas repetidas.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El valor más alto de MS% corresponde a la especie *Atriplex halimus* ( $29,7 \pm 3,4\%$ ) y el más bajo a *Echium decaysnei* ( $19,1 \pm 2,2\%$ ) (Tabla 1). Los valores de las muestras de *A. halimus*, *Bituminaria bituminosa* var. *albomarginata* y *E. decaysnei* son similares a las citadas para estas especies por China *et al.* (2009), sin embargo la especie *Lotus lancerottensis* presenta un valor bastante mayor al citado por los autores. En el caso de *Coronilla viminalis* se aproxima al contenido citado para otra especie del mismo género (*Coronilla juncea*) (González-Andrés y Cerezuela, 1998).

Los valores de FND obtenidos para las especie van desde  $46,6 \pm 1,2\%$  (Tabla 1), perteneciente a la especie *L. lancerottensis*, hasta un valor mínimo de  $26,7 \pm 0,9\%$ , en *A. halimus*. Los niveles de FND de *A. halimus* y *E. decaysnei* son inferiores a los citados para estas especies por China *et al.* (2009), sin embargo, los correspondientes a las especies *B. b.* var. *albomarginata* y *L. lancerottensis* son superiores a los citados para éstas por estos autores. Todas las especies presentan contenidos en FND menores al citado para la alfalfa ( $49,12\%$ ) (García-Criado *et al.*, 1986), siendo *L. lancerottensis* la única especie que se acerca considerablemente. Los valores de FAD obtenidos en los muestreos realizados a las cinco espe-

Tabla 1. Contenido en materia seca comestible y fracción orgánica (media±error típico) según la especie. Nota: n=9, excepto *B. bituminosa* var. *albomarginata* (n=12)

	Especie					
	F <sub>gl</sub> =4	<i>Atriplex halimus</i>	<i>B. b.</i> var. <i>albomarginata</i>	<i>Coronilla viminalis</i>	<i>Echium decaisnei</i>	<i>Lotus lancerottensis</i>
MS (%)	5,01*	29,7±3,4 <sup>a</sup>	28,9±1,7 <sup>a</sup>	23,7±2,6 <sup>ab</sup>	19,1±2,2 <sup>b</sup>	27,2±2,3 <sup>a</sup>
FND (%)	18,20**	26,7±0,9 <sup>c</sup>	37,0±1,5 <sup>b</sup>	28,6±1,8 <sup>c</sup>	35,6±2,2 <sup>b</sup>	46,6±1,2 <sup>a</sup>
FAD (%)	17,04**	20,0±1,0 <sup>c</sup>	27,7±1,3 <sup>b</sup>	19,8±1,1 <sup>c</sup>	31,7±1,9 <sup>b</sup>	39,5±2,2 <sup>a</sup>
Lignina (%)	28,74**	10,7±0,6 <sup>b</sup>	9,8±0,5 <sup>b</sup>	7,7±0,5 <sup>c</sup>	18,7±1,7 <sup>a</sup>	17,0±1,1 <sup>a</sup>
Celulosa (%)	29,73**	21,4±0,9 <sup>bc</sup>	23,4±1,5 <sup>b</sup>	15,9±1,4 <sup>d</sup>	18,7±1,3 <sup>cd</sup>	36,3±2,1 <sup>a</sup>
CC (%)	18,44**	70,3±0,9 <sup>a</sup>	63,0±1,5 <sup>b</sup>	71,4±1,8 <sup>a</sup>	64,4±2,2 <sup>b</sup>	53,4±2,2 <sup>c</sup>
DMD (%)	29,98**	59,3±1,1 <sup>b</sup>	58,2±1,3 <sup>b</sup>	63,3±1,4 <sup>a</sup>	53,2±2,0 <sup>c</sup>	48,1±1,8 <sup>d</sup>
DCC (%)	17,99**	56,0±0,9 <sup>a</sup>	48,9±1,4 <sup>b</sup>	57,0±1,8 <sup>a</sup>	50,3±2,2 <sup>b</sup>	39,5±2,2 <sup>c</sup>
DNDF (%)	10,71**	3,3±1,0 <sup>c</sup>	9,3±0,8 <sup>a</sup>	6,3±0,5 <sup>b</sup>	3,0±0,6 <sup>c</sup>	8,7±0,8 <sup>ab</sup>
OMD (%)	12,57**	65,4±2,1 <sup>c</sup>	72,2±1,5 <sup>b</sup>	81,7±2,6 <sup>a</sup>	72,3±3,2 <sup>b</sup>	56,9±2,9 <sup>c</sup>
PB (%)	10,50**	12,4±1,4 <sup>b</sup>	13,9±0,7 <sup>ab</sup>	15,6±0,9 <sup>a</sup>	8,8±1,0 <sup>c</sup>	13,1±0,4 <sup>b</sup>

\* $p \leq 0,05$ , \*\* $p \leq 0,01$ . ANOVA. Los valores seguidos en la misma fila por distintos superíndices presentan diferencias significativas (LSD,  $p \leq 0,05$ ).

cies van desde un máximo de 39,5±2,2% dado en *L. lancerottensis*, hasta un mínimo de 19,8±1,1% correspondiente a la especie *C. viminalis*. Los contenidos de FAD de *A. halimus*, *B. b.* var. *albomarginata*, *E. decaisnei* y *L. lancerottensis* no se alejan en demasía de los citados para estas cuatro especies por Chinae *et al.* (2009). Al igual que en el caso anterior, la única especie que se acerca al contenido en FAD de la alfalfa (37,25%) (García-Criado *et al.*, 1986) es *L. lancerottensis*, llegando en este caso incluso a superarlo.

El contenido en lignina de las especies estudiadas tiene valores que van desde un mínimo de 7,7±0,5%, que corresponde a *C. viminalis*, hasta un valor máximo de 18,7±1,7%, correspondiente a *E. decaisnei*. Los valores medios de lignina de las especies *L. lancerottensis* y *E. decaisnei* son excesivamente superiores a los citados para la alfalfa por García-Criado *et al.* (1986). Los contenidos medios de celulosa de las cinco especies estudiadas muestran un valor máximo para *L. lancerottensis* de 36,3±2,1% y un contenido mínimo de 15,9±1,4% en el caso de *C. viminalis*. Los contenidos de celulosa obtenidos para *A. halimus*, *B. b.* var. *albomarginata*, *E. decaisnei* y *L. lancerottensis* son superiores a los citados por Chinae *et al.* (2009). En el caso de la especie *L. lancerottensis*, el contenido de celulosa supera notablemente al citado por García-Criado *et al.* (1986) para la alfalfa.

El contenido celular en las cinco especies muestreadas alcanza un valor máximo de 71,4±1,8% para *C. viminalis*, no mostrando diferencias significativas con el obtenido para *A. halimus* que fue del 70,3±0,9%. Así mismo, el valor mínimo obtenido para el contenido celular fue de 53,43±2,19%, que se obtuvo para *L. lancerottensis*, siendo este valor significativamente menor a los demás. La DMD media presentada para cada especie posee un valor máximo de 63,3±1,4% que pertenece a *C. viminalis*, siendo además significativamente mayor al resto de valores medios. El valor mínimo corresponde a *L. lancerottensis* y es del 48,1±1,8%, siendo también significativamente el menor valor. La especie *C. viminalis* fue la que mayor DCC presentó, con un porcentaje del 57,0±1,8%, si bien es verdad que no presentó diferencia representativas con *A. halimus* ( $P > 0,05$ ). En el caso opuesto se encuentra *L. lancerottensis*, con un porcentaje de DCC del 39,5±2,2%. La digestibilidad de la pared celular alcanza un valor máximo de 9,3±0,8% en *B. bituminosa*, si bien es verdad que

no existen diferencias significativas entre los valores de esta especie y los de *L. lancerottensis* y *C. viminalis*. A su vez, tampoco se detectaron diferencias significativas entre esta última y *C. viminalis* ( $P>0,05$ ). El valor mínimo obtenido es del  $3,0\pm 0,6\%$  y corresponde a *E. decaisnei*, si bien tampoco existen diferencias significativas entre esta especie y *A. halimus*. El máximo porcentaje que presenta la OMD corresponde a la especie *C. viminalis*, alcanzando un valor de  $81,7\pm 2,6\%$ , presentando diferencias significativas con el resto de especies muestreadas. En cambio, la especie *L. lancerottensis* presentó el valor más bajo, con un porcentaje del  $56,9\pm 2,9\%$ .

El valor medio máximo de contenido en PB de las cinco especies muestreadas es el correspondiente a *C. viminalis* y es del  $15,6\pm 0,9\%$ , si bien es verdad que no existen diferencias significativas entre este valor y el de *B. b. var. albomarginata* ( $13,9\pm 0,7\%$ ) ( $P>0,05$ ) (Tabla 1). La especie *E. decaisnei* resultó ser la especie con menor contenidos en proteína ( $8,8\pm 1,0\%$ ), superando el rango citado para *Coronilla juncea* por González-Andrés y Cerezuela (1998). Las otras cuatro especies presentan valores superiores a los citados por China et al. (2009). Todas las especies estudiadas, exceptuando *E. decaisnei* presentan contenidos en proteína similares a las de un forraje proteico de referencia como es la alfalfa ( $14,80\%$ ) (García-Criado et al., 1986).

Tabla 2. Contenido en materia seca comestible y fracción orgánica (media±error típico) según la estación (n= 16) e interacción especie/estación

	Estación				Estación x Especie
	F <sub>gl=2</sub>	Primavera/2008	Verano/2008	Invierno/2009	
MSC (%)	43,36**	30,9±1,2 <sup>a</sup>	28,2±1,7 <sup>b</sup>	18,1±0,4 <sup>c</sup>	1,65
FND (%)	20,48**	35,8±1,7 <sup>b</sup>	39,1±1,9 <sup>a</sup>	29,3±1,7 <sup>c</sup>	0,49
FAD (%)	2,74	26,3±2,1	29,1±2,3	25,8±2,0	2,28
Lignina (%)	0,88	12,2±1,0	13,1±1,3	11,2±1,6	2,38
Celulosa (%)	23,65**	23,0±1,9 <sup>b</sup>	26,4±1,9 <sup>a</sup>	17,6±1,5 <sup>c</sup>	0,80
CC (%)	24,49**	64,2±1,7 <sup>b</sup>	60,9±1,9 <sup>c</sup>	70,7±1,7 <sup>a</sup>	0,49
DMD (%)	19,67**	55,9±1,3 <sup>b</sup>	53,7±1,7 <sup>b</sup>	62,4±1,3 <sup>a</sup>	0,78
DCC (%)	20,36**	50,0±1,6 <sup>b</sup>	46,8±1,8 <sup>c</sup>	56,4±1,7 <sup>a</sup>	0,51
DNDF (%)	1,02	5,9±0,9	6,9±0,9	6,0±0,9	0,60
OMD (%)	28,61**	71,3±2,9 <sup>b</sup>	64,3±2,3 <sup>c</sup>	76,7±1,7 <sup>a</sup>	2,49*
PB (%)	13,84**	12,2±0,7 <sup>b</sup>	11,3±0,9 <sup>b</sup>	15,8±0,7 <sup>a</sup>	1,66

\* $p\leq 0,05$ , \*\* $p\leq 0,01$ . ANOVA. Los valores seguidos en la misma fila por distintos superíndices presentan diferencias significativas (LSD,  $p\leq 0,05$ ).

Las estaciones presentan diferencias significativas en el contenido medio de MSC, siendo Primavera/2008 la que presenta el valor más alto e Invierno/2009 el más bajo (Tabla 2). Esta circunstancia puede deberse al hecho de que la climatología de la Isla presentó valores altos de pluviometría y de humedad relativa unos días antes de la recogida de muestras en Primavera/2008. En el mes de junio de 2008 no se registraron lluvias, mientras que en septiembre de 2008 se registró una pluviometría de 5,84 mm (China et al., 2011a).

En el caso del contenido medio en FND estaciones, también existen diferencias significativas ( $P\leq 0,05$ ), correspondiendo el valor más alto al muestreo realizado en Verano/2008, seguido del realizado en Primavera/2008 y encontrándose el valor medio más bajo en Invierno/2009 (Tabla 2). Para el contenido medio de FAD, al igual que para el de lignina y DNDF, no existen diferencias significativas entre las tres épocas de muestreo. El contenido



medio de celulosa de las cinco especies estudiadas presenta diferencias significativas entre las tres estaciones de muestreo, siendo Verano/2008 la que recoge valores medios mayores e Invierno/2009 la que presenta los valores más bajos, encontrándose los valores primaverales en término medio (*Tabla 2*).

En el caso de la variación estacional de contenido celular, se concluyó que existían diferencias significativas entre las tres estaciones en las que se realizaron muestreos, siendo Invierno/2009 la que presenta valores medios mayores, seguida de Primavera/2008 y obteniéndose en Verano/2008 los valores más bajos. Invierno/2009 resultó ser la estación con mayor valor de DMD. Primavera/2008 y Verano/2008 no presentaron diferencias significativas ( $P>0,05$ ). En cuanto a las diferencias de DCC entre las distintas estaciones hay que decir que existen diferencias significativas entre las tres, siendo Invierno/2009 en la que se dieron los valores más altos, y Verano/2008 cuando se dieron los más bajos. En Invierno/2009 resultó ser la estación con mayor porcentaje de OMD seguido de Primavera/2008 y Verano/2008, existiendo diferencias significativas entre las tres estaciones.

Teniendo en cuenta los valores medios obtenidos en las tres estaciones, podemos decir que en Invierno/2009 es cuando se registraron mayores niveles de proteína. En Primavera/2008 y Verano/2008 se registraron niveles menores, no siendo significativas las diferencias entre estas dos estaciones de muestreo ( $P>0,05$ ). Los niveles de proteína están directamente relacionados con la concentración de nitrógeno, ésta a su vez es mayor en los tejidos jóvenes (Marschner, 1995). Teniendo en cuenta que durante la toma de muestras realizada en Invierno/2009, las poblaciones se encontraban en crecimiento vegetativo (Chinea *et al.*, 2011a), es lógico que, debido a la mayor proporción de material vegetal joven, existan unos mayores niveles en proteína.

Exceptuando la OMD, el resto de variables analizadas presentan una baja significación ( $P>0,05$ ), en la interacción "Estación x Especie", lo que significa que las variaciones de éstas a lo largo de las tres estaciones, no presenta diferencias significativas entre las especies (*Tabla 2*).

## CONCLUSIONES

Las especies *A. halimus*, *B. bituminosa* var. *albomarginata* y *L. lancerottensis* presentan los niveles más altos de materia seca y se observan los niveles más bajos en la especie *E. decaisnei*. La especie *L. lancerottensis* presenta los mayores niveles de fibra, mientras que los valores más altos de digestibilidad corresponden a la especie *C. viminalis*. La especie *C. viminalis* presenta los niveles de proteína más altos. El resto de especies estudiadas, exceptuando *E. decaisnei*, presentan niveles de proteína aceptables.

## Agradecimientos

Este trabajo ha sido subvencionado por la Fundación Biodiversidad (MARM) y el Excmo. Cabildo Insular de Lanzarote. Los autores agradecen la colaboración prestada por Ana Carrasco Martín como Gerente del Consejo Reserva de la Biosfera de Lanzarote, a María del Mar Duarte Martín por su constante asesoramiento y a Alejandro Perdomo Placeres por su apoyo en el trabajo de campo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CHINEA, E.; BATISTA, C.; MESA, R.; GUERRA, J.A.; RODRÍGUEZ-RODRÍGUEZ, A., 2011a. Estudio de especies forrajeras de Lanzarote en su hábitat. I características edafo-climáticas. En: *Pastos, paisajes culturales entre la tradición y los nuevos paradigmas del siglo XXI*. (Enviado).
- CHINEA, E.; BATISTA, C.; MORA, J.L.; GARCÍA-CIUDAD, A., 2011b. Estudio de especies forrajeras de Lanzarote en su hábitat. II composición mineral. En: *Pastos, paisajes culturales entre la tradición y los nuevos paradigmas del siglo XXI*. (Enviado).

- CHINEA, E.; MESA, R.; MORA, J.L.; RODRÍGUEZ, H.A., 2009. Especies forrajeras autóctonas de la Isla de Lanzarote. En: *La multifuncionalidad de los pastos: producción ganadera sostenible y gestión de los ecosistemas*, R. REINÉ et al. (Eds). Huesca (España), 359-365.
- GARCÍA-CRIADO, B.; GARCÍA, A.; RICO, M.; GARCÍA, C., 1986. Composición químico-bromatológica de alfalfa deshidratada destinada al comercio exterior. En: *XXVI Reunión Científica de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos*. Oviedo (España), 71-87.
- GOERING, H. K.; VAN SOEST, P. J., 1970. *Forage fiber analysis (apparatus, reagents, procedures and some applications)*. ARS-USDA Agric. Handbook nº 379, 20 pp. (USA).
- GONZÁLEZ-ANDRÉS, F.; CEREZUELA, J.L., 1998. Chemical composition of some Iberian Mediterranean leguminous shrubs potentially useful for forage in seasonally dry areas. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, **41**, 139-147.
- MARSCHNER, H., 1995. *Mineral nutrition of higher plants*, 889 pp. Academia Press. Londres (UK).
- MAUTTZ, W.W., 1978. Nutrition and carrying capacity. En: *Big game of North America*, J. L. SCHMIDT; D. L. GILBERT (Eds.). Stackpole. Harrisburg (USA), 321-348.
- SPSS. 2008. *SPSS for Windows V. 17.0*. SPSS Inc. Chicago (USA).
- ULYATT, M. J., 1973. The feeding value of herbage. En: *Chemistry and biochemistry of herbage*, G. W. BUTLER; R. W. BAILEY (Eds.). Academic Press. Londres (UK), 131-178.
- VAN SOEST, P.J., 1982. *Nutritional ecology of the ruminant. Ruminant metabolism, nutritional strategies, the cellulolytic fermentation and the chemistry of forages and plant fibers*. Cornell University Press.
- WILLMS, W., 1978. Spring forage selection by tame mule deer on Big Sagebrush range, British Columbia. *Journal of Range Management*, **31**, 192-199.

## STUDY OF SPECIES FROM LANZAROTE IN THEIR HABITAT. III ORGANIC COMPOSITION

### SUMMARY

Digestibility of five native forage species from Lanzarote Island (*Atriplex halimus*, *Bituminaria bituminosa* var. *albomarginata*, *Coronilla viminalis*, *Echium decaisnei* and *Lotus lancerottensis*) is studied. Dry matter (DM), neutral detergent fibre (NDF), acid detergent fibre (ADF), lignin, cellulose, organic matter digestibility (OMD) and crude protein (PB) were analysed. We observed 16 wild populations during two years (2008-2009). *A. halimus*, *B. bituminosa* and *L. lancerottensis* species have high DM contents. The highest NDF, ADF, lignine and cellulose correspond to *L. lancerottensis*, *E. decaisnei* and *B. bituminosa* var. *albomarginata* species. *C. viminalis* shows high crude protein levels.

**Key words:** *Atriplex halimus*, *Echium decaisnei*, leguminous plants, digestibility

# BIODIVERSIDAD DE PLANTAS VASCULARES EN CUATRO DEHESAS MEDITERRÁNEAS BAJO UN GRADIENTE CLIMÁTICO

R. BENAVIDES<sup>1</sup>, R. ALONSO PONCE<sup>2</sup>, J.M. GARCÍA DEL BARRIO<sup>3</sup> y S. ROIG<sup>4</sup>

## RESUMEN

El sistema dehesa proporciona valiosos servicios ambientales, entre ellos la biodiversidad. El objetivo de este trabajo es actualizar y comprender la información de riqueza de plantas vasculares en el hábitat dehesa. Se seleccionaron cuatro municipios a lo largo de un gradiente climático y florístico, representando tres tipos climáticos de dehesa. Dentro de cada uno se muestrearon tres mesohábitats frecuentes del paisaje dehesa: la dehesa pura, en abandono y con influencia de agua superficial. En definitiva, se muestrearon 12 parcelas para calcular la riqueza de especies y la similitud florística entre mesohábitats y tipos de dehesa. La  $\gamma$ -diversidad media de los mesohábitats fue 75,6 especies, y la media para cada tipo de dehesa fue 146,3. La  $\gamma$ -diversidad evaluada para el hábitat dehesa en conjunto fue de 340 especies. No se encontraron diferencias en la riqueza de especies entre los tipos de dehesa, pero sí se observó que el mesohábitat dehesa pura fue significativamente menos diverso que las otras. Los resultados de similitud mostraron un gradiente climático y biogeográfico entre los tres tipos de dehesa lo que resalta la importancia de considerar todo el rango de distribución de este hábitat en las acciones de conservación de flora y fauna de las dehesas.

**Palabras clave:** alfa-diversidad, mesohábitat, riqueza de especies, silvopastoralismo, similitud florística.

## INTRODUCCIÓN

Las dehesas ocupan cerca de 3 millones de hectáreas en la península Ibérica, amplitud que se traduce en la existencia de diversas tipologías según diferencias climáticas, topográficas y edáficas. Los resultados del estudio de Sánchez de Ron *et al.* (2007) sugieren la existencia de tres tipologías climáticas principales en función de las precipitaciones y las temperaturas. La dehesa tipo 1 o dehesa típica (47% del total) se caracteriza por una precipitación anual media de 600 mm y una temperatura media de 16°C. La dehesa tipo 2 o dehesa seca (35% del total) aparece en regiones más secas con no más de 500 mm de precipitación anual media; finalmente, la dehesa tipo 3 o dehesa fría (18% de las dehesas)

<sup>1</sup> MNCN-CSIC. C\ Serrano 115 dup. 28006-Madrid;

<sup>2</sup> Centro de Investigación Forestal de Valonsadero, JCYL. Apdo. correos 175. 42080 Soria;

<sup>3</sup> CIFOR-INIA. Crta La Coruña km 7 28040 Madrid;

<sup>4</sup> ECOGESFOR. Universidad Politécnica de Madrid. 28040 Madrid

se caracteriza por una temperatura media anual 3 ó 4 grados menor que las anteriores.

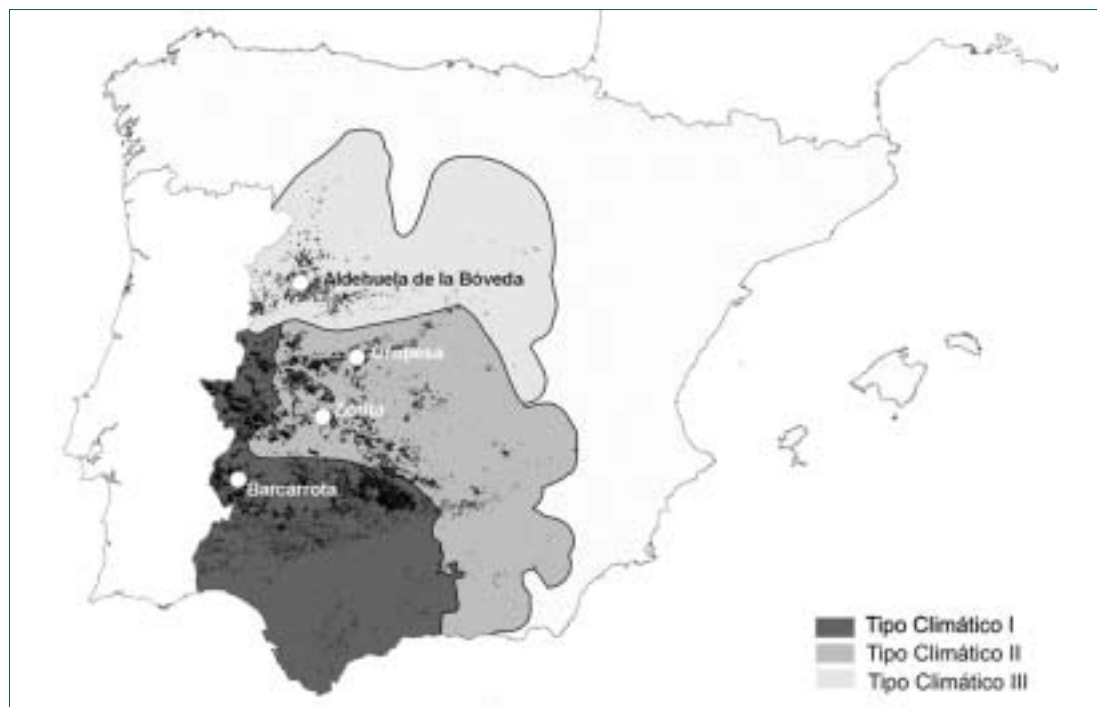
Entre los múltiples valores que se atribuyen a las dehesas, y que han motivado su inclusión entre los tipos de hábitats de interés europeo en la Directiva Hábitat, está su gran biodiversidad (Eichhorn *et al.*, 2006). Hay numerosos estudios que han abordado esta cuestión, subrayando los altos valores que presenta y estudiando las respuestas de las comunidades a diferentes usos del suelo y perturbaciones (Marañón, 1985; Tárrega *et al.*, 2009). Sin embargo, hasta la fecha ningún estudio publicado ha analizado la diversidad en diferentes tipologías de dehesas o bajo diferentes condiciones locales (mesohábitats).

El objetivo de este trabajo es el estudio comparativo de la diversidad de plantas vasculares en el hábitat de la dehesa, considerando tres diferentes mesohábitats (dehesa pura, con influencia de agua superficial y dehesa en abandono) y evaluar la similitud florística entre dehesas localizadas a lo largo de un gradiente climático.

## MATERIAL Y MÉTODOS

El trabajo se ha llevado a cabo en cuatro municipios (*Figura 1*) localizados a lo largo del gradiente climático de las dehesas: desde valores mayores de evapotranspiración, duración de la sequía y temperatura media para el caso de Barcarrota (Badajoz) hasta los valores menores de Aldehuela de la Bóveda (Salamanca), y con dos localidades intermedias ubicadas en Oropesa (Toledo) y Zorita (Cáceres) (*Tabla 1*).

En cada localidad se muestrearon tres tipos distintos de dehesa (tipologías de mesohábitat): la dehesa abierta o pura, la dehesa con cierta influencia de agua superficial o húmeda y la dehesa con trazas de abandono. En cada uno de estos lugares se hizo un muestreo siguiendo el diseño multiescala de Whitakker modificado por Stohlgren *et al.* (1995), para determinar la presencia y abundancia de especies de plantas vasculares. El diseño consiste en una parcela de 1000 (50 x 20) m<sup>2</sup>, en cuyo interior se establecen 10 subparcelas de 0,5 x 2 m<sup>2</sup>, dispuestas a



*Figura 1.* Tipologías climáticas de dehesas en España (Sánchez de Ron *et al.*, 2007). Los puntos blancos muestran la localización de los municipios en estudio.

Tabla 1. Características climáticas, topográficas y edáficas de cada localidad

Característica	Aldehuela	Oropesa	Zorita	Barcarrota
Altitud (m)	795	330	410	340
T (°C)	12,2	16,0	16,4	16,7
P (mm)	521	694	648	608
ETP (mm)	701	864	884	876
DS (meses)	3,16	3,56	3,83	4,00
Textura suelo	Franco-arenoso	Franco-arenoso	Franco-arenoso	Franco-arenoso
pH	Ácido	Ácido	Ácido	Ácido
MO	Medio-bajo	Bajo	Medio-bajo	Bajo
Vegetación	Dehesa de encinas con pastos anuales subnitrofilos y otros	Dehesa de encinas con pastos anuales subnitrofilos	Dehesa de encinas con pastos anuales subnitrofilos	Dehesa de encinas con pastos anuales subnitrofilos

(T: temperatura media anual, P: precipitación anual media; ETP: evapotranspiración potencial, DS: duración de la sequía; MO: contenido de materia orgánica)

lo largo del borde de la parcela, dos de 5 m x 2 m en esquinas opuestas de la parcela, y una subparcela de 5 x 20 m<sup>2</sup> en el centro de la parcela. En cada subparcela se estimó la abundancia de plantas según cinco categorías de coberturas: 1) <5%; 2) entre 5 y 12%; 3) entre 12 y 25%; 4) entre 25 y 50%; y 5) >50% de la superficie de la subparcela. Los trabajos de campo se realizaron en mayo del 2005 (Zorita), 2008 (Oropesa) y 2009 (Aldehuela y Barcarrota).

Para el cálculo de los distintos índices de diversidad (riqueza de especies y la curva de riqueza acumulada) así como los tres índices de similitud (índice clásico de Jaccard, índice basado en la abundancia de Chao-Jaccard (Chao *et al.*, 2005) e índice de Morisita-Horn (Magurran, 2004)), se utilizó el programa EstimateS 820 (Colwell, 2005).

La diversidad de hábitat y paisaje se calcularon como aproximación aditiva (Chandy *et al.*, 2006) donde la  $\gamma$ -diversidad (acumulada) por localidad o por mesohábitat menos la  $\alpha$ -diversidad (valor medio por lugar o mesohábitat) es la  $\beta$ -diversidad. Finalmente, las comparaciones entre índices por tipos de dehesa y mesohábitats se realizaron con R (R Development Core Team, 2009) usando el test robusto de Welch (García Pérez, 2005).

## RESULTADOS

Los resultados de la riqueza de especies hallada en las 12 parcelas de los cuatro municipios (Tabla 2), muestran un valor medio de riqueza por parcela de 75,6 especies. La  $\alpha$ -riqueza presenta un mínimo en Oropesa (64,7) y un máximo en Barcarrota (82,3). El mesohábitat con valores de riqueza mayor fue la dehesa húmeda (con influencia de agua superficial) con 87,5 especies, mientras que el menor fue la dehesa pura o abierta con 61,3. No se detectaron diferencias significativas entre los cuatro lugares ( $p > 0,10$ ), aunque sí se encontraron diferencias entre la dehesa pura y la dehesa húmeda ( $p < 0,05$ ). Hallando las curvas acumuladas de riqueza de especies se ve que Zorita presenta los mayores valores de riqueza a lo largo de la curva (Figura 2).

En la Figura 3 y Tabla 3 se muestran los índices de similitud entre las cuatro localidades. Los tres índices muestran una tendencia general similar, con Barcarrota como tipo de dehesa más heterogénea y más diferente a los otros tres tipos, sobre todo en los mesohábitats de dehesa pura y húmeda. Por el contrario, Oropesa y Zorita presentan una mayor homogeneidad y son más parecidos entre sí. Aldehuela presenta valores de similitud mayores a éstas últimas, pero presenta la mayor divergencia en el mesohábitat de dehesas abandonadas. A pesar de ello, no hubo diferencias significativas entre los cuatro tipos de dehesa, pero sí entre mesohábitats con diferencias significativas entre la dehesa abierta y la húmeda (según el índice de Morisita-Horn,  $p < 0,05$ ).

Tabla 2. Valores de riqueza de especies (diversidad alfa, gamma y beta) en los cuatro sitios de estudio (columnas) y los tres mesohábitats (filas)

Dehesas	Aldehuela	Oropesa	Zorita	Barcarrota	Alfa	Gamma	Beta
Dehesa pura	54,0	67,0	69,0	55,0	61,3	165,0	103,7
Dehesa húmeda	93,0	75,0	102,0	80,0	87,5	236,0	148,5
Dehesa abandonada	62,0	84,0	89,0	77,0	78,0	216,0	138,0
Alfa	69,7	75,3	86,7	70,7	75,6		
Gamma	135,0	140,0	157,0	153,0	146,3	340,0	
Beta	65,3	64,7	70,3	82,3			264,4

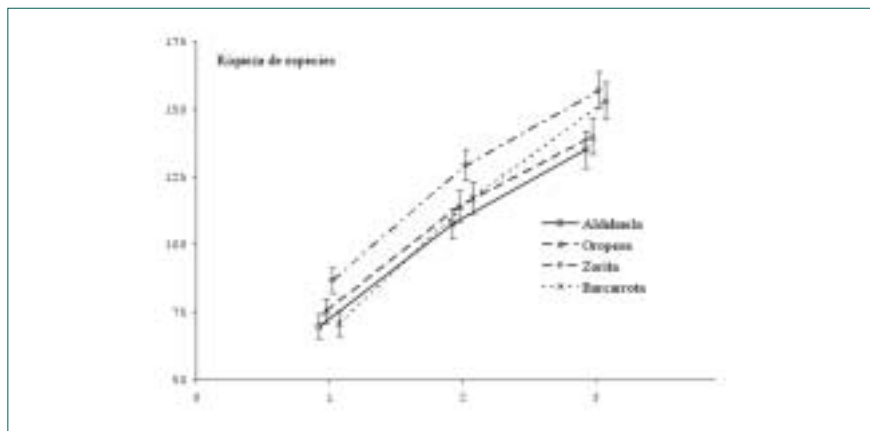


Figura 2. Curva de riqueza de especies acumulada de las dehesas en las distintas localidades (las barras de error muestran la desviación estándar).  
1: dehesa pura; 2: dehesa húmeda; 3: dehesa con trazas de abandono.

## DISCUSIÓN

Los valores obtenidos de diversidad de la dehesa, cuando se consideran los tres mesohábitats, son bastante similares a los calculados en otros trabajos (Marañón 1985). Así, resulta que la consideración de los tres mesohábitats es positiva para la diversidad del sistema dehesa. De hecho, se han encontrado mayores diferencias entre los mesohábitats dentro de un tipo de dehesa que entre los diferentes tipos de dehesa. Esto sugiere la importancia de añadir dichos mesohábitats a otros más comúnmente utilizados en otros trabajos de diversidad, como bajo cubierta, en el borde de la cobertura o en pastos abiertos (García del Barrio *et al.*, 2006). Además, los mayores valores de diversidad de las dehesas en abandono frente a las puras en todas las localidades sugieren que gestiones no intensivas, como el pastoreo extensivo con cargas ganaderas bajas, no solo favorecerían el regenerado natural del arbolado, sino también la riqueza de especies y la diversidad.

Los valores de similitud apoyan la hipótesis de que tipos de dehesas cercanas desde un punto de vista climatológico tienen valores de diversidad similar, de manera que la diversidad y la riqueza de especies pueden ser en parte explicadas como una función de un conjunto de variables entre las que se encuentra el clima (Stevens 2006). De ahí que Zorita y Oropesa (tipo de dehesa 2) sean más similares entre sí, mientras que Barcarrota y Aldehuela, situadas en los dos extremos del rango climático, sean las más diferentes de las cuatro. Este patrón se ha podido detectar a pesar de la alta variabilidad meteorológica encontrada entre sitios y entre los años de muestreo (datos no mostrados), y que es una característica fundamental del clima mediterráneo.

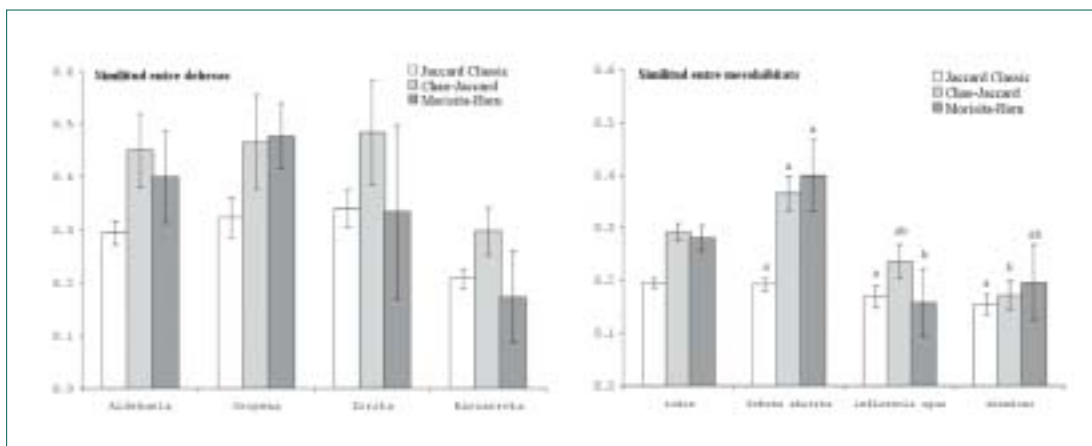


Figura 3. Izquierda: similitud entre dehesas. Derecha: similitud entre mesohabitats. (Las barras de error indican el error estándar. Las diferentes letras muestran diferencias significativas entre grupos ( $p < 0.05$ )).

Tabla 3. Coeficientes de similitud por parejas de sitios

Lugar 1	Lugar 2	$C_J$	$C_{CJ}$	$C_{MH}$
Aldehuela	Oropesa	0.267	0.508	0.309
Aldehuela	Zorita	0.264	0.563	0.199
Aldehuela	Barcarrota	0.215	0.362	0.175
Oropesa	Zorita	0.344	0.557	0.425
Oropesa	Barcarrota	0.221	0.357	0.165
Zorita	Barcarrota	0.250	0.364	0.209

$C_J$ : índice clásico de Jaccard;  $C_{CJ}$ : índice basado en la abundancia de Chao-Jaccard;  $C_{MH}$ : índice de Morisita-Horn.)

## CONCLUSIONES

El hábitat de las dehesas incluye una amplia variedad de mesohabitats relacionados con la intensidad del uso de estas zonas que suponen una alta diversidad. Independientemente del evidente gradiente climático y florístico, la riqueza de especies de la dehesa es un servicio permanente que debe promoverse y protegerse frente a usos del suelo que puedan no ser adecuados. Para alcanzar este objetivo, es necesario considerar las dehesas a lo largo de todo su rango ecológico.

## Agradecimientos

Los autores agradecen a David Sánchez de Ron por su ayuda con el SIG y a Aitor Gastón, José Antonio Sánchez-Olivera y Enrique Muñoz por su labor en el campo e identificación de las especies. Este trabajo ha sido financiado por el proyecto SUM2006-00034-CO2 (MICIN).

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CHANDY, S.; GIBSON, D.J.; ROBERTSON, P.A., 2006. Additive partitioning of diversity across hierarchical spatial scales in a forested landscape. *Journal of Applied Ecology*, **43**, 792-801.
- CHAO, A.; CHAZDON, R.L.; COLWELL, R.K.; SHEN, T.J., 2005. A new statistical approach for assessing similarity of species composition with incidence and abundance data. *Ecology Letters*, **8**, 148-159.
- COLWELL, R.K., 2005. EstimateS. Statistical estimation of species richness and shared species from samples. In: <http://purl.oclc.org/estimates>

- EICHHORN, M.P.; PARIS, P.; HERZOG, F.; INCOLL, L.D.; LIAGRE, F.; MANTZANAS, K.; MAYUS, M.; MORENO, G.; PAPANASTASIS, V.P.; PILBEAM, D.J.; PISANELLI, A.; DUPRAZ, C., 2006. Silvoarable systems in Europe - past, present and future prospects. *Agroforestry Systems*, **67**, 29-50.
- GARCÍA DEL BARRIO, J.M.; ORTEGA, M.; VÁZQUEZ, A.; ELENA-ROSELLO, R., 2006. The influence of linear elements on plant species diversity of mediterranean rural landscapes: assessment of different indices and statistical approaches. *Environmental Monitoring and Assessment*, **119**, 137-159.
- GARCÍA PÉREZ, A., 2005. *Métodos avanzados de estadística aplicada. Métodos robustos y de remuestreo*. UNED, Madrid, 255 pp.
- MAGURRAN, A.E., 2004. *Measuring Biological Diversity*. Blackwell Publishing, Oxford, UK, 256 pp.
- MARAÑÓN, T., 1985. Diversidad florística y heterogeneidad ambiental en una dehesa de Sierra Morena. *Anales de Edafología y Agrobiología*, **77**, 1183-1197.
- R Development Core Team, 2009. *R: A language and environment for statistical computing*. En: R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- SÁNCHEZ DE RON, D.; ELENA ROSELLÓ, R.; ROIG, S.; GARCÍA DEL BARRIO, J.M., 2007. Los paisajes de dehesa en España y su relación con el ambiente geoclimático. *Cuadernos de la SECF*, **22**, 171-176.
- STEVENS M.H.H., 2006. Placing local plant species richness in the context of environmental drivers of metacommunity richness. *Journal of Ecology*, **94**, 58-65.
- STOHLGREN, T.J.; FALKNER, M.B.; SCHELL, L.D., 1995. A modified-Whittaker nested vegetation sampling method. *Vegetatio*, **117**, 113-121.
- TARREGA, R.; CALVO, L.; TABOADA, A.; GARCIA-TEJERO, S.; MARCOS, E., 2009. Abandonment and management in Spanish dehesa systems: Effects on soil features and plant species richness and composition. *Forest Ecology and Management*, **257**, 731-738.

## BIODIVERSITY OF VASCULAR PLANTS IN FOUR MEDITERRANEAN DEHESAS ALONG A CLIMATIC GRADIENT

### SUMMARY

Dehesa habitat is widely distributed throughout western Iberian Peninsula and harbours valuable ecosystem services such as biodiversity. The goal of this paper is to update and to understand the information about vascular plant species richness in the dehesa habitat. We considered four study sites located along a climatic and floristic gradient, including three different climatic typologies. Within each site or dehesa type, three different mesohabitats, frequent in the dehesa landscape, were also considered: open, abandoned and water influenced dehesas. Hence, twelve multiscale plots were sampled, and calculation of species richness and floristic similarity between mesohabitats and dehesas were conducted using EstimateS. Average  $\alpha$ -richness for mesohabitats was 75.6 species, and average richness for dehesas types was 146.3;  $\gamma$ -richness assessed for the overall dehesa habitat was 340 species. No significant differences were found for species richness between dehesas, but the open dehesa mesohabitat was significantly poorer than the other two. The results of the similarity assessment between dehesas reflected both climatic and biogeographic gradients. Thus, dehesas must be considered all along their distribution range for ensuring the conservation of the major number of vascular plant species as well as the associated fauna.

**Keywords:** Agroforestry, mesohabitat, species richness, alpha-diversity, floristic similarity.



# LOS PASTOS EN LAS FINCAS DE LUGAR NUEVO Y SELLADORES-CONTADERO (S<sup>a</sup> DE ANDÚJAR, JAÉN): TIPOLOGÍA, CALIDAD Y DISTRIBUCIÓN ESPACIAL

FERNANDO GÓMEZ MANZANEQUE \*, FELIPE MARTÍNEZ, CARLOS MORLA y SONIA ROIG

## RESUMEN

Las fincas del O. A. Parques Nacionales "*Lugar Nuevo*" y "*Selladores-Contadero*" están situadas en el Parque Natural de la Sierra de Andújar (Jaén). Su situación geográfica, y especialmente su historia de usos y propiedad han motivado que hoy sean ejemplo de una flora y vegetación con buen estado de conservación. En trabajos anteriores se han realizado catálogos florísticos de las dos fincas como estudios básicos para la planificación de la gestión y la compatibilidad de la conservación y el aprovechamiento de los recursos en los espacios naturales protegidos. En esta comunicación se realiza un análisis de los pastos herbáceos de las dos fincas que constituyen un recurso estratégico para la alimentación de las poblaciones de herbívoros instaladas en las mismas. Se analizan y cartografían las distintas formaciones de pastos reconocidos (10), su distribución espacial, palatabilidad y grado de utilización.

**Palabras clave:** ciervos, palatabilidad, conservación, paisaje, ENP.

## INTRODUCCIÓN

Muchos botánicos han herborizado y estudiado la flora de Sierra Morena, un enclave forestalmente bien conservado a caballo entre dos áreas fuertemente antropizadas (los valles del Guadiana y Guadalquivir). En concreto, las fincas del O. A. Parques Nacionales "*Lugar Nuevo*" y "*Selladores-Contadero*" cuentan con sendos catálogos florísticos (Molina *et al.*, 2000; Gómez Manzanque *et al.*, 2002). La conservación de los ricos y diversos recursos forestales y pascícolas de estas fincas debe partir de una planificación basada en el conocimiento profundo de éstos (San Miguel, 2001). Este trabajo pretende caracterizar y analizar en detalle los pastos presentes en las citadas fincas, que constituyen un recurso estratégico para la alimentación de las poblaciones de ungulados instaladas en las mismas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Las fincas objeto de estudio, ambas de propiedad estatal (*Lugar Nuevo* -8.800 ha- y *Selladores-Contadero* -11.000 ha-), se encuentran en la fachada meridional de Sierra

---

\* Dpto. Silvopascicultura. Universidad Politécnica de Madrid. ETSI Montes. Ciudad Universitaria s/n 28040 Madrid. fernando.gmanzanque@upm.es

Morena dentro del Parque Natural de la Sierra de Andújar. Son zonas de relieve abrupto sobre pizarras y cuarcitas, de inviernos templados y veranos calientes y secos (piso bioclimático mesomediterráneo), con máximas superiores a los 40° C. La precipitación anual media ronda los 500 mm registrada en unos 60 días. La vegetación es casi por completo de tipo mediterráneo con adaptaciones para soportar una fuerte sequía estival. Domina *Quercus ilex* subsp. *ballota*, con *Q. suber* en las zonas más frescas y, más escaso, *Q. faginea* subsp. *broteroi*; los pinares xerófilos de *Pinus pinea*, *P. pinaster* y comunidades dominadas por *Arbutus unedo*, *Olea europaea* var. *sylvestris*, *Pistacia terebinthus* y *P. lentiscus* completan el paisaje forestal de este tramo central de Sierra Morena, como se puede ver reflejado en detalle en las figuras 1 y 2 (Molina *et al.*, 2000; Gómez Manzaneque *et al.*, 2002). Los matorrales predominantes son los jarales con lentisco.

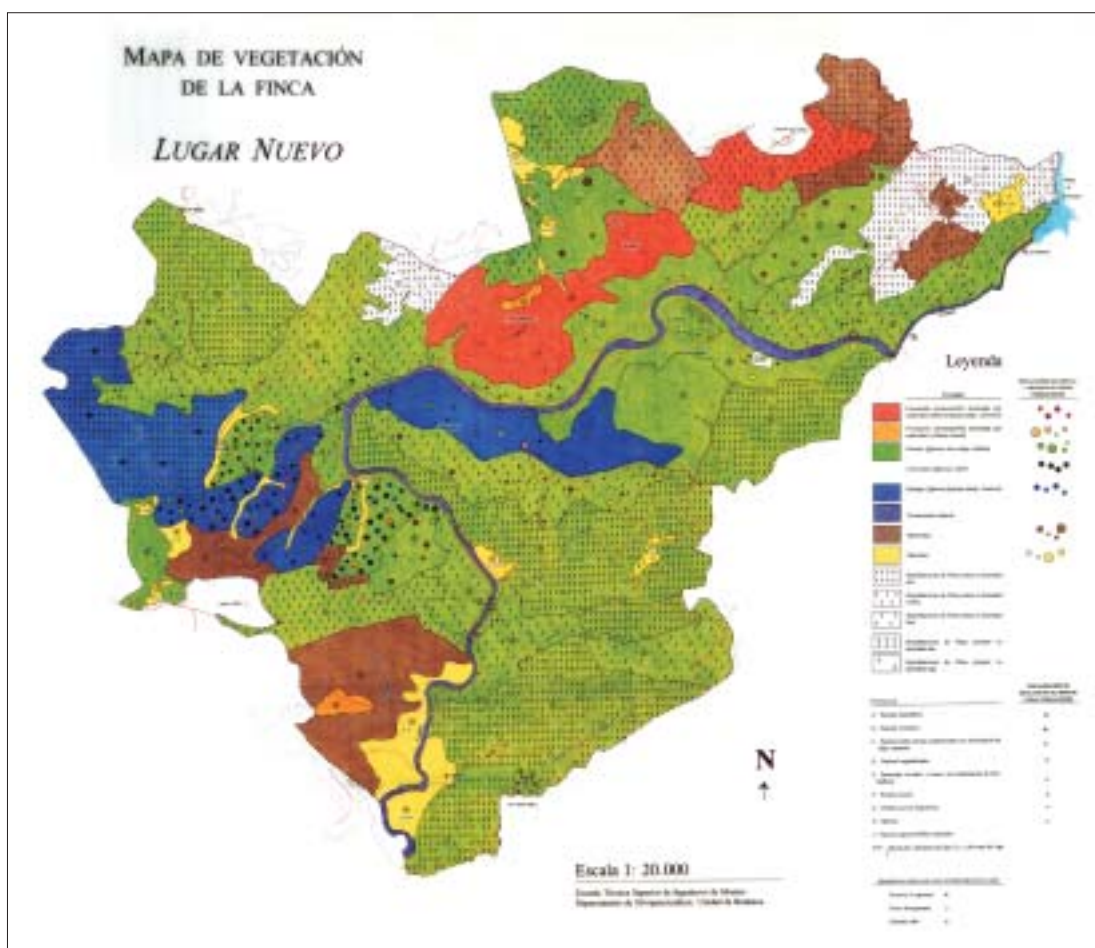


Figura 1 – Cartografía de la vegetación con detalle de los pastos de la finca Lugar Nuevo. Los dígitos del superíndice reflejan la proporción porcentual del tipo de pasto en la tesela (máximo de cuatro).

Las visitas a las fincas y la recolección del material vegetal se desarrollaron durante los años 1992, 1993 y 1994. En la determinación de los táxones (más de 500) se siguieron los métodos convencionales para este tipo de trabajos. La descripción de los distintos tipos de vegetación y su síntesis en la cartografía se realizó tras recorridos exhaustivos por las fincas y el estudio detallado de parcelas de muestreo distribuidas por toda

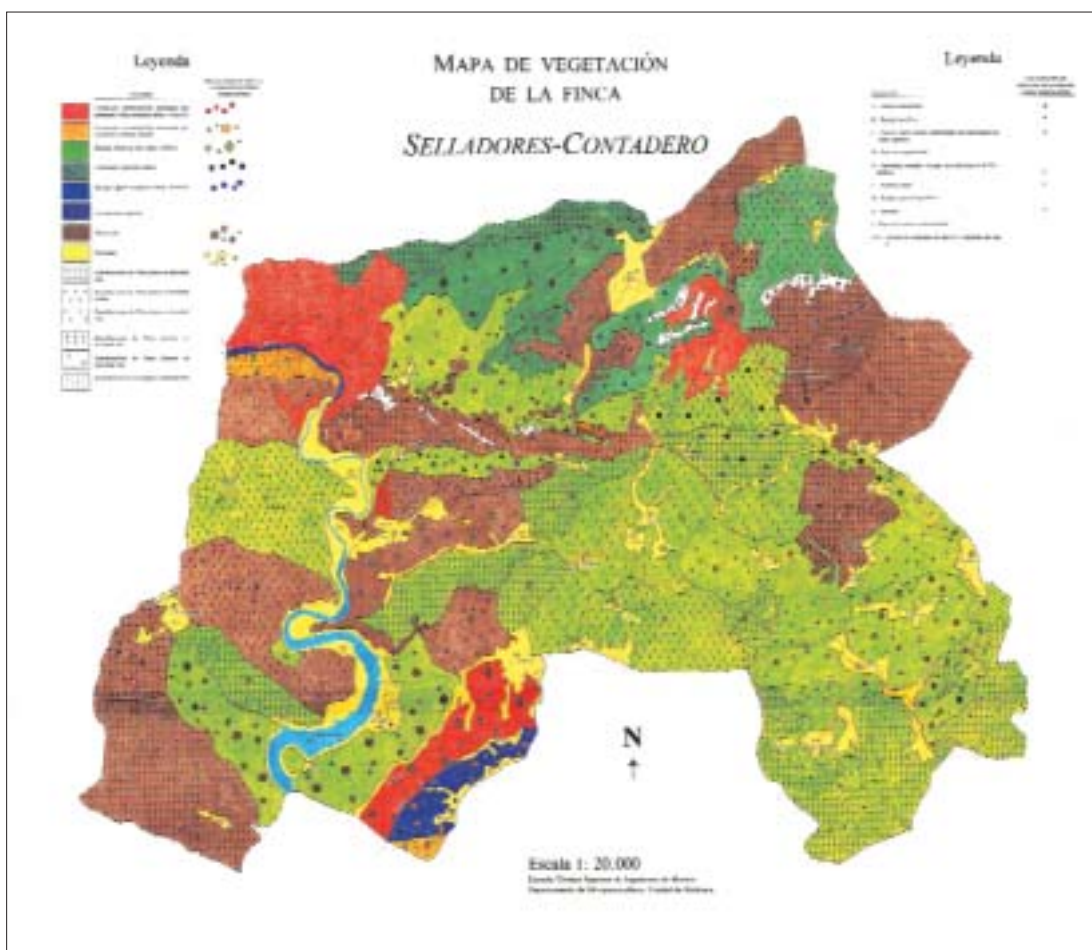


Figura 2 – Cartografía de la vegetación con detalle de los pastos de la finca Selladores-Contadero. Los dígitos del superíndice reflejan la proporción porcentual del tipo de pasto en la tesela (máximo de cuatro).

la superficie. El número de parcelas replanteadas fue de 24 en Lugar Nuevo y 12 en Selladores-contadero. Las parcelas, de forma cuadrada (1,5 m de lado), estaban delimitadas por cuatro ejes de hierro en los vértices que sostenían una malla metálica de dos metros de altura para evitar el consumo de las plantas por los herbívoros. Esta malla podía abrirse por uno de sus lados para permitir el acceso a las labores de recolección e inventariación.

Como se refleja en la cartografía (figs. 1 y 2), se han segregado las teselas en las que la cubierta herbácea predomina sobre otros tipos en el paisaje (forestal, matorral, roquedos...). En cada una de ellas se ha indicado el peso relativo de los principales tipos de pastos herbáceos (según códigos de las tablas 1 y 2), indicando en un rótulo posibles mosaicos y composiciones así como la importancia relativa de cada uno dentro de la tesela. En las teselas dominadas por vegetación arbórea o de matorral se han indicado asimismo mediante símbolos las pequeñas superficies no cartografiables por su extensión de pastos herbáceos. Su ubicación en la tesela se corresponde con su situación real sobre el terreno. Las tablas 1 y 2 también incluyen una síntesis de la información recogida acerca de la situación general de los pastos descritos, palatabilidad, carga ganadera asociada, etc.

Tabla 1. Tipos de pastos herbáceos en las fincas Lugar Nuevo y Selladores-Contadero (I). Caracterización y especies típicas encontradas en las fincas. La letra entre paréntesis hace referencia a la leyenda de los mapas

Mesofíticos (A)	Xerofíticos (B)	"Espiguillares" (C)	Majadalizados (D)	Vernales vivaces con dominancia de Poa bulbosa (E)
<b>SITUACIÓN GENERAL</b>				
Muy abundantes en el territorio, ricos en especies nitrófilas o rudero-nitrófilas. Biomasa abundante. Son "repositados" del ganado y dominan <i>Hordeum murinum</i> y <i>Carduus tenuiflorus</i> . En zonas más iluminadas, los pastos se embastecen con más Compuestas y Umbelíferas ( <i>Cynara humilis</i> , <i>Eryngium campestre</i> ).	Fundamentalmente incluyen especies anuales, sobre arenas descamadas o litosuelos de pizarra. Topografías abruptas gen. en solanas. Poca duración y biomasa. En terrenos muy inestables, <i>Brachypodium distachion</i> se convierte en protagonista.	Agostantes sobre arenas estabilizadas con dominancia de <i>Stipa capensis</i> . Sobre arenas consolidadas y fisiografía más suave que (B)	Dominadas por especies perennes en pendientes suaves, equilibrados en humedad y carga ganadera. Periodo vegetativo prolongado. Alta calidad. Teselas de poca extensión pero regulares entre los pastos mesofíticos.	Terofitos y perennes, con dominancia de <i>Poa bulbosa</i> . En pendientes más elevadas o suelos más secos cambian hacia (b) o (c). Fenología muy temprana. Presión ganadera alta. Altitud >300 m y más abundantes en Selladores-Contadero.
<b>TAXONES TÍPICOS</b>				
<p><i>Agrostis pourreii</i>  <i>Anthemis avensis</i>  <i>Arrhenatherum elatius</i>  <i>Avena barbata</i> (abundante)  <i>Biserrula pelecinus</i>  <i>Brassica barreleri</i>  <i>Bromus rigidus</i>  <i>Bromus tectorum</i>  <i>Bromus diandrus</i>  <i>Bromus hordeaceus</i>  <i>Bromus madritensis</i></p>	<p><i>Alyssum granatense</i>  <i>Andryala arenaria</i>  <i>Anthyllis lotoides</i>  <i>Avena barbata</i>  <i>Biserrula pelecinus</i>  <i>Brachypodium distachion</i>  <i>Brassica barreleri</i>  <i>Bromus rigidus</i>  <i>Bromus tectorum</i>  <i>Filago pyramidata</i>  <i>Lamarckia aurea</i></p>	<p><i>Agrostis pourreii</i>  <i>Brachypodium distachion</i>  <i>Coleostephus myconis</i>  <i>Chamaemelum mixtum</i>  <i>Leontodon taraxacoides</i>  <i>ssp.longirostra</i>  <i>Ornithopus compressus</i>  <i>Plantago lagopus</i>  <i>Plantago coronopus</i>  <i>Rumex bucephalophorus</i>  <i>Tolpis umbellata</i></p>	<p><i>Biserrula pelecinus</i>  <i>Bromus hordeaceus</i>  <i>Cerastium glomeratum</i>  <i>Echium plantagineum</i>  <i>Lotus paviflorus</i>  <i>Matricaria chamomilla</i>  <i>Medicago polymorpha</i> (dominante)  <i>Plantago lagopus</i>  <i>Plantago coronopus</i>  <i>Rumex acetosella</i></p>	<p><i>Biserrula pelecinus</i>  <i>Chamaemelum mixtum</i>  <i>Evax lusitanica</i>  <i>Filago pyramidata</i>  <i>Gastidium ventricosum</i>  <i>Leontodon taraxacoides</i>  <i>Ornithopus pinnatus</i>  <i>Petrorhagia prolifera</i>  <i>Plantago lagopus</i>  <i>Plantago coronopus</i>  <i>Spergularia purpurea</i></p>

<b>TAXONES TÍPICOS (cont.)</b>				
Chamaelum mixtum (abundante)	Leontodon taraxacoides ssp. longirostris (abundante)	Trifolium avense	Spergula avensis	T. campestre
Chrysanthemum segetum (abundante)	Linaria spartea (abundante)	Trifolium campestre	Trifolium subterraneum (dominante)	Tolpis umbellata
Coleostephus myconis	Ornithopus compressus	Xolantha guttata	Trifolium campestre	Trifolium avense
Echium plantagineum (abundante)	Ornithopus pinnatus		Trifolium arvense	Trifolium striatum
Euphorbia esula	Plantago afra		Trifolium glomeratum	Vulpia ciliata
Hordeum murinum	Plantago bellardii		Trifolium tomentosum	Xolantha guttata
Hypochoeris glabra	Plantago coronopus			
Linum bienne	Plantago loeflingii (abundante)			
Medicago polymorpha	Rumex bucephalophorus			
Melica ciliata	Silene colorata			
Ornithopus compressus	Spergularia purpurea			
Phalaris minor	Taeniantherum caput-medusae			
Plantago coronopus	Tolpis barbata			
Plantago bellardii	Trifolium avense (dominante)			
Plantago lagopus	Trifolium boconii			
Sanguisorba minor ssp. magnoli	Trifolium campestre			
Trifolium campestre (abundante)	Trifolium cherleri			
Trifolium cherleri	Trifolium stellatum			
Trifolium glomeratum	Trifolium angustifolium			
Trifolium tomentosum	Vulpia muralis			
Vulpia muralis	Xolantha guttata (dominante)			
Vulpia myuros				

Tabla 2. Tipos de pastos herbáceos en las fincas Lugar Nuevo y Selladores-Contadero (II). Caracterización y especies típicas encontradas en las fincas. La letra entre paréntesis hace referencia a la leyenda de los mapas

Praderas juncales con dominancia de <i>Scirpus holoschoenus</i> (F)	Pradera juncal higrófila con dominancia de <i>Eleocharis palustris</i> (G)	Ballicares (H)	Higrónitrófilos ruderales (I)	Xerofíticos subumbrófilos (J)
<b>SITUACIÓN GENERAL</b>				
Típicos de biotopos húmedos de las dos fincas. Aparecen en bandas más o menos continuas de juncos sobre las líneas de drenaje. Frecuente refugio de fauna. Se enriquecen florísticamente sobre suelos profundos.	En depresiones donde se acumula el agua de forma prolongada. Poco palatable, de especies "duras" aunque frecuentada por los gamos.	En depresiones o en zonas con drenaje difícil o afloramientos de acuíferos. Pastos bastos, poco consumidos en el territorio. Fenología tardía. Incluye pastos situados en zonas con alto nivel freático, tapiz denso y alto dominados por <i>Phalaris acutata</i> , <i>Platago lanceolata</i> , <i>Cyperus longus</i> . También aparecen <i>Gaudinia fragilis</i> , <i>Bromus hordeaceus</i> , <i>Trifolium resupinatum</i> , <i>Trifolium campestre</i> y <i>Geranium sp</i>	Enclaves de poca extensión, con humedad elevada y sometidos a frecuente pisoteo. Talla pequeña, terreno removido y abundancia de deyecciones.	Biotopos con poco desarrollo edáfico, pero protegidos por cubierta forestal de densidad media (más diversos en encinares que en pinares). Terófitos de desarrollo temprano que se agostan fácilmente (pero aun están verdes en junio). Incluye un tipo nemonitrófilo, cuando el ganado frecuenta la cubierta arbórea ("reposaderos"). Entonces son frecuentes <i>Urtica urens</i> , <i>Mercurialis annua</i> , <i>Rhagadiolus estellatus</i> , <i>Urtica membranacea</i> , <i>Geranium robertianum</i> y <i>G. lucidum</i> .
<b>TAXONES TÍPICOS</b>				
<i>Agrostis castellana</i> <i>Anemone palmata</i> <i>Aristolochia paucinerwis</i> <i>Asphodelus ramosus</i> (abundante) <i>Briza minor</i>	<i>Eleocharis palustris</i> (dominante) <i>Gaudinia fragilis</i> <i>Geranium dissectum</i> <i>Glyceria declinata</i> <i>Holcus lanatus</i>	<i>Aegilops geniculata</i> <i>Agrostis castellana</i> (dominante) <i>Arrhenatherum elatius</i> <i>Avena barbata</i> <i>Briza maxima</i> <i>Bromus hordeaceus</i>	<i>Gaudinia fragilis</i> <i>Juncus bufonius</i> <i>Poa annua</i> (dominante) <i>Poa infirma</i> (dominante) <i>Ranunculus hederaceus</i> <i>Ranunculus muricatus</i>	<i>Anagallis anvensis</i> , <i>Anogramma leptophylla</i> , <i>Arrhenatherum album</i> , <i>Brachipodium distachion</i> , <i>Briza maxima</i> <i>Bromus diandrus</i> ,

TAXONES TÍPICOS (cont.)			
<p>Briza maxima Bromus sterilis (abundante) Bromus hordeaceus Carex acuta Carex divisa Carex divulsa Carex elata Festuca ampla (abundante) Gaudinia fragilis Geranium dissectum (abundante) Holcus setigulumis Juncus effusus Juncus inflexus Lathyrus clymenum Lathyrus cicera Melica ciliata Miosotis sicula Poa trivialis Rumex pulcher Scirpus holoschaenus (dominante) Stachis arvensis</p>	<p>Mentha pulegium Myosotis sicula Plantago lanceolata Poa trivialis (abundante) Ranunculus ophiloglossifolius Rumex pulcher</p>	<p>Campanula lusitanica Centaurium maritimum Cerasium glomeratum Dactylis glomerata Gaudinia fragilis (dominante) Holcus setigulumis Mentha pulegium Plantago lanceolata Rumex acetosella Senecio Jacobaea</p>	<p>Bromus madritensis, Bromus sterilis (abundante) Bromus rigidus Centranthus calcitrapae Crucianella angustifolia, Cynosurus elegans (dominante) Holcus setigulumis, Lagoecia cuminoides, Linum bienne, Melica ciliata ssp. magolii Ornithopus compressu, Sanguisorba minor, Trifolium angustifolium Trifolium stellatum Trifolium campestre Viola arvensis</p>

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La información más importante sobre los diez tipos de pastos herbáceos definidos y su distribución en las fincas aparece en las *tablas 1 y 2* y en las *figuras 1 y 2*. Las superficies de pastos herbáceos más extensas están cubiertas por pastos terofíticos ligados a las características climáticas de la zona. A pesar de ello, tres factores ecológicos diversifican enormemente la presencia de estas comunidades y de los táxones ligados a éstas: presencia de arbolado, presión ganadera –fundamentalmente pastoreo por ciervos y gamos– y fisiografía. La presencia de suelos húmedos cercanos a cursos de agua o con afloramientos hídricos provoca que hayamos encontrado varias comunidades herbáceas asociadas a esta humedad edáfica (grupos F, G, H, I).

Respecto al valor pascícola de las especies leñosas estas llegan a representar un importante porcentaje en la dieta de los herbívoros, habida cuenta de la escasez y fugacidad de las comunidades de pastos en este tipo de ambientes. El estado del matorral de la zona estudiada permite apreciar diferentes grados de intensidad de consumo por parte de la fauna silvestre. Entre las especies de mayor palatabilidad destacan varios taxones de la familia *Oleaceae* (*Olea europaea*, *Phillyrea angustifolia*, *P. latifolia* y *Jasminum fruticans*) además de *Myrtus communis*, *Acer monspessulanum*, *Adenocarpus telonensis*, *Quercus faginea*, *Quercus ilex* subsp. *ballota*, *Arbutus unedo* y *Teucrium fruticans*.

## CONCLUSIONES

Este estudio constituye un paso básico para la ordenación de los recursos pastables del territorio, con especial importancia en un enclave de gran interés ecológico y botánico.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- GÓMEZ MANZANEQUE, F.; RAMÓN, J.; MORLA, C.; CARRERA, T. 2002. Catálogo florístico de la finca Lugar Nuevo (Sierra Morena, Jaén, España). *Monograf. Jard. Bot. Córdoba* 10: 05-36.
- MOLINA MORENO, J.R.; DÍAZ FERNÁNDEZ, P.M.; GÓMEZ MANZANEQUE, F.; MORLA, C. 2000. Catálogo de la flora vascular de la finca Selladores-Contadero (Sierra Morena, Jaén, España). *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. (Secc. Biol.)* 96 (1-2): 5-35.
- SAN MIGUEL, A. 2001. *Pastos naturales españoles. Caracterización, aprovechamiento y posibilidades de mejora*. Coedición Fundación Conde del Valle de Salazar- Mundi-Prensa. Madrid. 320 pp.



# ESTUDIO COMPARATIVO DE DOS SUBESPECIES DE TRIFOLIUM SUBTERRANEUM EN EL LÍMITE SEPTENTRIONAL DE DISTRIBUCIÓN DE LA SUBESPECIE OXALOIDES

J. PASTOR \*

## RESUMEN

Dos son las principales subespecies de trébol subterráneo en España: *Trifolium subterraneum* subsp. *subterraneum* y *T. subterraneum* subsp. *oxaloides* Nyman. La revisión de los datos que hemos recogido en numerosos inventarios, nos ha llevado a realizar un estudio que nos permita conocer factores implicados en la distribución de las subespecies en el territorio. Inicialmente nos hemos centrado en la provincia de Toledo, ya que es el lugar más septentrional en el que se encuentra la subsp. *oxaloides*, para estudiarlas comparativamente, debido a que ambas están allí representadas.

Hemos encontrado a la subsp. *subterraneum* en 47 localidades y a la subsp. *oxaloides* en 16; en 7 de éstas crecía sola y en otras 9 acompañada de *subterraneum*. Estudiamos distintas variables bióticas y abióticas de los ejemplares y de sus hábitats, con el fin de observar diferencias existentes entre ellas.

Los resultados muestran que el peso seco y la abundancia local, presentan diferencias acusadas. La influencia de las bajas temperaturas invernales en su distribución espacial y la respuesta a diversos factores litoedáficos, muestran las diferencias ecológicas existentes entre ambas. La isoterma de 5° de las temperaturas medias del aire en el mes de enero y la creciente acidez de los suelos parecen limitar claramente la distribución de la subsp. *oxaloides*.

**Palabras clave:** ecología, nutrientes edáficos, granulometría, diferencias infraespecíficas.

## INTRODUCCIÓN

El trébol subterráneo constituye un importante componente de los pastos espontáneos del occidente peninsular. Las migraciones ocurridas en la antigüedad y en especial la trashumancia contribuyeron en gran medida a su expansión. Fitosociológicamente el trébol subterráneo es una especie representativa de los majadales "acidófilos", que se enmarcan en la Al. *Trifolio-Peribalion*, y están constituidos por especies anuales y vivaces; son muy densos, agostantes, creados y mantenidos por una acción constante e intensa del ganado, cuya influencia se constata por la incorporación de M.O. al suelo y de nutrientes provenientes de las deyecciones. En los majadales acidófilos destacan las especies de

---

\* Dpto. de Biología Ambiental, CCMA, MNCN, CSIC, c/Serrano 115, dpdo. 28006 Madrid.

tréboles, pero sobre todo *Trifolium subterraneum* L. Estas comunidades fueron estudiadas por gran número de autores y tipificadas de nuevo por Rivas Martínez *et al.* (2001, 2002) y San Miguel *et al.* (2009).

Dos son las subespecies que Flora Ibérica reconoce como existentes en España: subsp. *subterraneum* y subsp. *oxaloides*. Algunas consideraciones sobre el comportamiento diferencial de ambas, respecto a los factores ecológicos, fueron ya expuestas con anterioridad (Martín *et al.* 1975; García *et al.* 1987; Pastor *et al.* 1980, 1993, 1994, 1995). El objetivo de este estudio es analizar el comportamiento de estas subespecies en la zona límite de una de ellas en su distribución septentrional en España (provincia de Toledo), estudiando además diversos factores edáficos que nos parece que pueden ser limitantes para su crecimiento

## MATERIAL Y MÉTODOS

Los suelos estudiados fueron recogidos mediante una muestra media obtenida al azar en la capa superficial (0-15 cm) de cada uno de los lugares considerados. Una vez trasladados al laboratorio se secaron a T<sup>a</sup> ambiente y tamizaron con el tamiz de 2 mm. En el campo se determinó la cobertura de las plantas, altura media, y en el laboratorio el peso seco. La determinación del pH, M.O., P, N, cationes cambiabiles y acidez y Al cambiabiles de los suelos se realizó mediante los protocolos descritos por Hernández y Pastor (1989). La granulometría se determinó mediante el método del hidrómetro de Boyoucos. Los contenidos de metales en suelos se analizaron mediante espectroscopía de emisión por plasma (ICP-OES).

Los resultados obtenidos se analizaron mediante un ANOVA. Los datos con varianzas diferentes fueron transformados logarítmicamente. Cuando esta transformación no era suficiente para igualar las varianzas se usó el test no paramétrico de Spearman.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La distribución de la especie está gobernada por varios factores climáticos, pero la información conocida afecta mayoritariamente a la subsp. *subterraneum* (Donald, 1973). Sobre la subsp. *oxaloides* (*brachycalycinum*), Katznelson (1974) señala únicamente que sus poblaciones ocupan generalmente los lugares más cálidos. En la Figura 1, obtenida de nuestros muestreos a lo largo de diferentes campañas, así como de consultas en diferentes herbarios, podemos ver una representación sintética de la distribución de ambas subespecies en España. El límite norte de la distribución de la subsp. *oxaloides* vemos que se sitúa esencialmente al sur del Sistema Central; dicha distribución parece ajustarse a la de la isoterma de 5° de las temperaturas medias del aire en el mes de enero.

Las localidades más septentrionales donde encontramos esta subespecie, han sido Sotoserrano, muy al sur de la provincia de Salamanca, Santa Olalla (Toledo) y de la Ciudad Universitaria (Madrid). Existe una cita que considera su existencia en los Arribes del Duero (Salamanca), lo que es totalmente factible con lo antedicho, así como también una presencia posible en Pontevedra, que señala Flora Ibérica, más admisible en el aspecto climático que en el edáfico. El atlas climático de Europa (Steinhauser, 1970) y los atlas y estudios fitoclimáticos realizados en España (Allué Andrade, 1990; Allué Camacho 1995; Gonzalo Jimenez, 2008) avalarían lo expuesto, ya que como muestra la Fig. 1, la subsp. *oxaloides* crece en las zonas de clima cálido marítimo, y en menor grado en los climas templados marítimo y semicontinental y no lo hace en los climas fríos. Predominaría en el "clima estepario caluroso" y en menor grado en el "clima templado lluvioso con verano seco y caluroso" en la clasificación climática según Köppen, aunque en el territorio intervendrían conjuntamente las características climáticas con las edáficas. En un trabajo anterior (Mendizabal *et al.* 1979), al estudiar la resistencia al frío de



Figura 1. Distribución esquemática de las dos subespecies de *T. subterraneum*.

Fuentes de datos: Atlas de España de El País-Aguilar, Madrid 1993; Atlas Nacional de España. El medio físico 2. 2001, Ministerio de Fomento, Instituto Geográfico Nacional; Atlas de la National Geographic Society (2004) Europa Tomos I y II; Atlas climático digital de la Península Ibérica, Universidad autónoma de Barcelona, 2006.

12 poblaciones de ambas especies (7 pertenecientes a la subsp. *subterraneum* y 5 a la subsp. *oxalooides*) recolectadas varias de ellas en la provincia de Toledo, se pudo observar que las cuatro poblaciones que mejor soportaban el frío pertenecían en su totalidad a la subsp. *subterraneum* y la población que peor lo soportó pertenecía a la subsp. *oxalooides*. Las restantes poblaciones presentaban valores intermedios.

En la *Tabla 1*, podemos observar algunas de las características de los ejemplares estudiados referentes a su abundancia en las parcelas. En la parte inferior de ésta y de las siguientes Tablas, se puede observar la existencia o no de diferencias significativas entre las

*Tabla 1.* N° de suelos estudiados en los que crecían ambas subespecies y comparación de los valores del peso seco (mg/planta) y de dos medidas semicuantitativas relacionadas con la abundancia en la parcela y la altura de las plantas

subsp.	N°		I. Abundancia	Altura plantas	Peso seco	
<i>subterraneum</i> (total)	St	47	m.=	5,2	1,24	558,7
			d.t.=	1,4	0,43	359,6
<i>oxalooides</i> (total)	Ot	16	m.=	3,6	1,60	1845,4
			d.t.=	1,8	0,55	1826,2
S respecto a O (nivel sign.)				0,02*	0,10 (F)	0,000***

St: totalidad de los suelos en los que crece la subsp. *subterraneum*; Ot: suelos en los que crece *oxalooides* sola o acompañada de *subterraneum*.

subsp. *subterraneum* y oxaloides, cuando se estudian en la totalidad de los suelos en donde crecen. Las diferencias son significativas en los tres casos (95%, F: Fiable 90% y 99,9%).

**Tabla 2. N° de suelos en los que crecían ambas subespecies y comparación de los valores de altitud y de dos medidas relacionadas con la precipitación y el grado de pastoreo**

subsp.		N°		Altitud (m)	Rango de Precipitación	Grado de Pastoreo
<i>subterraneum</i>	Ss	45	m.=	566	1,64	1,78
			d.t.=	198	0,76	0,61
<i>subterraneum</i>	St	36	m.=	614	1,63	1,85
			d.t.=	213	0,75	0,58
ambas subsp.	A	16	m.=	694	1,63	1,93
			d.t.=	196	0,63	0,59
<i>oxaloides</i>	Os	7	m.=	563	1,71	1,71
			d.t.=	114	0,49	0,76
S respecto a 0				-	-	-

Ss: suelos en los que únicamente crece la ssp. *subterraneum*; St: totalidad de los suelos en los que crece la ssp. *subterraneum*; A: suelos en los que crecen ambas especies; Os: suelos en los que únicamente crece la ssp. *oxaloides*.

En la *Tabla 2* presentamos más agrupaciones que se pueden leer en su pie. No se aprecia en esta ocasión ninguna diferencia significativa en cuanto a la altitud, rango de precipitación y grado de pastoreo observado.

**Tabla 3a. Análisis granulométrico (%) de los suelos donde crecían las dos subespecies**

subsp.			Arena total	Arena gruesa	Arena fina	Limo	Arcilla
<i>subterraneum</i>	Ss	m.=	61,0	31,5	29,5	25,4	13,5
		d.t.=	14,9	14,0	7,8	9,4	6,8
<i>subterraneum</i>	St	m.=	60,9	30,3	30,6	25,6	13,5
		d.t.=	14,6	14,1	8,3	9,3	6,6
ambas subsp.	A	m.=	50,2	18,4	31,7	31,2	18,6
		d.t.=	16,9	12,6	10,9	9,3	12,0
<i>oxaloides</i>	Os	m.=	39,5	15,4	24,0	34,8	25,7
		d.t.=	16,7	12,7	8,2	8,7	15,4
S respecto a 0			-	-	-	-	0,09 F

En las *Tablas 3a* y *b* vemos los análisis granulométricos de los suelos, en los diferentes grupos considerados. En este caso sólo la arcilla presenta un valor F, fiable (significativo al nivel del 90%). Aunque los valores son claramente diferentes, las diferencias entre las restantes fracciones no llegan a ser significativas.

**Tabla 3b. Rangos de la granulometría (%) de los diferentes grupos estudiados**

subsp.		Arena total	Arena gruesa	Arena fina	Limo	Arcilla
<i>subterraneum</i>	Ss	22,4-83,0	3,9-5,2	18,1-53,7	13,0-44,8	4,8-35,4
ambas subsp.	A	51,6-72,4	9,2-44,0	25,2-53,2	17,8-41,8	8,8-23,8
<i>oxaloides</i>	Os	19,0-66,6	1,2-33,9	11,2-32,6	23,0-44,4	10,4-54,6

Ss: suelos en los que únicamente crece la ssp. *subterraneum*; A: suelos en los que coinciden ambas subespecies; Os: suelos en los que únicamente crece la ssp. *oxaloides*.

Las *tablas 4a y b* muestran los valores medios y los rangos de M.O., N, C/N, Div/Monov y suma de cationes. Las tres últimas variables presentan diferencias significativas, con valores más elevados en los suelos de *oxaloides*.

**Tabla 4a. M.O., N total (%), razones C/N, divalentes / monovalentes y suma de cationes en los suelos (meq/100g) donde crecen las dos subespecies solas o acompañadas**

subsp.			M.O.	N total	C/N	Div/Monov	S. Cationes
<i>subterraneum</i>	Ss	m.=	2,9	0,136	11,9	15,9	8,51
		d.t.=	2,0	0,085	1,54	11,2	7,32
<i>subterraneum</i>	St	m.=	3,3	0,150	12,1	17,25	9,1
		d.t.=	2,6	0,106	1,6	10,78	7,34
ambas subsp.	A	m.=	4,3	0,179	13,2	26,57	16,37
		d.t.=	3,3	0,138	1,79	22,14	12,63
<i>oxaloides</i>	Os	m.=	3,7	0,127	13,56	31,63	22,54
		d.t.=	2,2	0,060	1,91	33,67	16,57
S respecto a 0			-	-	0,05*	0,048*	0,033*

**Tabla 4b. Rangos de los contenidos de M.O., N total, C/N, div/monov y suma de cationes**

subsp.		M.O.	N total	C/N	Di/Mono	S. Cationes
<i>subterraneum</i>	Ss	0,61-7,46	0,029-0,377	9,0-14,8	4,4-61,5	3,1-23,3
ambas ssp.	A	0,66-14,0	0,038-0,561	9,9-15,5	14,8-30,8	6,6-28,0
<i>oxaloides</i>	Os	1,19-7,75	0,048-0,191	10,4-15,4	9,7-89,9	7,9-40,2

**Tabla 5a. Macroelementos cambiables (meq/100g) y P asimilable (mg/kg) analizados en los suelos de los pastos donde crecen las dos subespecies del trébol subterráneo**

subsp.			P asimilable	Ca	Mg	K	Na
<i>subterraneum</i>	Ss	m.=	39,0	6,7	1,35	0,35	0,17
		d.t.=	36,0	6,5	0,87	0,33	0,22
<i>subterraneum</i>	St	m.=	34,6	7,2	1,48	0,36	0,15
		d.t.=	34,1	6,4	0,94	0,31	0,20
<i>oxaloides</i>	A	m.=	24,4	10,6	2,54	0,50	0,10
		d.t.=	17,5	7,4	1,75	0,32	0,05
<i>oxaloides</i>	Os	m.=	42,5	12,6	3,21	0,64	0,11
		d.t.=	16,49	9,5	2,39	0,36	0,06
S respecto a 0			0,05*	0,038*	0,035*	0,05*	-

Ss: subs. *subterraneum* creciendo sola; St: total de muestras de la subs. *subterraneum*; A: muestras en las que coinciden ambas subsp.; Os: subs. *oxaloides* creciendo sola.

**Tabla 5b. Rangos de P asimilable (mg/kg) y macroelementos cambiables (meq/100g) analizados en los suelos de los pastos donde crecen las dos subespecies**

subsp.		P asimilable	Ca	Mg	K	Na
<i>subterraneum</i>	Ss	2,1-152,7	1,3-29,4	0,30-3,1	0,07-1,73	0,04-1,21
ambas subsp.	A	8,7-24,0	5,0-23,0	1,02-4,1	0,05-0,86	0,05-0,15
<i>oxaloides</i>	Os	26,1-292,3	5,5-42,4	1,23-3,9	0,12-1,12	0,06-0,12

En las *Tablas 5a y b* podemos ver los rangos y las medias de los contenidos de nutrientes de los suelos en los que crecen las subespecies. P, Ca, Mg y K de los suelos presenta diferencias significativas entre ambas, con valores claramente más elevados en *oxaloides*.

Finalmente, en las *Tablas 6a y b* que corresponden a parámetros que evalúan la acidez de los suelos, vemos muy claramente la existencia de diferencias marcadamente significativas para las cuatro variables estudiadas.

Tabla 6a. pH y parámetros relacionados con la acidez de los suelos H, Al y acidez total

subsp.			pH	H	Al	Acidez
<i>subterraneum</i>	Ss	m.=	5,77	0,21	0,17	0,35
		d.t.=	0,90	0,18	0,37	0,52
<i>subterraneum</i>	St	m.=	5,81	0,19	0,14	0,31
		d.t.=	0,85	0,17	0,34	0,48
ambas subsp.	A	m.=	6,15	0,09	0,007	0,091
		d.t.=	0,70	0,05	0,022	0,076
<i>oxaloides</i>	Os	m.=	6,32	0,08	0,000	0,049
		d.t.=	0,82	0,03	0,000	0,048
S respecto a 0			0,07 F	0,003**	0,014**	0,006**

Tabla 6b. Rango de pH y parámetros relacionados con la acidez de los suelos (H, Al)

subsp.		pH	H	Al	Acidez
<i>subterraneum</i>	Ss	4,4-7,7	0,0-0,64	0,0-1,44	0,0-2,09
ambas subsp.	A	5,4-7,4	0,0-0,22	0,0-0,007	0,06-0,30
<i>oxaloides</i>	Os	5,5-7,4	0,0-0,11	0,0-0,0	0,0-0,11

## CONCLUSIONES

Aunque las diferencias no llegan a ser significativas, se observa la preferencia de la subsp. *subterraneum* por los suelos arenosos, con arenas gruesas y con contenidos menores de limo y arcilla. Lo opuesto le sucede a la subsp. *oxaloides*. Las razones C/N, Div/monov y la suma de cationes son significativamente más elevadas en los suelos donde crece la subsp. *oxaloides*. Los contenidos de Ca, Mg y K cambiables son significativamente más elevados en los suelos donde se halla la subsp. *oxaloides*. Los valores de P son menos fiables por el abonado. Los parámetros relacionados con la acidez (pH) reflejan, de manera clara, la preferencia de la subsp. *subterraneum* por suelos ácidos y la de la subsp. *oxaloides* por suelos más neutros. Los resultados de la acidez y de los contenidos de H y Al son mucho más contundentes en sus características de preferencia-rechazo.

## Agradecimientos

A la JCCM y a la CAM por los muchos años de ayuda financiera.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLUÉ ANDRADE, J. L., 1990. *Atlas Fitoclimático de España*. MAPA-INIA. Madrid.
- ALLUÉ CAMACHO, C., 1995. *Idoneidad y expectativas de cambio fitoclimáticas en los principales sintaxa pascícolas de los montes españoles*. Tesis Doctoral. E.T.S. Ingenieros de Montes. Universidad Politécnica de Madrid.

- DONALD C. M. 1973. Temperate pasture species. In: *Australian grasslands* (R.M. Moore Ed.) ANU Press, pp. 303-320, Canberra, Australia.
- GARCÍA, A.; GONZALEZ REBOLLAR, J. L.; MENDIZABAL, T.; PASTOR, J., 1987. Incidencia de los factores ambientales sobre los tréboles subterráneos en las zonas de dehesa del Centro y Sudoeste de España. En: *Dehesas y sistemas agrosilvopastorales similares*. Secretariado Internacional del MAB (UNESCO) Sevilla, 21-41.
- GONZALO JIMÉNEZ, J., 2008. *Diagnosis fitoclimática de la España peninsular. Actualización y análisis geoestadístico aplicado*. Tesis Doctoral. E.T.S. Ingenieros de Montes, Universidad Politécnica, Madrid.
- HERNÁNDEZ, A. J.; PASTOR, J., 1989. Técnicas analíticas para el estudio de las interacciones suelo-planta. *Henares. Rev. de Geol.*, **3**, 67-102.
- KATZNELSON, J. 1974. Biological flora of Israel. 5. The subterranean clovers of *Trifolium* subsect. *Calycomorphum* Katzn. *Trifolium subterraneum* L. (*sensu lato*). *Israel Journal of Botany* **23**, 69-108.
- MARTÍN, A.; PASTOR, J.; MENDIZABAL, T.; OLIVER, S., 1975. The subterranean clover in some sites from Central Spain. Preliminary experiments on its response to shade and low temperatures. In: *Pasture and Forage Production in Seasonally Arid Climates*. European Grassland Federation, Madrid, 271-277.
- MENDIZÁBAL, T.; PASTOR, J.; MARTÍN, A., OLIVER, S., 1979. Estudio de la resistencia al frío de poblaciones autóctonas e introducidas de *Trifolium subterraneum* L. en la zona centro. En: *Problemas de Meteorología Agrícola*. Asociación Española para el Progreso de las Ciencias, Murcia, 101-120.
- PASTOR, J.; OLIVER, S. y MARTIN, A. 1980. Comportamiento diferencial de *Trifolium subterraneum* L., *T. brachycalycinum* Katzn. et Morley y *T. yannicum* Katzn. et Morley, respecto a los factores ecológicos en sus comunidades del occidente de España. *Pastos*, **10**: 44-57.
- PASTOR, J.; MARTÍN, A.; OLIVER, S., 1993. Response of wild subclovers to soil calcium in xeric and acid Spanish soils. In: *Optimization of Plant Nutrition*, Fragoso, M.A.C. and Beusichen, M.L. (Eds.). Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 603-609.
- PASTOR, J.; HERNÁNDEZ, A.J.; REY-BENAYAS, J.M. AND OLIVER, S., 1994. Response of Mediterranean rangeland species (plant weight and mineral composition) to water conditions. In: *Suboptimal grassland conditions*, European Grassland Federation. Wageningen, (The Netherlands), 96-101.
- PASTOR, J.; HERNÁNDEZ, A.J.; ESTALRICH, E. AND OLIVER, S., 1995. Soil factors and Fe Uptake in wild herbaceous plants. In: *Iron Nutrition in Soils and Plants*, Abadía, J. (Ed.) Development in Plant and Soil Science. Kluwer Academic Publishers (The Netherlands), 159-166.
- RIVAS-MARTINEZ, S.; FERNÁNDEZ-GONZÁLEZ, F.; LOIDI, J.; LOUSA, M.; PENAS, A., 2001. Syntaxonomical checklist of vascular plant communities of Spain and Portugal to association level. *Itinera Geobotanica*, **14**, 341 pp.
- RIVAS-MARTINEZ, S.; DIAZ, T. E.; FERNÁNDEZ-GONZÁLEZ, F.; IZCO, J.; LOIDI, J.; LOUSA, M. PENAS, A. 2002. *Vascular plant communities of Spain and Portugal. Adenda to the syntaxonomical checklist of 2001*. Part II. *Itinera Geobotanica*, **15** (2), 922 pp.
- SAN MIGUEL, A.; ROIG, S.; ALZUETA, C.; CAÑEQUE, V.; ORTUÑO, S.; CAÑELLAS, I.; MALO, J.; MARTINEZ, T.; RODRIGEZ-ROJO; M<sup>a</sup>. P.; MONLEÓN, J. L.; SANCHEZ- MATA, D.; BARBEITO, I.; GEA, G.; ALVAREZ-ACERO, I. MARTINEZ-JAUREGUI, M.; MUÑOZ-IGUALADA; J. 2009. *Los pastos de la comunidad de Madrid. Tipología, Cartografía y Evaluación*. Consejería de Medio Ambiente, Vivienda y Ordenación del Territorio, Comunidad de Madrid. Serie Técnica de Medio Ambiente, nº 4, 446 pp.

STEINHAUSER, F. 1970. *Climatic Atlas of Europe.1: Maps of Mean Temperature and Precipitation*. World Meteorological Organization (WMO), United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO), Cartographia, (Hungary).

## COMPARATIVE STUDY OF TWO SUBSPECIES OF *TRIFOLIUM SUBTERRANEUM* AT THE NORTHERN LIMIT OF THE SUBSPECIES *OXALOIDES* DISTRIBUTION

### SUMMARY

There are two main subterranean clover subspecies in Spain: *Trifolium subterraneum* subsp. *subterraneum* and *T. subterraneum* subsp. *oxaloides* Nyman. The review of the data we got in many inventories, has led us to conduct a study to know factors involved in the distribution of the subspecies in the territory. Initially we focused on the province of Toledo (the northernmost place in which the subsp. *oxaloides* is found) to study comparatively the two subspecies, because both are represented there. We found subsp. *subterraneum* in 47 sites and *oxaloides* in 16; in 9 of the last, *oxaloides* grew up alone and in the other 9 accompanied by *subterraneum*. We studied various biotic and abiotic variables of the specimens and their habitats, in order to observe differences between them.

Results show that dry weight, plant size and local abundance present marked differences. The influence of low temperatures in their distribution and the response to various edaphic factors show ecological differences between both of them. The 5° C isotherm in the mean air temperature in January and the increasing acidity of the soils seem to clearly explain the limitations in the distribution of subsp. *oxaloides*.

**Key words:** subclovers, ecology, soil nutrients, granulometry, infraspecific differences.



# CAMBIOS EN LA COMPOSICIÓN FLORÍSTICA, DIVERSIDAD Y CALIDAD, A ESCALA DE PARCELA, EN UN PRADO DE MONTAÑA PIRENAICO

R. FANLO<sup>1</sup>, M. PALLARES<sup>1</sup>, D. VILLALBA<sup>2</sup>, D. CUBILÓ<sup>2</sup> y E. MOLINA<sup>2</sup>

## RESUMEN

Diferentes autores han demostrado que existen diferencias en la composición florística, diversidad y calidad forrajera, de las parcelas de una pradería en función de su situación dentro de ésta. Los prados alejados de la explotación o situados en las partes más inaccesibles por su altitud, tienen una diversidad mayor y una calidad forrajera menor, que los situados en las zonas bajas y próximos a las explotaciones. El efecto de la gestión (más intensa en las partes de mejor acceso), y el lavado de nutrientes hacia zonas bajas, son los responsables de estas diferencias.

En este trabajo se comprueba, que ese mismo patrón puede repetirse a escala de parcela (de 2,3 ha) cuando la topografía de la misma, permite fácilmente distinguir entre partes altas (próximas al límite del bosque), medias y bajas junto a la zona de acceso.

**Palabras clave:** Valor Pastoral, gestión, efecto de escala, riqueza florística.

## INTRODUCCIÓN

Los prados son comunidades vegetales muy intervenidas, ya que pueden estar sometidas a diferentes prácticas agrícolas como abonados de distinto tipo, resiembras o riego. Este manejo favorece a unas especies; generalmente a las gramíneas; en detrimento de otras y, en definitiva, produce una disminución de la diversidad florística. En los prados de la Península Ibérica, algunos autores han constatado este hecho, al comparar la diversidad de los prados de una misma localidad, y que están sometidos a distintos manejos y en posiciones topográficas muy diferentes: Navascués *et al.*, (1986) en la cordillera Cantábrica; Llana *et al.*, (1990) en ambientes atlánticos; Hereu y Fanlo, (1992) para los Pirineos leridanos, y Fanlo (2005) en los Pirineos aragoneses. Similares resultados se han podido constatar en prados de montaña de otros países europeos: Suiza (Britschgi *et al.*, 2006), Noruega (Mykkestad y Saetersdal, 2004) y Gran Bretaña (Sotherton *et al.*, 2000; Vickery *et al.*, 2001), entre otros.

Cabría preguntarse si este patrón de distribución de la diversidad en la pradería (que sería una diversidad espacial de tipo  $\beta$ ), se repite a escala mas pequeña en parcelas de tamaño considerable (mayores de 1 ha); lo que Fillat (com. personal) denomina "el efecto zoom".

---

<sup>1</sup> Departamento de Producción Vegetal y Ciencia Forestal, Universidad de Lleida. Avda. Rovira Roure 191, 25198 Lleida.

<sup>2</sup> Departamento de Producción Animal, Universidad de Lleida. Avda. Rovira Roure 191, 25198 Lleida.

## MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en un prado (de 2,3 ha) situado en el municipio de Alins (Pallars Sobirà, Lleida) e incluido dentro del Parque Natural del "Alt Pirineu". Está situado a 1.048 m snm (coordenadas 42°32'09" N y 1°16'33" E); con pendiente en orientación N-NW, su vegetación pertenece a la Clase *Molinio-Arrhenatheretea* y limitado en su parte mas alta por un pinar de *Pinus sylvestris* L. mezclado con *Quercus pubescens* Willd. No se conoce, con exactitud, el tiempo que lleva utilizándose como prado ("desde siempre", según el propietario) pero hace unos cinco años fue resembrada, en algunas de sus partes, con una mezcla "forrajera" para paliar los destrozos producidos por los jabalíes.

En él se pueden distinguir tres partes, o subparcelas, bien diferenciadas: 1) la parte más alta (zona A) con una pendiente próxima al 28%; la media (zona B) con una pendiente del 8% y la parte baja (zona C) prácticamente plana que presenta una plantación de *Populus* sp. y *Catalpa* sp. (Figura 1). A la parcela se accede por dos entradas en los extremos de la zona C, más próxima al río y a la carretera.

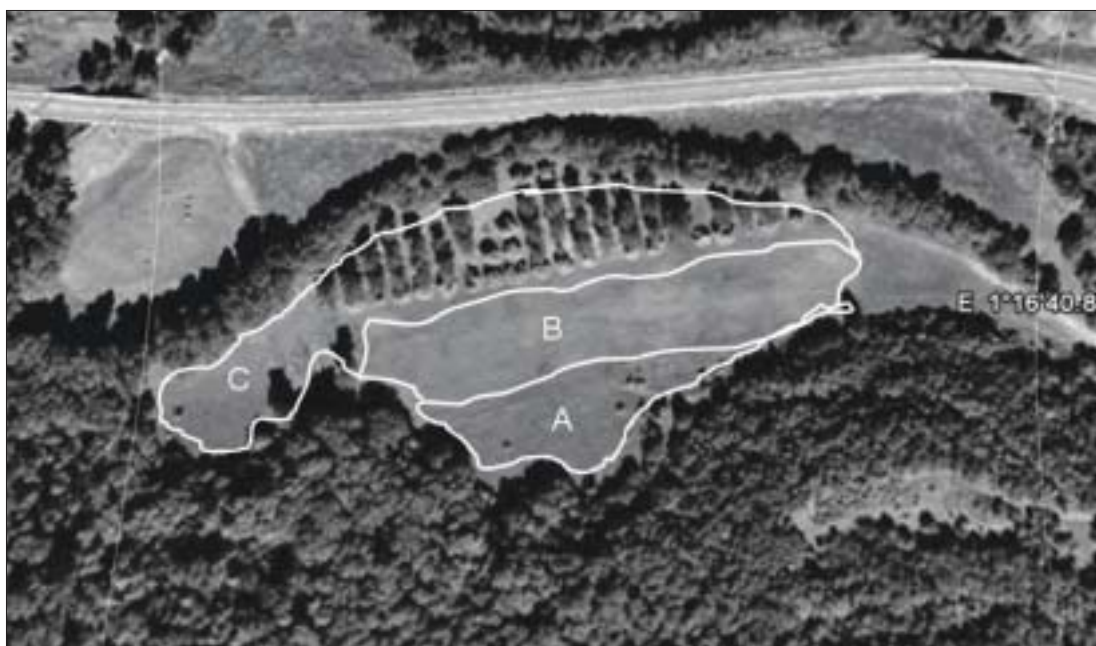


Figura 1. Distribución de las diferentes zonas de la parcela de estudio.

A: parte más pendiente, B: zona media y C: zona baja y horizontal. (fondo de la figura : Google Earth)

La hierba era utilizada "en verde" para alimentar a terneros de engorde en un sistema de explotación ecológica, mediante pastoreo directo, a la salida de la primavera y, posteriormente, segando y dándosela a los animales. En el primer aprovechamiento por pastoreo, los animales consumieron la hierba, en su totalidad, hasta una altura de unos 3 cm.

La climatología corresponde a un clima de montaña, con precipitaciones próximas a los 700 mm durante todos los meses del año (en verano debido a lluvias de origen convectivo y en invierno en forma de nieve). Los inviernos son fríos con heladas seguras de noviembre a marzo, y probables de septiembre a mayo. A pesar de no existir déficit hídrico en verano, el propietario aprovecha la presencia de una fuente próxima y riega, por aspersión, durante los meses de julio y agosto.

El muestreo de la hierba se llevó a cabo durante el verano de 2009. De cada una de las tres zonas establecidas, se recolectaron 5 muestras de 0,5 m x 0,5 m, tanto de la ofer-

ta primaveral (finales de junio), como del aprovechamiento de verano (finales de julio). El material, una vez en el laboratorio, se separó por especies, secándose durante 48 horas en estufa de aire forzado a 60°C. Posteriormente se pesó la MS aportada por cada una de las especies, para el cálculo de la producción en MS, composición florística, Valor Pastoral y, con esta misma materia seca, se realizaron análisis bromatológicos (resultados no incluidos en este trabajo). Todos los datos obtenidos (producción, composición florística, índice de Shannon y Valor Pastoral) fueron analizados con el programa SPSS, y con el fin de comparar las medias se utilizó el test de la Mínima Diferencia Significativa (LSD).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La *Tabla 1* muestra los promedios de producción, composición florística (en grupos funcionales), diversidad y Valor Pastoral, de cada una de las zonas de la parcela. Los valores agrupan los datos del primer y segundo aprovechamiento por zonas, dado el bajo número de repeticiones. Como puede observarse, no existen diferencias significativas en la producción media en MS de cada una de las zonas; con unos rangos entre 4570 a 1850 kg en el primer aprovechamiento; y entre 2474 a 1100 kg en el segundo. Estos valores de producción son similares a otros prados de los Pirineos (Chocarro *et al.*, 1991; Fanlo *et al.*, 1991; Gómez, 2001).

*Tabla 1.* - Valores (media  $\pm$  ES) de los dos primeros aprovechamientos (finales de junio y julio): producción en MS, composición florística (grupos funcionales), Valor Pastoral y diversidad (índice de Shannon-Weaver), de cada una de las zonas de la parcela

Zona de la parcela	Producción en MS kg /ha . año	Composición florística			Calidad forrajera Valor Pastoral	Diversidad H' Shannon-Weaver
		% gramíneas	% leguminosas	% otras especies		
<b>Alta (A)</b>	2542,22 $\pm$ 1316,91 a	27,64 $\pm$ 15,59 b	17,44 $\pm$ 8,78 b	54,91 $\pm$ 19,18 a	51,44 $\pm$ 15,25 b	2,20 $\pm$ 0,29 a
Especie más frecuente:		<i>Festuca pratensis</i>	<i>Lotus corniculatus</i>	<i>Achillea millefolium</i>		
<b>Media (B)</b>	2623,06 $\pm$ 1494,67 a	28,70 $\pm$ 15,23 b	39,42 $\pm$ 10,96 a	31,88 $\pm$ 13,2 b	63,57 $\pm$ 11,96 b	1,55 $\pm$ 0,17 b
Especie más frecuente:		<i>Poa pratensis</i>	<i>Trifolium repens</i>	<i>Plantago lanceolata</i>		
<b>Baja (C)</b>	2474,80 $\pm$ 1316,14 a	73,96 $\pm$ 35,48 a	1,37 $\pm$ 0,96 c	24,66 $\pm$ 12,65 b	78,50 $\pm$ 9,25 a	1,14 $\pm$ 0,11 c
Especie más frecuente:		<i>Dactylis glomerata</i>	<i>Trifolium repens</i>	<i>Taraxacum officinale</i>		

Valores de la misma columna seguidos de igual letra no son significativamente diferentes a  $P \leq 0,05$  para  $N=30$

En cuanto a la composición florística, según grupos funcionales de Gramíneas, Leguminosas y Otras especies; los porcentajes de cada grupo son significativamente diferentes según la procedencia de la muestra. La hierba de la parte baja (zona C) de la parcela posee la mayor proporción de gramíneas y menor proporción de leguminosas. Por el contrario, la parte más pendiente y elevada (zona A), tiene una composición con menos Gramíneas y los mayores valores de presencia de especies de Otras especies. La parte media (zona B) se caracteriza por su mayor proporción de Leguminosas en su MS, y es claramente una zona de transición para los otros grupos florísticos, pues no se diferencia de la zona inferior en Otras especies, ni con el valor de Gramíneas de la parte alta. Estos re-

sultados coinciden con los encontrados por Marinas *et al.* (2000) y Santa-María *et al.* (2003) para la composición en grupos funcionales, de parcelas de prados situadas a diferente altitud en praderías de los Pirineos de Huesca.

En lo que respecta a la diversidad florística, estimada según el índice de Shannon, se observa que disminuye drásticamente desde las partes más altas y pendientes (2,20), hacia las medias (1,55) y las más bajas y horizontales (1,14); siendo significativamente diferentes entre ellos.

Esta transición también se constata en el parámetro de calidad Valor Pastoral ya que existe una tendencia de aumentar al descender en la parcela y allanarse el terreno; aunque sólo sean significativamente diferentes los valores de A (alta) y B (media) frente a C (baja).

Debido a que estos datos están obtenidos en una sola parcela de prado, puede resultar prematuro extrapolarlos a todas las parcelas con topografía diversa; ya que no se sabe, o no se ha podido calcular, por ahora, el tamaño mínimo de parcela, a partir del cual se produzca una homogenización en la diversidad específica composición florística y/o en la calidad forrajera.

## CONCLUSIONES

Aunque los resultados de este trabajo se basen en los datos obtenidos en una sola parcela de prado, se comprueba que, en parcelas de prados suficientemente grandes, existen unos patrones de distribución y valores de la diversidad florística y calidad, semejantes a los que se encuentran en el conjunto de una pradería; con valores máximos de diversidad florística, y mínima calidad, en las partes menos accesibles, y próximas a otras comunidades naturales. Por el contrario, las zonas más accesibles son más pobres en diversidad pero con mayor calidad forrajera.

## Agradecimientos

Este trabajo fue realizado en el marco del proyecto "Possibilitats de Engreix Ecològic de Vedells al Pirineu de Lleida" financiado por la Universidad de Lleida.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRITSCHGI, A.; SPAAR, R.; ARLETTAZ, R., 2006. Impact of grassland farming intensification on the breeding ecology of an indicator insectivorous passerine, the Whinchat *Saxicola rubetra*: Lessons for overall Alpine meadowland management. *Biological Conservation* **130**, 193-205.
- CHOCARRO, C.; FANLO, R.; FILLAT, F.; GARCIA, A.; NAVASCUES, I., 1991., Comparación entre la composición florística de prados de fondo de valle y de ladera en los Montes Cantábricos y el Pirineo Oscense. En: *Botánica pirenaico-cantábrica*, IPE-CSIC e IEA (Eds.). CSIC. Jaca (España), 375-386.
- FANLO, R. 2005. Land-use impact on plant diversity in mountain grasslands of Fraga, Spanish Pyrenees. *EAAP Scientific Series* **115**, 224-228.
- FANLO, R. ; FILLAT, F. ; CHOCARRO, C. ; ENRIQUEZ, S., 1991. Principaux changements dans la prairie permanente des Pyrénées centrales pendant un cycle végétatif. En: *IV International Rangeland Congress*, Association Française de Pastoralisme (Eds.). Montpellier (France) **1**, 110-113.
- GÓMEZ, M. 2001. Estudio de la gestión tradicional de la pradería de Espot (Pallars Sobirà, Lleida). Trabajo Práctico Tutorado, ETSEA, Universidad de Lleida. 140 pp.
- HEREU, M. Y FANLO, R. 1992. Recursos pratenses de la Vall d'Assua (Pallars Sobirà): tipificación, calidad y producción. En: *Actas de la XXXII Reunión Científica de la SEEP*, SEEP *et al.* (Eds.). Pamplona (España), 224-228.
- LLANA, G.; OBESO, J.R.; ÁLVAREZ, M.A., 1990. Incidencia del manejo en la composición de los prados de siega atlánticos. En: *Actas de la XXX Reunión Científica de la SEEP*, Pastos (Eds.). San Sebastián (España), 248-255.
- MARINAS, A.; CHOCARRO, C.; FANLO, R.; FILLAT, F., 2000. Los paisajes de montaña (valle o la-

- dera) y su influencia en las características florísticas, de diversidad, producción y calidad de los prados de siega del Pirineo Aragonés. En: *Actas de la III Reunión Ibérica de Pastos y Forrajes*, Xunta de Galicia (Eds.), A Coruña-Bragança, 135-139.
- MYKLESTAD, A.; SÆTERSDA, M., 2004. The importance of traditional meadow management techniques for conservation of vascular plant species richness in Norway. *Biological Conservation* **118**, 133-139.
- NAVASCUES, J.; LUIS, E.; ZUAZUA, T., 1986. Análisis estructural de las comunidades de prados de siega de Riaño en función de la cobertura específica. *Pastos*, **16(1-2)**, 81-92.
- SANTA-MARIA, M.; CHOCARRO, C.; AGUIRRE, J.; FILLAT, F., 2003. Clasificación de los prados semiextensivos del Pirineo Central a partir de su composición florística. En: *Pastos, desarrollo y conservación*, A. B. ROBLES *et al.* (Eds.), Sevilla /España), 593-599.
- SOTHERTON, N.W.; SELF, M.J., 2000. Changes in plant and arthropod biodiversity on lowland farmland: an overview. En: *Ecology and Conservation of Lowland Farmland Birds*, N.J.AEBISCHER *et al.* (Eds.). British Ornithologist's Union, Tring (UK), 26-36.
- VICKERY, J.A.; TALLOWIN, J.R.; FEBER, R.E.; ASTERAKI, E.J.; ATKINSON, P.W.; FULLER, R.J.; BROWN, V.K., 2001., The management of lowland neutral grasslands in Britain: effects of agricultural practices on birds and their food resources. *Journal of Applied Ecology* **38**, 647-664.

## CHANGES IN THE FLORISTIC COMPOSITION, DIVERSITY AND FORAGE QUALITY, TO SCALE OF PLOT, IN A PYRENEAN MOUNTAIN MEADOW

### SUMMARY

Several authors have demonstrated that there are differences in the floristic composition, diversity and forage quality of plots, according to their situation in the meadowland. The most remote and high meadows have a greater diversity and a minor forage quality than the ones placed the lower parts and nearer the farms. If one plot is sufficiently big, this trend might be reproduced at meadow scale.

The results show that the floristic diversity is greater in the higher and remoter zones than in the lower and closer ones, while the proportion of grasses and the forage quality (Pastoral Value) is better in the lower and more accessible zones.

**Key words:** Pastoral Value, management, zoom effect, floristic richness



# EFFECTO DE LA MATORRALIZACIÓN EN LA ESTRUCTURA FLORÍSTICA DE LOS PASTOS DEL P.N. DEL MONCAYO (ZARAGOZA)

R. GIMÉNEZ<sup>1</sup>, A.J. AGUIRRE<sup>2</sup> y D. GÓMEZ GARCÍA<sup>1</sup>

## RESUMEN

Como otras montañas de nuestro entorno, los pastos del Moncayo experimentan una expansión del matorral coincidente con profundas modificaciones en su gestión tradicional. En este trabajo estudiamos algunos cambios en la estructura de la vegetación observados en dicho proceso y sus consecuencias sobre el potencial pastoral y el interés ecológico.

En cuatro áreas del territorio situadas entre 1400 y 1700 m snm se situaron parcelas de 9 m<sup>2</sup> en cuatro estadios crecientes de colonización arbustiva. En cada parcela se obtuvieron 142 contactos sobre la vegetación mediante inventarios lineales. Con el aumento del matorral, la diversidad, tanto en número de especies como en su proporcionalidad, disminuyó en todos los casos, mientras que aumentó la dominancia. En las formas biológicas, cabe destacar una marcada disminución de terófitos y hemicriptófitos, mientras que en las familias taxonómicas, decrecieron principalmente Asteráceas, Poáceas y Fabáceas.

El proceso de matorralización en el territorio acarrea una disminución de la cobertura herbácea y de las gramíneas y leguminosas que incluyen muchas de las plantas de mayor valor pastoral, afectando al potencial ganadero. En cuanto al interés de conservación, aparte de la disminución de diversidad, cabe esperar una amenaza para las especies de alto interés de conservación por su rareza o escasez de sus poblaciones.

**Palabras clave:** Diversidad, calidad pastoral, conservación vegetal.

## INTRODUCCIÓN

Se entiende por matorralización el proceso por el cual la vegetación, con predominio de plantas herbáceas, resulta colonizada por arbustos y árboles de carácter autóctono debido a cambios en los factores bióticos o abióticos (Van Auken, 2000), todavía no bien conocidos y quizás diferentes en distintas latitudes e historias de uso del territorio (Archer *et al.*, 1995). En muchos ambientes se trata de un proceso que forma parte de la denominada "sucesión vegetal" y conduce, a lo largo del tiempo, a la formación de bosques o bien de comunidades permanentes dominadas por arbustos (Braun-Blanquet, 1979). Dicho pro-

---

<sup>1</sup> Instituto Pirenaico de Ecología, CSIC, Apdo 64, 22700 Jaca (Huesca).

<sup>2</sup> Área de Ingeniería Agroforestal, EPSH-UZ, Ctra. Cuarte s/n. 22071 Huesca.

ceso afecta a vastas superficies del planeta, en particular las situadas en montañas de regiones áridas y semiáridas (Van Devender y Spaulding, 1979) que incluyen parte de la región mediterránea en la que se sitúa gran parte de la Península Ibérica. En el Parque Natural del Moncayo, con tradición ganadera secular, este fenómeno se ha generalizado en las últimas décadas y afecta a una notable parte de la superficie pastoral (Gómez García *et al.*, 2006).

A escala de comunidad vegetal, el incremento del matorral modifica el contenido en nitrógeno, carbono y otras propiedades del suelo (Bush *et al.*, 1986) e influye en distintas variables morfológicas y estructurales de las plantas provocando cambios en la composición florística (Dolman y Sutherland, 1992; Ramírez *et al.*, 2000; Peco *et al.*, 2004). A escala de paisaje o de territorio pastoral, el aumento del matorral lleva a una disminución de la heterogeneidad y pérdida de valores estéticos y a un aumento del riesgo de incendio por acumulación de biomasa (Van Auken, 2000).

Respecto a la conservación del entorno natural, la matorralización constituye un problema de primera índole para plantas, invertebrados, aves y otros grupos biológicos (Dolman y Sutherland, 1992).

El macizo del Moncayo resulta muy apropiado para el estudio de la matorralización por albergar en los variados ambientes del territorio definidos por la afinidad biogeográfica (atlántica, mediterránea, eurosiberiana), la naturaleza edáfica y climática (Uribe-Echebarria, 2002), un número notable de los arbustos en expansión de la Península Ibérica.

En el presente trabajo analizamos los cambios en la estructura de la vegetación relacionados con la cobertura, la diversidad y la composición florística, medida a través de las formas biológicas y las familias taxonómicas, en distintas etapas de recubrimiento de matorral y en varios tipos de comunidades pastorales considerados en su conjunto.

## MATERIAL Y MÉTODOS

El trabajo de campo se llevó a cabo en el año 2009, en el sector nororiental de la sierra del Moncayo, situada en el extremo NE del sector central del Sistema Ibérico, del que constituye su cota altitudinal más elevada (2.315 m en el Pico de San Miguel). El territorio de estudio, con una larga tradición pastoral, se sitúa entre 1.400 y 1.700 m de altitud, orientado al N, con mosaico de sustratos calizos y silíceos y suelos de naturaleza moderadamente ácida. La vegetación está formada por un mosaico de pastos herbáceos y arbustivos (Gómez *et al.*, 2005); los arbustos dominantes son *Juniperus communis* subsp. *alpina*, *J. sabina*, *Erinacea anthyllis* y *Genista scorpius* en distintas combinaciones y grados de abundancia, más varias decenas de matas y sufrútices de menor relevancia en el paisaje vegetal.

Tratando de mantener los criterios de representatividad del área pastoral y homogeneidad topográfica, geológica y climática, se han elegido cuatro zonas de estudio situadas entre 1500 y 1700m, con similar orientación –N-NE- y pendiente -entre 20 y 30º-. La vegetación resulta homogénea en su fondo florístico y muestra una fisionomía similar, pero diferentes grados de presencia de los arbustos mencionados. En cada área de estudio se seleccionaron cuatro categorías, o “clases” de cobertura de matorral que representan el proceso completo de la matorralización en cada una de ellas: Clase I: cobertura del matorral (CM) < 12,5%; Clase II: 12,5% <CM< 33%; Clase III: 33% <CM< 66%; y Clase IV: CM > 66%. Dentro de cada Clase, se establecieron tres parcelas (réplicas) de 3 x 3 m, obteniendo de este modo un diseño factorial de: 4 áreas x 4 Clases de cobertura x 3 réplicas en cada Clase y totalizando 48 parcelas para el conjunto del estudio.

La composición florística se midió con 4 transectos lineales en cada parcela –dos siguiendo las diagonales y dos en las medianas del cuadrado– anotando los contactos en la vegetación cada 10 cm mediante el método del Point Quadrat (Goodall, 1952). En total se



anotaron 142 contactos por parcela (6816 en total). Además, se revisó minuciosamente cada parcela en distintas épocas con el fin de identificar las especies no contactadas y determinar con la mayor precisión los índices de diversidad (Magurran, 1989).

Para la discriminación de las posibles diferencias en los valores de diversidad, formas biológicas, familias taxonómicas y el conjunto de especies respecto a la Cobertura de Matorral, se realizaron Modelos Lineales Generales con un factor fijo (PROC GLM; SAS, 2004). Para poner en evidencia las posibles diferencias entre los niveles del factor fijo se utilizó el test de Tukey. En el análisis de formas biológicas, familias y conjunto de especies, se excluyeron las de los matorrales dominantes, para no enmascarar los resultados de las demás especies del pastizal.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el conjunto de las áreas de estudio se han anotado 128 especies que constituyen aproximadamente la décima parte de toda la flora del Moncayo y más de la mitad del total inventariado en los pastos (Gómez García *et al.*, 2006). La evolución de la cobertura media de matorral y del pasto herbáceo puede verse en la *Tabla 1*. El aumento de cobertura del matorral queda vinculado a la disminución del pasto herbáceo, sin que existan especies de este grupo viviendo entre los arbustos.

*Tabla 1: Valores medios de la cobertura de matorrales y herbáceas, en tanto por uno, dentro de las diferentes clases de cobertura de matorral*

Clases de cobertura	I	II	III	IV
Matorral	0,04	0,23	0,46	0,75
Herbáceas	0,96	0,77	0,54	0,25

La *Tabla 2* muestra las variaciones en la riqueza florística, diversidad (índice de Shannon) y dominancia (Simpson, 1949) a lo largo del proceso de matorralización en el conjunto de las zonas de estudio. La Riqueza total de especies disminuye significativamente en la Clase IV frente a la I y III, disminuyendo el 16,4% en la transición de la Clase I a II, aumentando el 7% de II a III y disminuyendo de nuevo un 29,3% de III a IV. En conjunto, disminuye el 36,5% de I a IV.

El índice de Shannon muestra una progresiva y significativa disminución de sus valores a medida que aumenta la cobertura del matorral, evidenciándose diferencias significativas entre las Clases I, III y IV; en las transiciones entre las Clases I a la II, de la II a la III y de la III a la IV se observa una disminución en el índice de Shannon de 10,1, 17,3 y 37,7% respectivamente; en conjunto el 53,7% de I a IV. La dominancia tiene, en cambio, una progresión positiva y directa con la colonización del matorral.

*Tabla 2: Medias y desviaciones estándar del índice de Shannon, de la riqueza específica y de la dominancia en cada Clase de cobertura. GLM univariante. SEM: error estándar de la media.*

*Letras distintas revelan diferencias significativas para el test post hoc de Tukey*

Variables	Clases de cobertura				SEM	p
	I	II	III	IV		
Shannon	2,18c (0,23)	1,96bc (0,27)	1,62b(0,25)	1,01a (0,49)	0,08	<0,001
Riqueza Especies	30,42b (5,53)	25,42ab (6,43)	27,33b (5,21)	19,33a (5,69)	0,99	0,001
Dominancia	0,18a (0,06)	0,20a (0,05)	0,29a (6,89)	0,57b (0,19)	0,03	<0,001

Queda constatada en todas las áreas de muestreo una disminución de la diversidad florística a lo largo del proceso de matorralización, tanto en el número de especies (riqueza flo-

rística) como en su proporción (índice de Shannon), tendencia ya constatada en otros estudios realizados en el centro peninsular (Peco *et al.*, 2005).

Respecto a las formas biológicas, la Tabla 3 muestra que terófitos y hemicriptófitos difieren significativas entre las distintas Clases de matorral. Los terófitos, que únicamente constituyen un 1,1% del conjunto de los pastos, son significativamente más abundantes en la Clase I que en las demás y disminuyen en la IV hasta un 88%. Los hemicriptófitos, 54,3% del conjunto de los pastos, muestran la misma tendencia, con una disminución significativa a partir de la Clase II. La disminución total de este grupo de la Clase I a la IV es del 72,7%.

**Tabla 3: Medias y desviaciones estándar de las frecuencias de las formas biológicas en cada una de las Clases de cobertura objeto de estudio. GLM univariante. SEM: error estándar de la media. Letras distintas revelan diferencias significativas para el test post hoc de Tukey**

Formas biológicas	Clases de Cobertura				SEM	p
	I	II	III	IV		
Terófitos	0,03b (0,06)	0,00a (0,00)	0,01ab (0,01)	0,00a (0,00)	0,005	0,019
Geófitos	0,00 (0,01)	0,00 (0,00)	0,00 (0,00)	0,00 (0,00)	0,001	0,194
Hemicriptófitos	0,79c ( 0,13)	0,68c (0,12)	0,47b (0,12)	0,21a (0,12)	0,037	< 0,001
Caméfitos	0,11 ( 0,13)	0,08 (0,11)	0,03 (0,03)	0,04 (0,07)	0,014	0,154
Fanerófitos	0,00 ( 0,00)	0,01 (0,02)	0,00 (0,00)	0,00 (0,00)	0,002	0,228

La disminución de terófitos puede estar relacionada con la disminución de huecos por falta de perturbaciones bióticas (pisadas y boñigas del ganado, toperas, etc.) y luminosidad, que frena la germinación de las semillas y el reclutamiento de plántulas (Grub, 1977). Por otro lado, la morfología intrincada de estos matorrales, tanto en sus tallos como en sus raíces, acrecienta el dominio del espacio ocupado y dificulta el desarrollo de las plantas herbáceas, anulando un aumento de la diversidad ligado al fenómeno de la facilitación, como ha sido descrito en ambientes más áridos (Soriano *et al.*, 1980; Pugnaire *et al.*, 1996a y b). Los hemicriptófitos, con reproducción asexual preponderante, verían mermada su abundancia por la presión y competencia por los nutrientes ejercida por el matorral (Felker y Clark, 1980).

Respecto a la composición florística por familias botánicas, la Tabla 4 muestra los resultados de las que resultaron significativamente diferentes dentro de cada Clase para el conjunto de las áreas de estudio, mostrando una tendencia general en estas familias a disminuir sus frecuencias conforme aumenta el matorral. Asteráceas y Poáceas presentan valores mayores en la Clase I y significativamente distintos respecto de la III y IV. Además, en las Poáceas hay diferencias entre la Clase III y la IV. Las Asteráceas pierden hasta el 95% de su representatividad desde la Clase I a la IV; las Poáceas descienden hasta un 70%; y las Fabáceas un 92%, una vez excluidos los matorrales colonizadores.

**Tabla 4: Medias y desviaciones estándar de las frecuencias de las FAMILIAS en cada una de las Clases de cobertura objeto de estudio. GLM univariante. SEM: error estándar de la media. Letras distintas revelan diferencias significativas para el test post hoc de Tukey**

Familias	Clases de cobertura				SEM	p
	I	II	III	IV		
Asteráceas	0,10b (0,12)	0,06ab (0,08)	0,01a (0,01)	0,01a (0,01)	0,012	0,016
Poáceas	0,59c (0,14)	0,53bc (0,17)	0,41b (0,13)	0,18a (0,11)	0,030	< 0,001
Fabáceas	0,09b (0,11)	0,06ab (0,09)	0,02ab (0,02)	0,00a (0,00)	0,011	0,025
Campanuláceas	0,00 (0,00)	0,01 (0,02)	0,00 (0,00)	0,04 (0,07)	0,002	0,048

En relación con la conservación de la biodiversidad, ninguna de las especies de alto valor ecológico (raras, endemismos o en su límite de distribución), ha quedado representada en las parcelas de muestreo. Sin embargo, se ha constatado que la disminución de la riqueza de especies se ha producido principalmente en detrimento de las que mostraban frecuencias más bajas en las zonas con menor cobertura de matorral, lo que hace sospechar una tendencia similar para las especies de interés ecológico que habitan zonas vecinas sometidas al mismo proceso de matorralización. Lo anterior cobra relevancia si consideramos el alto número de especies raras existente en el P.N. del Moncayo y que más de la mitad de ellas ocupan hábitats vinculados a la explotación ganadera (Gómez García *et al.*, 2006).

## CONCLUSIONES

Se constata una disminución generalizada de la diversidad florística a lo largo del proceso de matorralización, debida principalmente a la pérdida de especies con menores frecuencias en las fases iniciales del proceso.

Desde una perspectiva aplicada al pastoreo, la matorralización disminuye la calidad pastoral, tanto por la reducción de la superficie de pastoreo -aumento de zonas difícilmente accesibles para el ganado- como por la pérdida de calidad nutritiva de las especies que permanecen en altas densidades de matorral (por descenso generalizado de gramíneas y leguminosas).

El desbroce de pequeños mosaicos de matorral facilitando la gestión pastoral (por ejemplo en las proximidades de majadas y abrevaderos), beneficiando la permanencia de pastos herbáceos, tal como ya se hace en otros territorios (Barbaro *et al.*, 2001) debería ser considerada como medida de gestión prioritaria en el espacio protegido.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARCHER, S.; SCHIMMEL, D.S.; HOLLAND, E.A., 1995. Mechanisms of shrubland expansion: land use, climate or CO<sub>2</sub>? *Clim. Change*, **29**, 91-99.
- BARBARO, L.; DUTOIT, T. y COZIC, Ph., 2001. A six-year experimental restoration of biodiversity by shrub-clearing and grazing in calcareous grasslands of the French Prealps. *Biodiversity ad Conservation*, **10**, 119-135.
- BRAUN-BLANQUET, J., 1979. *Fitosociología. Bases para el estudio de las comunidades vegetales*. Ed. Blume, 820 pp. Madrid (Spain).
- BUSH, J.K.; VAN AUKEN, OW., 1986. Changes in nitrogen, carbon and other surfaces soil properties during secondary succession. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, **50**, 1597-1601.
- DOLMAN, P.M.; SUTHERLAND, W.J., 1992. The ecological changes of breckland grass healths and the consequences of management. *Journal of Applied Ecology*, **29**, 402-413.
- FELKER, P.; CLARK, P.R., 1980. Nitrogen fixation (acetylene reduction) and cross inoculation in 12 *Prosopis* species. *Plant Soil*, **57**, 114-26.
- GÓMEZ, D.; MATEO, G.; MERCADAL, N.; MONTSERRAT, P.; SESÉ J.A., 2005. *Atlas de la Flora de Aragón*. Instituto Pirenaico de Ecología-Departamento de Medio Ambiente del Gobierno de Aragón. Publicación digital: <http://www.ipe.csic.es/floragon>
- GÓMEZ GARCÍA, D.; FILLAT, F. y GIL GIL, T., 2006. Informe sobre los pastos de PN del Moncayo y su aprovechamiento ganadero. Instituto Pirenaico de Ecología (CSIC) - Gobierno de Aragón. Informe inédito.
- GOODALL, D.W., 1952. Some considerations in the use of point quadrats for the analysis of vegetation. *Australian Journal of Scientific Research*. **5(1)**, 1-41.
- GRUBB, P.J., 1977. The maintenance of species-richness in plant communities: the importance of the regeneration niche. *Biol. Rev.*, **52**, 107-145.
- MAGURRAN, A.E., 1989. *Diversidad ecológica y su medición*. Ed. Vedral, 200 pp. Barcelona (Spain).
- PECO, B.; DE PABLOS, I.; TRABA, J.; LEVASSOR, C., 2004. The effect of grazing abandonment

- on species composition and functional traits: the case of dehesa grasslands. *Basic and Applied Ecology*, **6**, 175-183.
- PECO, B.; SÁNCHEZ, A.M.; AZCÁRATE, F.M., 2005. Abandonment in grazing systems: Consequences for vegetation and soil. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, **113**, 284-294.
- PUGNAIRE, F.I.; HAASE, P.; PUIGDEFABREGAS, J., 1996a. Facilitation between Higher Plant Species in a Semiarid Environment. *Ecology*, **77(5)**: 1420-1426.
- PUGNAIRE, F.I.; HAASE, P.; PUIGDEFABREGAS, J.; CUETO, M.; CLARCK, S.C.; INCOLL, L.D. 1996b. Facilitation and succession under a canopy of a leguminous shrub, *Retama sphaerocarpa*, in a semi-arid environment in south-east Spain. *Oikos*, **76**, 455-464.
- RAMIREZ SANZ, L.; CASADO, M.A.; DE MIGUEL, J.M.; CASTRO, I.; COSTA, M.; PINEDA, F.D., 2000. Floristic relationship between scrubland and grassland patches in the Mediterranean landscape of the Iberian Peninsula. *Plant Ecology*, **149**, 63-70.
- SAS, 2004. *SAS/STAT 9.1 User's Guide, Volumes 1-7*. SAS Institute Inc., Cary, North Carolina (USA).
- SIMPSON, E.H., 1949. Measurement of diversity. *Nature*, **163(4148)**, 688.
- SORIANO A., SALA, O.E. y LEÓN, J.C., 1980. Vegetación actual y vegetación potencial en el pastizal de Coiron Amargo (*Stipa* spp.) del SW de Chubut. Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica, Volumen **XIX(1-2)**, 309-314.
- URIBE-ECHEBARRÍA, P.M., 2002. *Vegetación e itinerarios botánicos en el Parque Natural del Moncayo*. Consejo de Protección de la Naturaleza de Aragón. Zaragoza (Spain).
- VAN AUKEN O.W., 2000. Shrub Invasions of North American Semiarid Grasslands. *Annu. Rev. Ecol. Syst.*, **31**, 197-215.
- VAN DEVENDER, T.R.; SPAULDING, W.G., 1979. Development of vegetation and climate in the southwestern United States. *Science*, **204**, 701-710.

## EFFECTS OF SHRUB ENCROACHMENT IN THE FLORISTIC STRUCTURE OF GRASSLANDS IN MONCAYO NATURAL PARK (ZARAGOZA)

### SUMMARY

As it happens in other neighbouring mountain regions, grasslands of the Moncayo are subjected in the last decades to a dramatic shrub expansion, which coincides with deep transformation of traditional land uses. In this work, we study some changes in the structure of vegetation related with the process of shrub encroachment as well as their consequences on the live-stock carrying capacity and in the ecological values.

In four different vegetation areas of the SE of Moncayo, placed between 1400 and 1700m a.s.l., a total of 48 plots of 3 x 3 m, were placed in four phases of shrub colonization (shrubs covering respectively; less than 25%; between 25 and 50%; between 50 and 75% and more than 75%; three plots in each phase totalizing 12 per area). In each plot 142 contacts on the vegetation (by means of linear releves following the poin quadrat method) were obtained. Plant diversity, both species richness and Shannon index, decreased in all the cases, while dominance increased. Regarding life-forms, a clear decrease of terophytes and hemicryptophytes was observed as encroachment increased, while taking into account the taxonomic families, Asteraceae, Poaceae and Fabaceae decreased their presence.

The process of shrub encroachment in the territory causes a diminishment of the herbaceous plant cover, particularly of grasses and leguminous, which includes most of the plants with high pastoral value, thus affecting the carrying capacity. Furthermore, shrub expansion can be considered as a threat for biodiversity conservation, particularly for rare plants with small populations living in these grasslands.

**Key words:** Diversity, pastoral value, plant conservation.

# RECUPERACIÓN DEL MATORRAL TRAS DESBROCE MECÁNICO Y QUEMA EN PASTOS DE LA SIERRA DE ARALAR Y BELATE (NAVARRA)

D. GÓMEZ GARCÍA<sup>1</sup>, A.J. AGUIRRE<sup>2</sup> y X. LIZAUZ SUKÍA<sup>1</sup>

## RESUMEN

Con el fin de probar la eficacia de distintos tipos de desbroce, se establecieron en sendas zonas de pastos de Aralar y Belate (Navarra) un total de 16 parcelas de 200 m<sup>2</sup> sometidas por pares, respectivamente, a desbroce mecánico alto, a ras de suelo, y a quema, más dos parcelas control. La mitad de esas parcelas quedaron cerradas al ganado y la otra mitad abiertas. En cada parcela se ha seguido el impacto sobre la vegetación de cada tratamiento y la recuperación posterior del matorral (altura y cobertura) dominado por argoma (*Ulex gallii*) y brezos (*Erica* spp y *Calluna vulgaris*).

Los resultados tras tres años muestran una eficacia desigual de los distintos tratamientos. En Aralar, con matorral más denso y pendiente más suave, el desbroce mecánico ha resultado más efectivo, mientras en Belate el incendio ha retardado más la recuperación del matorral.

El pastoreo ha conseguido un escaso aunque perceptible retardo en la recuperación del matorral que en todos los casos ha mostrado una recuperación rápida y vigorosa. Cabe concluir que la elección del tratamiento de desbroce se adecuará a las características de la vegetación y la topografía y deberá ser repetido, al menos en una primera fase, con corta periodicidad, fomentado a la vez la presión de pastoreo en las zonas tratadas.

**Palabras clave:** matorralización, conservación de pastos.

## INTRODUCCIÓN

El embastecimiento de la vegetación herbácea por la expansión de plantas leñosas es uno de los procesos más conspicuos del denominado “cambio global” y ha sido ampliamente documentado en las últimas décadas, sobre todo en pastos semiáridos de Norteamérica y regiones de savana (Archer *et al.*, 1995; Roques *et al.*, 2001). Menos conocido resulta dicho fenómeno en territorios ganaderos de nuestro entorno geográfico a pesar de resultar ya muy aparente en gran parte de los pastos de nuestras montañas, tanto en el ámbito pirenaico-cantábrico como del mediterráneo.

La “matorralización” ha sido atribuida en diferentes regiones al sobrepastoreo, a cambios en el manejo del suelo, a la disminución del uso del fuego y al incremento del CO<sub>2</sub> en

<sup>1</sup> Instituto Pirenaico de Ecología, CSIC, Apdo 64, 22700 Jaca (Huesca).

<sup>2</sup> Área de Ingeniería Agroforestal, EPSH-UZ, Ctra. Cuarte s/n. 22071 Huesca.

la atmósfera (Van Auken, 2000; Silva *et al.*, 2001; Hoch *et al.*, 2002). Sea como fuere, aumenta la convicción de una especificidad territorial en las causas, mecanismos y velocidades de expansión del matorral que quedarían estrechamente vinculadas con características ambientales y con la historia de los usos humanos (Archer *et al.*, 1995). La colonización arbustiva puede interpretarse como dinámica “natural” de la vegetación cuya evolución, tiende a incrementar los tipos leñosos, ocasionando el aumento de la cobertura de matorral en primer término y la forestal a continuación, para recuperar el bosque originario (Braun-Blanquet, 1979). En ocasiones, la matorralización puede presentar características diferenciales respecto a dicha sucesión y, en consecuencia, conducir a “nuevos estados” (Scheffer *et al.*, 2001; Briggs *et al.*, 2005) cuya predicción resulta de gran interés ecológico desde las perspectivas de estudio teórica y aplicada.

Desde un punto de vista aplicado, el aumento del matorral obra en detrimento de los pastos, reduciendo su cobertura y dificultando el acceso del ganado a zonas determinadas, lo que a su vez retroalimenta el proceso y en general reduce la calidad del pasto y la capacidad de carga de los territorios pastorales (Ward, 1990). Adicionalmente, la matorralización puede ocasionar una disminución de la biodiversidad, afectar hábitats de alto interés de conservación (Dolman *et al.*, 1992), y aumentar el riesgo de incendio.

Por unas u otras razones, el control de la matorralización pide paso en la gestión de muchas zonas pastorales (Smith, 1980; Crofts, 1994) y resulta necesario evaluar métodos de desbroce tanto por su eficacia en el control arbustivo como por sus efectos sobre la recuperación de la vegetación herbácea y de la flora de mayor interés de conservación. En este marco, se ha llevado a cabo un seguimiento experimental de la evolución de la vegetación tras desbroce mecánico y quema en pastos del Pirineo navarro y exponemos en este trabajo su eficacia tras tres años de seguimiento.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Los pastos de Belate y los de la Sierra de Aralar están situados en los límites de la divisoria de aguas cántabro-mediterránea, en clima netamente atlántico, lluvioso y neblinoso, en el dominio del haya (*Fagus sylvatica*) y habitualmente sin sequía estival. Forman parte de sendos LIC (Lugares de Interés Comunitario). Las altitudes del terreno están comprendidas, en Aralar, entre 1.100 y 1.190 msnm, y en Belate entre 915 y 935 msnm. Los suelos son ácidos en ambas zonas (pH en las parcelas de Aralar: 4,83 y en las de Belate: 4,34). La vegetación actual en Aralar se compone de argomal de *Ulex gallii* con algún brezo (orden *Calluno-Ulicetalia*), y pastos acidófilos de *Danthonia decumbens* en los claros (as. *Jasiono laevis-Danthonietum decumbentis* Loidi 1983, de la alianza *Violion caninae*). Las especies pascícolas más abundantes son *Festuca nigrescens* subsp. *microphylla*, *Trifolium repens* y *Agrostis capillaris*. La vegetación actual en las parcelas de Belate se compone de argomal-breza húmedo de *Ulex gallii* (Orden *Calluno-Ulicetalia*), formando mosaico con pastizales silicícolas de *Agrostis curtisii* (*Carici piluliferae-Agrostietum* Darquistade *et al.* 2004 *curtisii*), en su variante higrófila. *Agrostis curtisii* es la especie más abundante de este tipo de pastizal y son muy frecuentes también *Molinia caerulea* y *Avenula sulcata*, mientras que resultan escasas *Festuca nigrescens* y *F. gr. ovina* y faltan casi totalmente las leguminosas herbáceas. El uso al que están sometidos estos territorios es pastoreo con ganado mixto: vacuno, ovino y equino; permaneciendo sólo éste último en los meses de invierno.

En cada zona, Aralar y Belate, se delimitaron 8 parcelas contiguas de 20 x 20 m cada una, con topografía y vegetación uniforme formada por un mosaico de matorral con *Ulex gallii* predominante y pastizales de las asociaciones señaladas anteriormente. Las parcelas de Belate están situadas en una ladera orientada al N, con una pendiente homogénea del 40%. Las de Aralar, en ladera orientada al E y con una pendiente que oscilan entre el 14% y el 27%.

El protocolo experimental responde a la combinación de tres tratamientos: dos de desbroce mecánico (uno a una altura de 10 cm -"alto"- y otro a ras de suelo -"a ras"-) y quema; para cada tratamiento de desbroce, se instaló una parcela abierta al ganado y otra cerrada tal como se resume en la *Tabla 1*.

*Tabla 1: Diseño experimental*

Pastoreo	Desbroce			Quema
Si	No	a 10 cm	al ras	Si
No	No	a 10 cm	al ras	Si

La quema controlada, "mata a mata", se llevó a cabo en el mes de marzo de 2007. Los desbroces mecánicos se llevaron a cabo el 23 y 24 de abril de 2007 en Aralar y Belate respectivamente. Tanto en las parcelas desbrozadas mecánicamente como en las quemadas, los restos se dejaron sobre el terreno. El mismo día de los desbroces y las quemas se levantó un inventario florístico en cada parcela que incluyó medidas de altura y cobertura de las matas rebrotadoras. Además, se constató la utilización por el ganado a través de la presencia de excrementos. Similares inventarios se llevaron a cabo en las mismas fechas en los años posteriores.

La cobertura y altura de los matorrales han sido estudiadas con modelos lineales generales (PROC GLM; SAS, 2004), una vez transformada la cobertura para asumir las exigencias paramétricas, según el caso con uno o dos factores de los siguientes: Zona (Belate - Aralar), Desbroce mecánico (control, alto y a ras), quema (si - no) y pastoreo (si - no). Para poner en evidencia las posibles diferencias entre los niveles del desbroce mecánico se utilizó el test de Tukey.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La cobertura por matorrales y su altura media están correlacionadas ( $r = 0,752$ ;  $p < 0,001$ ). Tras tres años de seguimiento, el desbroce mecánico tuvo un efecto significativo sobre la cobertura y la altura de los matorrales (véase *Tabla 2*), de modo que el desbroce a ras redujo significativamente la cobertura de los matorrales frente al desbroce alto y al control, y el desbroce alto redujo significativamente la cobertura de los matorrales frente al control. En cuanto a la altura media de los matorrales, el desbroce a ras redujo significativamente su altura frente al control, mientras que el desbroce alto no difiere significativamente ni del control ni del desbroce al ras, mostrando valores intermedios. Los valores observados en la cobertura de matorrales entre las zonas de estudio resultan significativamente diferentes, manifestándose diferencias significativas en la interacción de los factores zona y desbroce; pudiéndose entender que aún siguiendo una tendencia análoga, los valores en las coberturas de ambas zonas difieren notablemente.

*Tabla 2: Medias de la cobertura de los matorrales en tanto por uno y su altura, según los desbroces mecánicos en las dos zonas de estudio. Modelo Lineal General para dos efectos fijos: zona (Z), desbroce mecánico (DM) y su interacción. SEM: error estándar de la media. Test Post hoc de Tukey para el desbroce mecánico en donde letras distintas evidencian diferencias significativas*

Variables	Zona						Probabilidad			
	Aralar			Belate						
	Desbroce mecánico						SEM	Z	DM	Z x DM
	Control	Alto	a ras	Control	Alto	a ras				
Cobert Matorrales	0,77c	0,33b	0,18a	0,41c	0,40b	0,32a	0,030	0,027	<0,001	<0,001
Alt Matorrales (cm)	39,84b	17,96ab	14,60a	21,63b	17,32ab	15,35a	5,683	0,169	0,005	0,109

La quema de las parcelas no tuvo un efecto significativo sobre la cobertura de los matorrales ni sobre su altura (véase *Tabla 3*). No obstante, el efecto de la zona sí lo tuvo, junto a la interacción con la quema, descubriendo diferencias de partida y procedimiento; a saber, en Aralar la cobertura inicial de matorrales era casi total mientras que en Belate formaban un mosaico, por lo que la quema de las parcelas de Aralar fue menos eficiente que en Belate, donde la quema reduce un 33% la cobertura de los matorrales y su altura.

**Tabla 3: Medias de la cobertura de los matorrales en tanto por uno y su altura, según parcelas quemadas o no en las dos zonas de estudio. Modelo Lineal General para dos efectos fijos: zona (Z) y quema (Q). SEM: error estándar de la media**

Variables	Zona				Probabilidad			
	Aralar		Belate					
	Quema				SEM	Z	Q	Z x Q
	No	Si	No	Si				
Cobertura Matorrales	0,55	0,65	0,42	0,28	0,039	<0,001	0,716	0,002
Altura Matorrales (cm)	27,37	23,96	20,90	14,08	4,943	0,103	0,304	0,731

El pastoreo reduce significativamente la cobertura de los matorrales sin conseguir el mismo efecto en su altura media (véase *Tabla 4*). Las diferencias encontradas en las dos zonas de estudio podrían enmascarar el efecto global del pastoreo.

**Tabla 4: Medias de la cobertura de los matorrales en tanto por uno y su altura según parcelas pastoreadas o no en las dos zonas de estudio. Modelo Lineal General para dos efectos fijos: zona (Z) y quema (Q). SEM: error estándar de la media**

Variables	Zona				Probabilidad			
	Aralar		Belate					
	Pastoreo				SEM	Z	P	Z x P
	No	Si	No	Si				
Cobertura Matorrales	0,64	0,52	0,40	0,37	0,033	<0,001	0,033	0,229
Altura Matorrales (cm)	26,02	26,62	19,86	17,58	4,632	0,105	0,856	0,757

El pastoreo de parcelas desbrozadas mecánicamente reduce significativamente la cobertura de los matorrales sin conseguir el mismo efecto en su altura media (véase *Tabla 5*).

**Tabla 5: Medias de la cobertura de los matorrales en tanto por uno y su altura según los desbroces mecánicos en parcelas pastadas o no. Modelo Lineal General para dos efectos fijos: pastoreo (P), desbroce mecánico (DM) y su interacción. SEM: error estándar de la media. Test Post hoc de Tukey para el desbroce mecánico en donde letras distintas evidencian diferencias significativas**

Variables	Pastoreo						Probabilidad			
	No			Si						
	Desbroce mecánico						SEM	P	DM	P x DM
	No	Alto	a ras	No	Alto	a ras				
Cobertura Matorrales	0,61c	0,41b	0,32a	0,61c	0,33b	0,20a	0,049	0,038	<0,001	0,214
Altura Matorrales (cm)	30,21b	19,54ab	16,33a	30,20b	15,20ab	12,94a	6,916	0,578	0,010	0,909

El pastoreo no muestra un efecto significativo en combinación con la quema (véase *Tabla 6*). No obstante, las diferencias encontradas en las dos zonas de estudio podrían enmascarar el efecto conjunto del pastoreo y la quema.



**Tabla 6: Medias de la cobertura de los matorrales en tanto por uno y su altura, según parcelas pastoreadas o no en las parcelas quemadas o no. Modelo Lineal General para dos efectos fijos: pastoreo (P), quema (Q) y su interacción. SEM: error estándar de la media**

Variables	Pastoreo				Probabilidad			
	No		Si					
	Quema				SEM	Z	Q	Z x Q
No	Si	No	Si					
Cobertura Matorrales	0,53	0,50	0,45	0,49	0,053	0,318	0,868	0,421
Altura Matorrales (cm)	24,92	18,00	22,97	20,04	5,903	0,992	0,332	0,694

## CONCLUSIONES

Los resultados permiten concluir que el desbroce del matorral tanto mecánico como mediante quema, resulta moderadamente eficaz. Al cabo de tres años, la cobertura y la altura alcanzada por el matorral en las parcelas desbrozadas, aun mostrando diferencias significativas con las parcelas control, permiten vislumbrar que en un lapso temporal corto recobrarán los valores originales.

En cuanto a los tipos de desbroce, la elección de uno u otro a escala local, deberá contemplarse en relación con la cobertura del matorral y algunos factores topográficos, especialmente la pendiente; en terrenos de pendiente media o elevada o bien con coberturas de matorral bajas, el fuego puede resultar más adecuado, al permitir un mayor control de los arbustos, retardando por tanto su recuperación. Por el contrario, en zonas de baja pendiente y alta cobertura vegetal, el desbroce mecánico, incluso a ras de suelo, ha mostrado más eficacia.

El pastoreo en las áreas desbrozadas retarda significativamente la recuperación del matorral y parece por tanto recomendable forzar la presión sobre dichas zonas, principalmente con ganado caballar, alargando su estancia anual en lo posible para fomentar no sólo el consumo de los rebrotes arbustivos, sino el pisoteo de los restos del desbroce y la apertura de claros que faciliten la expansión del pasto herbáceo (Davies y Waite, 1998). Sin embargo, la presión actual de ganado se muestra claramente insuficiente para, por sí sola, revertir, ni siquiera contrarrestar, la matorralización de estos pastos.

En la lucha contra el matorral a escala de paisaje hay que considerar medios, costes y cultura ganadera, lo que quizás lleve a contemplar la recuperación del fuego pastoral como ya se admite sin discusión en otros territorios (Briggs *et al.*, 2002).

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARCHER, S.; SCHIMMEL, D.S.; HOLLAND, E.A., 1995. Mechanisms of shrubland expansion: land use, climate or CO<sub>2</sub>? *Clim. Change*, **29**, 91-99.
- BRAUN-BLANQUET, J., 1979. Fitosociología. Bases para el estudio de las comunidades vegetales. Ed. Blume. 820 pp. Madrid (España).
- BRIGGS, J.M.; HOCH, G.A.; JOHNSON, L.C., 2002. Assessing the rate, mechanisms, and consequences of the conversion of tallgrass prairie to *Juniperus virginiana* forest. *Ecosystems*, **5**, 578-586.
- BRIGGS, J.M.; KNAPP, A.K.; BLAIR, J.M.; HEISLER, J.L.; HOCH, G.A.; LETT, M.S.; MCCARRON, K., 2005. An ecosystem in transition: woody plant expansion into mesic grassland. *BioScience*, **55**, 243-254.
- CROFTS, A., 1994. Restoration of unmanaged grassland. En: *The Lowland Grassland Management Handbook*, A. CROFTS y R.G. JEFFERSON (Eds.). English Nature/The Wildlife Trusts. Lincoln (UK), 8 pp.
- DAVIES, A.; WAITE, S., 1998. The persistence of calcareous grassland species in the soil seed bank under developing and established scrub. *Plant Ecology*, **136**, 27-39.

- DOLMAN, P.M.; SUTHERLAND, W.J., 1992. The ecological changes of breckland grass heaths and the consequences of management. *Journal of Applied Ecology*, **29**, 402-413.
- HOCH, G.A.; BRIGGS, J.M.; JOHNSON, L.C., 2002. Assessing the rate, mechanism and consequences of conversion of tallgrass prairie to *Juniperus virginiana* forest. *Ecosystems*, **6**, 578-586.
- SCHEFFER, M.; CARPENTER, S.; FOLEY, J.A.; FOLKE, C.; WALKER, B., 2001. Catastrophic shifts in ecosystems. *Nature*, **413**, 591-596.
- SMITH, C.J., 1980. *The Ecology of the English Chalk*. Academic Press. London (UK).
- ROQUES, K.G.; O'CONNOR T.G.; WATKINSON, A.R., 2001. Dynamics of shrub encroachment in an African savanna: relative influences of fire, herbivory, rainfall and density dependence. *Journal of Applied Ecology*, **38**, 268-280.
- SAS, 2004. *SAS/STAT 9.1 User's Guide, Volumes 1-7*. SAS Institute Inc., Cary, North Carolina (USA).
- SILVA, J.F.; ZAMBRANO, A.; FARINAS, M.R., 2001. Increase in the woody component of seasonal savannas under different fire regimes in Calabozo, Venezuela. *Journal of Biogeography*, **28**, 977-983.
- VAN AUKEN, O.W., 2000. Shrub invasion of North American semiarid grasslands. *Annu. Rev. Ecol. Syst.*, **31**, 197-215.
- WARD, L.K., 1990. Management of grassland-scrub mosaics. En: *Calcareous Grassland: Ecology and Management*, S.H. Hillier *et al.* (Eds.). Bluntisham Books. Bluntisham, Huntingdon (UK), 134-139.

## SHRUB RECOVERY AFTER MECHANICAL REMOVAL AND FIRE IN GRASSLANDS OF SIERRA DE ARALAR AND BELATE (NAVARRA)

### SUMMARY

With the aim of testing the effectiveness of different types of shrub removal, we installed 16, 200 x 200 m, plots in both of the grazing areas of Aralar and Belate (Navarra). In each area three pairs of plots were respectively subjected to mechanical shrub removal at ground level, at 10 cm height and to burning, and one pair more was left as a control. One plot in each pair was open to the grazing and the other fenced. The impact on the plant cover and the recovery of shrubs (average height and cover) was studied periodically during three years.

The results have shown a different effectiveness of the various treatments. In Aralar grasslands area, with higher cover of shrubs and gentle slope, mechanical removal has proved more effective. On the other hand, in Belate, with lower and more isolated shrub cover and steep slopes, burning has slowed down shrub recover better than mechanical removal. Grazing has proved scarce but significant retard in shrub recovery which, whatever the case, has shown a rapid and vigorous re-sprout capacity.

We can conclude that the type of removal treatment must be decided according to the topography features, particularly slope, and shrub cover. Stocking rate should be maintained as high as possible, specially horses and grazing period extended all over the year to allow not only grazing but also trampling and manuring, thus enhancing herbaceous plants expansion.

**Key words:** shrub encroachment, grassland conservation.

# EVOLUCIÓN DE LA ESTRUCTURA FLORÍSTICA TRAS 18 AÑOS DE EXCLUSIÓN DEL PASTOREO EN PASTOS SUBALPINOS DEL P.N. DE ORDESA Y MONTE PERDIDO (HUESCA)

D. GÓMEZ-GARCÍA y R. GARCÍA- GONZÁLEZ

## RESUMEN

Desde 1992 llevamos a cabo un programa de seguimiento a largo plazo de dos de las comunidades más abundantes en los pastos subalpinos del PNOMP: *Bromion erecti* y *Nardion strictae*. Dicho seguimiento pretende estudiar los cambios en la estructura de estos pastos en ausencia de pastoreo y se lleva a cabo mediante controles anuales de la vegetación (inventarios lineales con point-quadrat) en sendos cercados de exclusión situados en un territorio de uso tradicionalmente pastoral del piso subalpino. Los datos obtenidos en la cobertura vegetal y la estructura de formas biológicas y grupos funcionales pastorales tras 18 años de exclusión, no han mostrado diferencias significativas entre las parcelas pastadas y las excluidas. Únicamente la riqueza de especies ha sido mayor en las zonas pastoreadas en los dos tipos de vegetación, aunque sin mostrar tendencias claramente definidas y manteniéndose las especies dominantes. Los resultados indican un alto grado de persistencia en los pastos subalpinos respecto a los situados en niveles altitudinales más bajos con una marcada estabilidad en su cobertura y composición florística, que constata la sucesión vegetal tras el abandono del pastoreo en estos ambientes como un proceso ecológico a largo plazo.

**Palabras clave:** sucesión vegetal, interacción pasto-herbívoro.

## INTRODUCCIÓN

Los pastos del Pirineo constituyen un intrincado mosaico de comunidades vegetales, a veces denominadas "seminaturales", que son resultado de una sucesión secundaria estrechamente vinculada con la actividad humana, principalmente con el uso ganadero (Remón y Gómez, 1989; Aldezabal, 2001). En líneas generales cabe decir que la influencia del pastoreo sobre la vegetación disminuye con la altitud, mientras que se acrecientan las limitaciones impuestas por el clima y la topografía (Gómez *et al.*, 1997). Desde una perspectiva espacio-temporal, la presión de pastoreo ha sufrido en el Pirineo grandes cambios a lo largo de la historia (Chocarro *et al.*, 1990) y muestra además una gran heterogeneidad territorial, relacionada con factores topográficos (por ej.: altitud, pendiente), con la propia es-

---

<sup>1</sup> Instituto Pirenaico de Ecología CSIC, Apdo.64, 22700 Jaca (Huesca).

estructura de la vegetación (por ej.: producción primaria, biomasa, composición florística) y diversos factores de la gestión pastoral (por ej.: calendarios de uso, localización de infraestructuras) (García González *et al.*, 1991).

Los pastos sometidos a un régimen sostenido de pastoreo pueden ser considerados "comunidades estables" (comunidades permanentes o plagioclimax), con una composición florística en equilibrio (Silverton, 1980) que cabe constatar porque el orden de abundancia de las principales especies que los conforman, es más o menos fijo (Grubb *et al.*, 1982). Sin embargo, incluso en estas "comunidades estabilizadas" cabe siempre observar algún grado de dinámica (White, 1979) representado por entrada o salida de especies en cortos intervalos de tiempo y con escasa representación. Por el contrario, modificaciones bruscas en el régimen de pastoreo dan lugar a cambios ecológicos en las comunidades pascícolas, que es preciso conocer para una adecuada gestión de las mismas. En distintas regiones de montaña, en particular las del entorno alpino, el cese del pastoreo promueve una dinámica serial que en muchos casos acarrea pérdida de diversidad con recuperación paulatina de las comunidades arbustivas y arbóreas originarias (Austrheim *et al.*, 1998), aunque ciertas modificaciones ambientales pueden provocar cambios en la dirección de dicha sucesión secundaria (Scheffer *et al.*, 2001; Briggs *et al.*, 2005). El uso de parcelas permanentes resulta esencial en la identificación y seguimiento de las vías, causas y mecanismos de dichos procesos (Bakker *et al.*, 1996) y en las consecuencias sobre la calidad del pasto y su estructura, especialmente en la diversidad cuya relación con el pastoreo resulta muy variable en distintos ecosistemas (Huntly, 1991; Milchunas y Lauenroth, 1993).

Para evaluar los efectos de la ausencia de pastoreo a largo plazo, establecimos en 1992 dos cercados de exclusión para grandes herbívoros en el Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido (PNOMP), en los dos tipos de pasto más extendidos (*Bromion erecti* y *Nardion strictae*). Tras un primer análisis realizado a los seis años de seguimiento, (García González *et al.*, 1998), revisamos ahora, tras 18 años, algunos parámetros de la estructura de la vegetación dentro y fuera de dichas exclusiones.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Los dos cercados de exclusión de 12 x 12m están situados en los pastos de Cuello Arenas perteneciente al Puerto Bajo de Góriz (PNOMP). El territorio es utilizado por un rebaño de unas 250 vacas durante los meses de Julio a Septiembre (carga ganadera = 0,5 vacas/ha). En el mes de Septiembre también es pastoreada por un rebaño de ovejas de unas 2700 cabezas (carga ganadera = 4,9 ovejas/ha). La carga total es de 0,71 UGM/ha durante los 3 meses de verano (1UGM = 1,2 vacas = 6,7 ovejas). La altitud de las parcelas es de 1950 m en exposición N, la pendiente oscila entre 0°-5° y el período de innivación puede prolongarse de Noviembre a Mayo. La duración del período vegetativo es de 128 días por término medio.

Dentro y fuera de las exclusiones se establecieron dos transectos perpendiculares permanentes de 10 m de longitud, sobre los que se realizaron controles de la cobertura de las especies vegetales por medio del método del "point-quadrat" (García-González *et al.* 1991). Se realizaron 200 contactos dentro de cada cercado y 200 fuera de ellos, anotándose la especie que contactaba en primer lugar con la aguja (Noy-Meir, 1995). En este trabajo analizamos los cambios en la cobertura total de especies, la composición por formas biológicas, grupos funcionales y la diversidad en número de especies, obtenidos de los muestreos realizados a comienzos de Agosto, cuando muchas especies se encuentran allí en plena floración. La comparación de medias dentro y fuera de los cercados para todos los parámetros considerados, se ha llevado a cabo, una vez comprobadas la normalidad y homocedasticidad de sus distribuciones, mediante el test t de Student (SAS, 2004).

## RESULTADOS

La cobertura vegetal se ha mantenido sin cambios significativos en los dos tipos de pasto y tanto dentro como fuera de las exclusiones (Tabla 1). Cabe mencionar únicamente un descenso en la cobertura dentro de la parcela del *Nardion strictae* entre 2000 y 2004, debido posiblemente al hueco creado tras la acumulación de materia muerta que se recolonizó paulatinamente los años posteriores.

**Tabla 1: Promedio de las medias anuales observadas en el porcentaje de la cobertura de la vegetación en tanto por ciento dentro y fuera de los cercados en las dos comunidades estudiadas. Comparación de medias mediante el test t de Student**

Variables	Comunidad				Probabilidad			
	Nardion		Bromion		Nardion		Bromion	
	Dentro	Fuera	Dentro	Fuera	t	p	t	p
Cobertura vegetación (%)	94,59	96,03	99,82	99,38	-0,877	0,387	1,806	0,084

En cuanto al número de especies (Tabla 2), la parcela de *Bromion erecti* muestra una riqueza notablemente mayor que la de *Nardion strictae*, ya desde el comienzo del seguimiento. En ambos pastos, se encontraron significativamente más especies fuera de los cercados que dentro. Sin embargo, mientras que el número de especies se mantuvo aproximadamente estable en la parcela de *Nardion*, en la de *Bromion* el número de especies aumentó dentro del cercado (Figura 1).

La especie más abundante en ambas comunidades ha sido a lo largo de todo el período *Festuca nigrescens* acompañada en *Nardion strictae* por *Agrostis capillaris*, *Nardus stricta* y *Trifolium alpinum* y en el *Bromion erecti* por *Briza media* y *Agrostis capillaris*.

**Tabla 2: Promedio de las medias anuales observadas en la riqueza específica dentro y fuera de los cercados en las dos comunidades estudiadas. Comparación de medias mediante el test t de Student**

Variables	Comunidad				Probabilidad			
	Nardion		Bromion		Nardion		Bromion	
	Dentro	Fuera	Dentro	Fuera	t	p	t	p
Riqueza específica	11,2	12,2	20,6	22,7	-2,09	0,04	-2,87	0,007

Atendiendo a las formas biológicas, los hemcriptófitos conforman más del 90% de los dos tipos de pasto a lo largo de todo el período de exclusión. Los geófitos están escasamente representados, con 4 y 6 especies en *Nardion* y *Bromion* y una presencia media del 0,8 y del 4,5% respectivamente. La presencia de terófitos y caméfitos puede considerarse testimonial tanto por el número de especies presentes, que es de una en cada tipo de vegetación (*Rhinanthus mediterraneus* y *Cerastium arvense*), como por su frecuencia, siempre menor de 1 y sin representación ninguna la mayor parte de los años de muestreo. La Tabla 3 muestra que sólo los geófitos en la comunidad de *Nardion strictae* tienen un valor medio significativamente más alto fuera de los cercados que dentro, que cabe atribuir principalmente a la mayor presencia de *Crocus nudiflorus* e *Iris latifolia*. Respecto al resto de las formas biológicas, para ambas comunidades por separado y en conjunto, no se observan diferencias significativas.

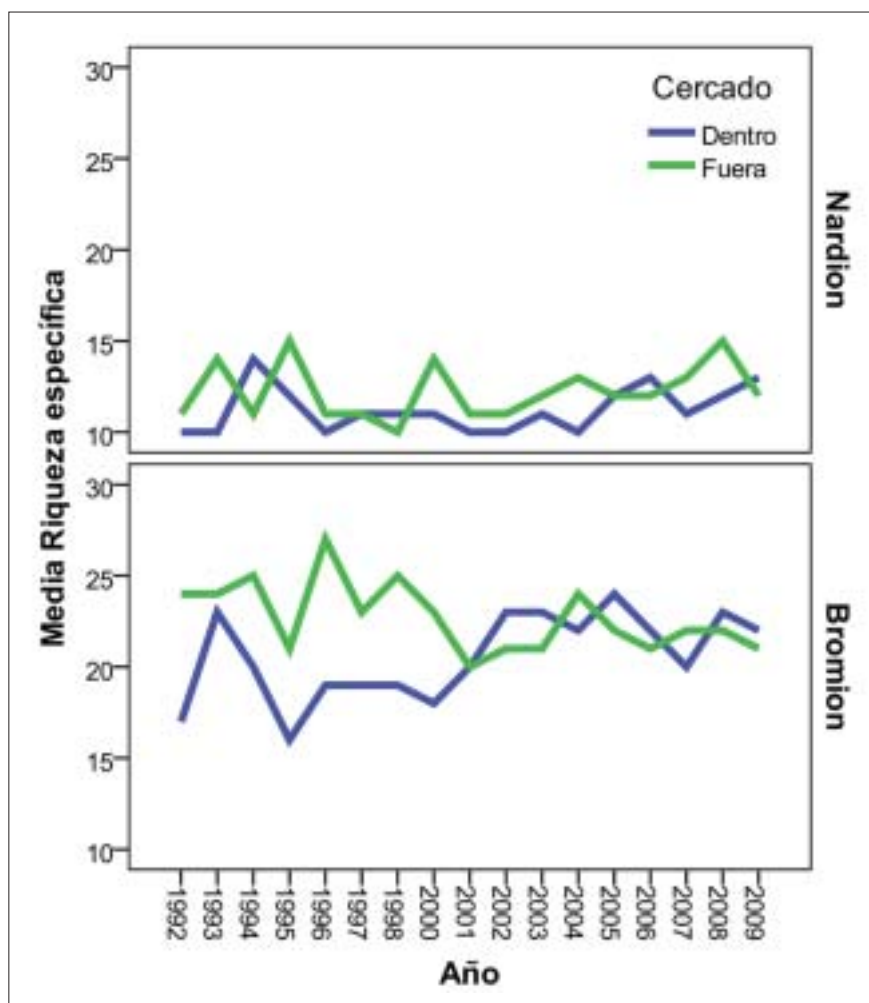


Figura 1: Evolución temporal de la riqueza específica dentro y fuera de los cercados de exclusión en las comunidades de *Nardion strictae* (arriba) y *Bromion erecti* (abajo) en los 18 años de seguimiento.

Tabla 3: Promedio de las medias anuales observadas en el porcentaje de las formas biológicas: hemicriptófitos, geófitos, caméfitos y terófitos, dentro y fuera de los cercados en las dos comunidades estudiadas. Comparación de medias mediante el test t de Student para muestras independientes

Variables	Comunidad				Probabilidad			
	Nardion		Bromion		Nardion		Bromion	
	Dentro	Fuera	Dentro	Fuera	t	p	t	p
Hemicriptófitos	94,1	94,4	94,0	94,1	-0,20	0,85	-0,07	0,94
Geófitos	0,5	1,62	5,5	5,0	-4,13	<0,001	0,50	0,62
Caméfitos	0,00	0,03	0,06	0,06	-1,000	0,33	0,000	1,000
Terófitos	0,03	0,00	0,24	0,15	1,000	0,33	0,72	0,48

Por último, la estructura florística considerando los grupos funcionales más típicos para el pastoreo (Tabla 4) tampoco ha mostrado diferencias significativas en la comparación dentro y fuera de los cercados, ni en las comunidades estudiadas por separado ni en conjunto. En todos los casos predominan las gramíneas (por encima del 50%), con una pre-

sencia destacable de leguminosas (por encima del 10%) que en el *Nardion strictae* corresponde exclusivamente a dos especies (*Trifolium alpinum* con más del 90% de la cobertura de su grupo y *T. pratense*), mientras en el *Bromion erecti* se distribuye de manera más uniforme entre nueve especies (cinco de *Trifolium*).

**Tabla 4: Promedio de las medias anuales observadas en el porcentaje de los grupos funcionales: gramíneas, leguminosas y otras especies, dentro y fuera de los cercados en las dos comunidades estudiadas. Comparación de medias mediante el test t de Student**

Variables	Comunidad				Probabilidad			
	Nardion		Bromion		Nardion		Bromion	
	Dentro	Fuera	Dentro	Fuera	t	p	t	p
Gramíneas	62,6	66,8	53,2	56,8	-1,09	0,28	-1,27	0,21
Leguminosas	18,6	16,1	11,8	10,1	1,25	0,22	1,52	0,14
Otras especies	13,4	16,5	34,9	32,4	-0,96	0,34	0,93	0,36

El grupo de otras especies alcanza valores del doble en los pastos del *Bromion erecti* y alberga el mayor número de las especies diferenciales entre ambos tipos de vegetación.

## DISCUSIÓN

Tras 18 años de exclusión de pastoreo, los dos tipos de pasto han mostrado una notable persistencia en su estructura considerando las variables estudiadas, tal como ya fue constatado tras los seis primeros años (García-González *et al.* 1998). Para explicar las ligeras variaciones encontradas, será necesario el análisis a escala de especie. Ello nos permitiría analizar si afectan a la dominancia, como se ha encontrado en otros pastos subalpinos (Dullinger *et al.*, 2003; Austrheim y Eriksson, 2001), a la presencia de plantas "ruderal-fugitivas" ligadas al pastoreo y otras perturbaciones asociadas (Collins *et al.*, 1998; Zhang, 1998; Sternberg *et al.*, 2000), o bien resulta más una fluctuación que una tendencia (Rabotnov, 1972). Sea como fuere, resulta relevante comprobar la relativa estabilidad estructural de los pastos subalpinos en cuanto a su cobertura, espectro de formas biológicas y grupos funcionales pastorales. El aumento de especies dentro de la parcela de exclusión de *Bromion*, podría reflejar una fuerte presión local de pastoreo en el exterior (Aldezabal, 2001), superior al nivel intermedio que marcaría el óptimo de diversidad (Milchunas y Lauenroth, 1993).

Una marcada "constancia florística" en comunidades de pastos perennes con larga historia de pastoreo ha sido constatada en otros territorios pastorales (Milchunas y Lauenroth, 1993; Dullinger *et al.*, 2003) y ha sido relacionada de forma controvertida con una mayor estabilidad ecológica (Collins, 1995). Por otra parte, hay que señalar que la zona de estudio soporta actualmente una carga ganadera general moderada y que, aun estando situada por debajo de 2000 m, presenta un clima más típico del piso alpino -con fuerte y larga innivación en orientación norte, que ocasiona una marcada reducción del período vegetativo- como señala la presencia abundante de algunas plantas de dicho nivel de vegetación (*Polygonum viviparum*, *Leontopodium alpinum*, *Thalictrum alpinum*) y la ausencia de otras que son comunes en enclaves vecinos con clima más benigno (por ejemplo, *Echinopartum horridum* que actúa como invasor en laderas próximas). Estas particularidades podrían señalar la prevalencia de factores abióticos sobre el pastoreo que opera a mayor altitud y que lentifica los procesos de sucesión en comparación con la velocidad que muestran a niveles altitudinales más bajos (por ej. en los pisos montano y subalpino inferior), constatando así la dependencia espacial y de escala de los cambios en la diversidad y otros parámetros asociados descrita por distintos autores (Auerbach y Shmida, 1987; Whittaker *et al.*, 2001).

## Agradecimientos

Estudio financiado por los proyectos Parques Nacionales 018/2008 y Plan Nacional CGL2008-00655/BOS

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALDEZABAL, A., 2001. *El sistema de pastoreo del Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido (Pirineo Central, Aragón). Interacción entre la vegetación supraforestal y los grandes herbívoros*. Publi. Cons. Protec. Naturaleza Aragón, 317 pp. Zaragoza.
- AUERBACH, M.; SHMIDA, A. 1987. Spatial scale and the determinants of plant species richness. *Trends Ecol. Evol.*, **2**, 238-242
- AUSTRHEIM, G., GUNILLA, E., OLSSON, A.; GRONTVEDT, E., 1998. Land-use impact on plant communities in semi-natural subalpine grasslands of Budalen, central Norway. *Biol. Conserv.*, **87**, 369-379.
- AUSTRHEIM, G.; ERIKSSON, O., 2001. Plant species diversity and grazing in the Scandinavian mountains. *Ecography*, **24**, 683-695.
- BAKKER, J.P.; OLFF, H.; WILLEMS, J.H.; ZOBEL, M., 1996. Why do we need permanent plots in the study of long term vegetation dynamics? *Journal of Vegetation Science*, **7**, 147-156.
- BRIGGS, J.M.; KNAPP, A.K.; BLAIR, J.M.; HEISLER, J.L.; HOCH, G.A.; LETT, M.S.; MCCARRON, K., 2005. An ecosystem in transition: woody plant expansion into mesic grassland. *BioScience*, **55**, 243-254.
- COLLINS, S.L. 1995. The measurement of stability in grasslands. *Trends Ecol. Evol.* **10**, 95-96.
- COLLINS, S.L.; KNAPP, A.K.; BRIGGS, J.M.; BLAIR, J.M.; STEINAUER, E.M., 1998. Modulation of diversity by grazing and mowing in native tallgrass prairie. *Science* **280**, 745-747.
- CHOCARRO, C.; FANLO, R.; FILLAT, F.; MARIN, P., 1990. Historical evolution of natural resource use in the Central Pyrenees of Spain. *Mountain Research and Development*, **10**, 257-265.
- DULLINGER, S., DIRNBÖCK, TH., GREIMLER, J. GRABHERR, G., 2003. A resampling approach for evaluating effects of pasture abandonment on subalpine plant species diversity. *Journal of Vegetation Science*, **14**, 243-252.
- GARCIA-GONZALEZ, R.; GOMEZ, D.; REMON, J.L., 1991. Structural changes in supraforestal pastures due to current annual growth and grazing in the Western Pyrenees (Spain). *Proceedings of the IV th Int Rangeland Congress*. 22-26 April 1991. pp. 122-126. Association Française de Pastoralisme. Montpellier (Francia).
- GARCÍA-GONZÁLEZ, R.; GÓMEZ GARCÍA, D.; ALDEZABAL, A., 1998. Resultados de 6 años de exclusión del pastoreo sobre la estructura de comunidades de *Bromion erecti* y *Nardion strictae* en el P.N. de Ordesa y Monte Perdido. *XXXVIII Reunión Científica de la S.E.E.P.*, 55-60. Universidad de Valladolid. 1-5 Junio. Soria.
- GÓMEZ, D.; CASTRO, P.; ALDEZABAL, A., 1997. Species richness, biomass and plant production in subalpine plant communities in the Spanish Pyrenees. *36th International Symposium of International Association for Vegetation Science, April 1993*, 101-111. Universidad de La Laguna. Tenerife (España).
- GRUBB, P.J., KELLY, D. AND MITCHLEY, J., 1982. The control of relative abundance in communities of herbaceous plants. En: Newman E.I. (Ed.), *The Plant Community as a working Mechanism*. Spec. Pap. B.E.S. 1: 79-97. Blackwell. Oxford.
- HUNTLY, N., 1991. Herbivores and the dynamics of communities and ecosystems. *Ann. Rev. Ecol. Syst.*, **22**, 477-503
- MILCHUNAS, D.G.; LAUENROTH, W.K., 1993. Quantitative effects of grazing on vegetation and soils over a global range of environments. *Ecol. Monogr.*, **63**, 327-366.
- NOY-MEIR, I., 1995. Interactive effects of fire and grazing on structure and diversity of Mediterranean grasslands. *Journal of Vegetation Science*, **6**, 701-710.



- RABOTNOV, T.A., 1972. The study of fluctuations (yearly variations) of plant communities. *Field Geobotan (Leningrad)*, **4**, 95-136.
- REMÓN, J.L.; GÓMEZ, D., 1989. Comunidades vegetales y su distribución altitudinal del Puerto de Aisa. *Acta Biologica Montana*, **9**, 283-290.
- SAS, 2004. *SAS/STAT 9.1 User's Guide*, Volumes 1-7. SAS Institute Inc., Cary, North Carolina (USA).
- SCHEFFER M.; CARPENTER S.; FOLEY J.A.; FOLKE C.; WALKER B., 2001. Catastrophic shifts in ecosystems. *Nature*, **413**, 591-596.
- STENBERG, M.; GUTMAN, M.; PEREVOLOTSKY, A.; UNGAR, D.; KIGEL, J., 2000. Vegetation response to grazing management in a mediterranean herbaceous community: a functional group approach. *J. Appl. Ecol.*, **37**, 224-237.
- SILVERTOWN, J., 1980. The dynamics of a grassland ecosystem: botanical equilibrium in the Park Grass Experiment. *J. Appl. Ecol.*, **17**, 491-504.
- WHITTAKER, R.; WILLIS, K.; FIELD, R., 2001. Scale and species richness: towards a general, hierarchical theory of species diversity. *J. Biogeogr.*, **28**, 453-470.
- WHITE, P.S., 1979. Pattern, process and natural disturbance in vegetation. *Bot. Review*, **45**, 229-299.
- ZAHNG, W., 1998. Changes in species diversity and canopy cover in steppe vegetation in inner Mongolia under protection from grazing. *Biodivers. Conserv.*, **7**, 1365-1381.

## CHANGES IN THE FLORISTIC STRUCTURE OF SUBALPINE GRASSLANDS AFTER 18 YEARS WITHOUT GRAZING IN THE NATIONAL PARK OF ORDESA AND MONTE PERDIDO (HUESCA)

### SUMMARY

In order to ascertain changes in vegetation after grazing abandonment, we are carrying out since 1992, a long-term monitoring of the two most abundant plant communities in the subalpine grasslands (*Bromion erecti* y *Nardion strictae*) of the NP of Ordesa and Monte Perdido, Spain), traditionally grazed by livestock. The method consist on comparing yearly linear relevés with the point-quadrat method in two 100 m<sup>2</sup> fenced areas (closed to herbivores) and in the neighbour ones (open to grazing) in a territory traditionally used for livestock. In this work we analyze the results of comparing some parameters of vegetation structure: plant cover, species richness, life-form and agronomic functional groups spectra. Throughout 18 years of monitoring, all those variables have not shown significative differences, except the species richness, that have reached high values in the ungrazed parcel in one of the plots. The floristic constancy as well as the similarity in the other descriptors analyzed seem to indicate a high stability in this kind of grasslands at this altitudinal level, that in turn, justify the need of continuing the monitoring as well as to look into the plant species scale.

**Key words:** long-term monitoring; vegetation succession, plant-herbivore interaction.



# VARIACIONES DE LA VEGETACIÓN EN PRADOS SOMETIDOS A SIEGA Y ABONADO EN LA MONTAÑA DE LEÓN

R. GARCÍA, C. VALDÉS, M. RODRÍGUEZ, R. PELÁEZ y A. CALLEJA.

## RESUMEN

Se estudia la respuesta de la vegetación de un prado situado en la vertiente sur de la Cordillera Cantábrica (Montaña de León), que se ha sometido, durante 10 años, a una fertilización de N, P y K y a un aprovechamiento de dos siegas anuales. La flora permanece a lo largo del tiempo y los indicadores de diversidad no varían de forma significativa. El "fondo de prado" (80% de la biomasa del forraje) está formado por 8-9 especies, que varían dependiendo de la fertilización, pero que siempre incluyen *Cynosurus cristatus*, *Dactylis glomerata*, *Festuca pratensis*, *Holcus lanatus*, *Lolium perenne* y *Plantago lanceolata*.

A nivel específico la fertilización nitrogenada incrementa *Arrhenatherum elatius* y reduce *C. cristatus*, *Poa trivialis*, *Trifolium pratense* y *P. lanceolata*. La fertilización fosfórica favorece a *A. elatius*, *Poa pratensis* y *Trifolium repens* y deprime a *T. pratense* y *P. lanceolata*. La fertilización con potasio aumenta *T. repens* y disminuye la proporción de *D. glomerata*, *P. trivialis* y *T. officinale*. Todos los fertilizantes reducen la presencia de *Centaurea nigra* y *Crepis capillaris*. A nivel de grupos de interés agronómico, las gramíneas de mejor calidad (G1) se incrementan con el nitrógeno, mientras que las peores (G3) lo hacen con el potasio. Las leguminosas descienden con el nitrógeno y las otras especies con interés forrajero (O1) disminuyen con N y con el P.

**Palabras clave:** NPK, diversidad, fondo de prado, especies de interés agronómico.

## INTRODUCCIÓN

El cuidado de los prados de regadío es un factor clave en la economía de las explotaciones ganaderas de montaña. A pesar de su escasa superficie, 3% en la Montaña de León, permiten con una gestión adecuada el mantenimiento de distintos sistemas de producción animal que contribuyen al asentamiento de la población y a la mejora del entorno rural (Peláez *et al.*, 2006; Rodríguez *et al.*, 1996).

La fertilización es esencial para la producción de forraje y afecta a la composición botánica y a la calidad (García *et al.*, 2004; Rodríguez *et al.*, 2006). A escala de explotación agraria el conocimiento de las alteraciones de la flora con el manejo es especialmente importante en las especies que forman la mayor parte del alimento para el ganado; los cam-

<sup>1</sup> Instituto de Ganadería de Montaña (CSIC-Universidad de León) [rgarn@unileon.es](mailto:rgarn@unileon.es)  
Departamento de Producción Animal. Universidad de León. E-24071. León.

bios en la vegetación cuando se altera el manejo (fertilización y siega), requieren un tiempo de adaptación y se estabiliza pasados los años; en nuestro caso, al cabo de 10 años de tratamiento, la vegetación está suficientemente estabilizada.

En este trabajo se describe la respuesta de la vegetación al manejo continuado de dos siegas anuales y abonado (N, P y K) y se analiza el efecto de la fertilización sobre el conjunto de las especies (parámetros de diversidad) y sobre las especies más productivas (de fondo de prado o agrupadas por su interés agronómico).

## MATERIAL Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en la localidad de Las Salas (provincia de León), en la vertiente sur de la Cordillera Cantábrica, a una altitud de 1010 m sobre el nivel del mar y con valores de precipitación anual de 1200 mm y temperatura media de 9,1°C.

**Trabajos previos al ensayo:** el año 1977 comenzaron a realizarse estudios en un prado de regadío de 3600 m<sup>2</sup> que durante más de 100 años había sido aprovechado para heno mediante siega, generalmente posterior al 10 de julio, y que en otoño el rebrote se consumía directamente por pastoreo con el ganado vacuno. Cada dos o tres años era abonado con estiércol de cuadra.

El reconocimiento florístico se hizo en toda la superficie de la parcela, a finales de junio, y se segó una docena de muestras (cuadrados de 0,25 m<sup>2</sup>) para la separación manual de las especies para determinar su abundancia en el forraje. A las especies presentes en el prado pero no encontradas en el forraje segado se les asignó una presencia testimonial de 0,01 % de materia seca (MS) (+). Se identificaron 15 gramíneas, 4 leguminosas y 21 de otras familias. **Gramíneas:** *Agrostis capillaris* (+), *Alopecurus pratensis* (+), *Anthoxanthum odoratum* (3,8% de MS), *Arrhenatherum elatius* (0,2), *Briza media* (+), *Bromus racemosus* (0,1), *Cynosurus cristatus* (13,1), *Dactylis glomerata* (6,2), *Festuca pratensis* (1,8), *Festuca rubra* (+), *Holcus lanatus* (12,3), *Lolium perenne* (4,2), *Poa pratensis* (+), *Poa trivialis* (0,2), *Trisetum flavescens* (0,9). **Leguminosas:** *Lathyrus pratensis* (+), *Medicago lupulina* (+), *Trifolium pretense* (13,7), *Trifolium repens* (2,4). **Otras familias:** *Alchemilla xanthochlora* (+), *Bellis perennis* (0,1), *Carum carvi* (13,8), *Cerastium fontanum* (0,2), *Centaurea nigra* (3,5), *Crepis capillaris* (0,2), *Equisetum arvense* (+), *Filipendula ulmaria* (+), *Geranium dissectum* (+), *Ornithogalum umbellatum* (+), *Plantago lanceolata* (15,3), *Polygonum bistorta* (+), *Ranunculus acris* (3,3), *Ranunculus repens* (+), *Rumex acetosa* (0,4), *Rumex crispus* (+), *Lychnis flos-cuculi* (+), *Malva moschata* (+), *Rhinanthus minor* (0,1), *Sanguisorba minor* (+), *Taraxacum officinale* (4,4).

Desde el punto de vista fitosociológico, la comunidad vegetal se clasificó en la Alianza *Cynosurion cristati*, dentro del Orden *Arrhenatheretalia*. Los parámetros de diversidad fueron: índice de Shannon-Wiener,  $H=3,54$  ( $H_{\max}=5,23$ ); equitatividad,  $J'=0,670$ ; índice de Simpson,  $D=0,890$  ( $D_{\max}=0,970$ ).

**Periodo de fertilización:** desde el año 1978 hasta 1987 se estableció un ensayo de fertilización NPK con diseño factorial 4<sup>3</sup>, que combina tres fertilizantes (N-P-K) con cuatro niveles de aplicación (kg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>): N y K<sub>2</sub>O (0, 60, 120, y 180) y P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (0, 80, 160 y 240) que se aportan de una sola vez a la salida del invierno. La medida de cada parcela fue de 7 m x 3,5 m. Se aseguró la disponibilidad de agua en todo momento y la realización de dos siegas anuales (primera a finales de junio/principios de julio y la segunda durante la primera semana de septiembre). En este artículo se expresan los resultados correspondientes a las parcelas que reciben los fertilizantes por separado y el testigo sin fertilizar.

**a. Toma de muestras del material vegetal:** en diez parcelas (tres únicamente con

nitrógeno, tres con fósforo, tres con potasio y el testigo) el último año de la experiencia y tras el corte de primavera, se tomó una muestra de unos 2 kg de peso verde para la separación de las especies. Se establecieron las siguientes variables: abundancia de especies en el forraje (% MS); parámetros de diversidad: número de especies por parcela, índices de Shannon-Wiener, de Simpson y equitatividad (Krebs, 1986); el "Fondo de prado" de cada parcela (formado por las especies más abundantes y que reúnen el 80% del forraje de acuerdo con Vivier (1971) y García (1988); los grupos de plantas con diferente interés agronómico: G1, G2 y G3 (gramíneas de elevada, mediana o escasa calidad), L (leguminosas), O1 y O2 (otras plantas con interés forrajero, o con menor interés o de calidad nula) de acuerdo con Daget y Poissonet (1971), Delpech (1982) y García (1988).

**b. Tratamiento de los datos:** Las variables se sometieron a análisis de varianza, utilizándose los datos transformados [ $\ln(\% \text{especie} + 1)$ ] cuando las especies se trataban de forma individual. Se consideró como factor principal el **tipo de fertilización** con cuatro niveles: testigo (sin fertilizar), con aporte exclusivo de nitrógeno, con aporte de fósforo y con aporte de potasio. Las diferencias entre medias se contrastaron con el test LSD. Para el análisis estadístico se emplearon los paquetes UNIVARIATE y GLM (SAS, 2010).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las diferencias en el muestreo previo y posterior al ensayo dificultan la comparación de los parámetros de composición botánica y de diversidad; la aparente reducción del número de especies se debe a la menor superficie muestreada al final de la experiencia ya que las especies descritas antes de la realización del ensayo, se mantienen en diferentes parcelas del campo de experimentación. Las comparaciones tienen sentido si se realizan entre parcelas al final de la experiencia.

Los parámetros indicadores de diversidad de las parcelas con diferente fertilización, no muestran diferencias significativas ni entre sí ni con el testigo (*Tabla 1*); sus valores son moderados/altos y se encuentran dentro de los descritos en la bibliografía para este tipo de parcelas. (De Luis, 2004).

*Tabla 1. Parámetros de diversidad en las parcelas con diferente fertilización tras diez años de tratamiento*

n	H	Hmax	J'	D	Dmax	
Testigo	23	3,66	4,52	0,810	0,900	0,960
N	20	3,31	4,29	0,773	0,863	0,947
P	22	3,65	4,48	0,813	0,896	0,953
K	21	3,43	4,41	0,773	0,886	0,953
Sig.	ns	ns	ns	ns	ns	ns
eed	1,73	0,21	0,11	0,06	0,025	0,006

eed= error estándar de la diferencia;  $t=2,45$ ; ns=no significativo ; n= n° de especies; H=índice de Shannon-Wiener; J'=equitatividad ; D= índice de Simpson.

La abundancia de las especies no es una cuestión fortuita sino un reflejo de la gestión de la parcela y el aporte de abonado mineral uno de los factores más decisivos (García *et al.*, 2004). En la *Tabla 2* se describen las seis especies que son comunes a cualquier tipo de fertilización y forman el "fondo de prado" (> 80% de MS del forraje), *Cynosurus cristatus*, *Dactylis glomerata*, *Festuca pratensis*, *Holcus lanatus*, *Lolium perenne* y *Plantago lanceolata*. Cuando se fertiliza con nitrógeno y/o fósforo se incluyen, además, *Arrhenatherum elatius* y *Ranunculus acris* y si se aporta fósforo y/o potasio a *Trifolium repens*. La fertilización, con independencia del elemento apor-

Tabla 2. Especies de Fondo de prado de acuerdo con la fertilización (incluyendo su % de MS) tras diez años de fertilización continuada y un sistema de dos cortes anuales

Testigo	%MS	N	%MS	P	%MS	K	% M S
<i>D. glomerata</i>	16,1	<i>H. lanatus</i>	21,0	<i>H. lanatus</i>	17,3	<i>C. cristatus</i>	16,9
<i>P. lanceolata</i>	14,0	<i>D. glomerata</i>	13,5	<i>C. cristatus</i>	13,6	<i>H. lanatus</i>	16,6
<i>C. cristatus</i>	13,8	<i>L. perenne</i>	11,5	<i>D. glomerata</i>	8,8	<i>P. lanceolata</i>	11,2
<i>H. lanatus</i>	13,6	<i>F. pratensis</i>	11,3	<i>R. acris</i>	7,9	<i>F. pratensis</i>	11,0
<i>T. pratense</i>	10,8	<i>C. cristatus</i>	7,6	<i>F. pratensis</i>	7,0	<i>L. perenne</i>	9,7
<i>F. pratensis</i>	3,8	<i>A. elatius</i>	7,3	<i>T. repens</i>	6,7	<i>D. glomerata</i>	6,2
<i>R. crispus</i>	3,7	<i>R. acris</i>	5,5	<i>A. elatius</i>	6,4	<i>T. pratense</i>	5,7
<i>L. perenne</i>	3,0	<i>P. lanceolata</i>	5,4	<i>L. perenne</i>	6,1	<i>T. repens</i>	5,4
<i>Poa trivialis</i>	2,8			<i>P. lanceolata</i>	5,9		

Tabla 3. Especies con diferencias significativas respecto al tratamiento

Testigo	N	P	K	eed	
<i>A. elatius</i>	0,01 b	7,3 a	6,4 a	1,0 ab	0,63
<i>C. cristatus</i>	13,8 a	7,6 b	13,6 a	16,9 a	0,15
<i>D. glomerata</i>	16,1 a	13,5 ab	8,8 ab	6,2 b	0,32
<i>P. pratensis</i>	0,3 b	0,0 b	1,8 a	0,03 b	0,22
<i>P. trivialis</i>	2,8 a	0,03b	4,4a	0,1b	0,31
<i>T. pratense</i>	10,8 a	1,4 b	1,6 b	5,7 ab	0,57
<i>T. repens</i>	2,6 b	1,8 b	6,7 a	5,4 a	0,53
<i>C. nigra</i>	1,6 a	0,0 b	0,4 b	0,0 b	0,17
<i>C. capillaris</i>	1,1 a	0,1 b	0,1 b	0,0 b	0,00
<i>T. officinale</i>	2,6 a	2,7 a	1,8 ab	0,6 b	0,28
<i>P. lanceolata</i>	14,0a	5,4 b	5,9 b	11,2 a	0,41

eed= error estándar de la diferencia con datos transformados; t=2,45

Tabla 4. Grupos de especies de interés agronómico (en % de MS) tras diez años de fertilización continuada y un sistema de dos cortes anuales

	Testigo	N	P	K	eed
<b>G1</b>	26,0 b	43,7 a	35,6 ab	28,3 b	5,6
<b>G2</b>	14,3	25,3	18,8	18,4	6,2
<b>G3</b>	16,5 ab	10,8 b	16,0 ab	20,4 a	3,8
<b>L</b>	13,5 a	3,2 b	8,3 ab	11,1 a	2,7
<b>01</b>	19,9 a	9,4 b	9,3 b	14,4 ab	3,0
<b>02</b>	9,8	7,7	12,0	7,4	4,3

eed= error estándar de la diferencia; t=2,45

tado, elimina del fondo de prado a *Poa trivialis*, *Rumex crispus* y *Trifolium pratense* y si la fertilización es solamente potásica a las dos primeras.

El manejo afecta a todas las especies, con independencia de su abundancia, y afecta a la calidad del forraje. En la *Tabla 3*, se muestra el efecto de la fertilización sobre la presencia de las especies (en % de MS) reflejándose las que son significativas ( $p > 0,05\%$ ).

La fertilización actúa **positivamente**, cuando es fosfórica, con *A. elatius*, *T. repens* y *Poa pratensis*; este efecto se había descrito con las dos primeras especies mientras que la poa era

considerada indiferente (García *et al.*, 2009). El formental (*A. elatius*) también aumenta con el nitrógeno y muestra su buena adaptación a la fertilización como ya indicaba Delpech (1982) y posiblemente la siega continuada (únicamente dos cortes) favorece sus condiciones de desarrollo (Pérez, 1989). El trébol blanco (*T. repens*) responde de igual forma con el potasio y aunque se considera que los incrementos, con este fertilizante, son moderados (Pérez, 1989; Vivier, 1971) encontramos que los valores de partida se duplican ( $\Delta=2,8$  unidades porcentuales).

La fertilización actúa **negativamente** con otras especies; así la *nitrogenada* reduce la importancia de *C. cristatus* y *P. trivialis*, la primera porque prefiere suelos de menor fertilidad y la segunda porque compite peor con otras como el ballico (*L. perenne*) y la festuca (*F. pratensis*) más afines al N (García, 1988); *T. pratense* y *P. lanceolata* también responden negativamente a este fertilizante, la leguminosa mantiene el comportamiento típico de esta familia y el llantén (*P. lanceolata*), posiblemente, no es capaz de desarrollarse en primavera, con la rapidez de las gramíneas de mayor porte (Pérez, 1989; Delpech, 1982); la *fertilización fosfórica* también deprime a estas dos especies que se muestran peor adaptadas a esta fertilización, como se ha descrito en anteriores congresos de la SEEP (García *et al.*, 2009 y 2010). La *fertilización potásica* resulta negativa para *D. glomerata*, *P. trivialis* y *T. officinale*; las tres especies son descritas, generalmente, como de suelos bien provistos de este fertilizante (Pérez, 1989) sin embargo nuestros resultados nos indican que, posiblemente en asociación pluriespecífica, hay otros taxones más competitivos en nuestras condiciones de abonado. Cualquier tipo de fertilización (N, P y K) reduce las proporciones de *Centaurea nigra* y *Crepis capillaris*; respecto a la primera, Pérez (1989) y García *et al.* (2009) la relacionan con niveles moderados-altos de fósforo y de potasio y la segunda, Pérez (1989) la describe como propia de niveles reducidos de potasio e indiferentes al nitrógeno y al fósforo.

A nivel de grupos de interés agronómico (Tabla 4), las gramíneas de mejor calidad (G1) se favorecen con el nitrógeno como describe Pérez *et al.* (1994) mientras que el potasio incrementa las de menor interés (G3). Las leguminosas descienden claramente con el nitrógeno y fósforo, aunque con este último fertilizante las diferencias no resultan significativas por el comportamiento antagónico de los dos tréboles respecto al fósforo (García *et al.*, 2009). Del grupo de "Otras plantas", las de mayor interés (O1) se ven perjudicadas tanto por el nitrógeno como por el fósforo (Pérez *et al.*, 1994).

## CONCLUSIONES

Los parámetros indicadores de la diversidad no se han visto afectados por el manejo (fertilización y la siega de dos cortes/año).

Las especies de fondo de prado comunes a los tipos de fertilización son: *C. cristatus*, *D. glomerata*, *F. pratensis*, *H. lanatus*, *L. perenne* y *P. lanceolata* si bien su participación (% MS) en el forraje es muy dependiente de la fertilización.

La fertilización (N y/o P y/o P) reduce la presencia de *C. nigra* y *C. capillaris*. La fertilización nitrogenada es positiva para *A. elatius*, y negativa para *C. cristatus*, *P. trivialis*, *T. pratense* y *P. lanceolata*. La fosfórica es favorable para *A. elatius*, *P. pratensis* y *T. repens* y desfavorable con *T. pratense* y *P. lanceolata*. La potásica incrementa *T. repens* y hace bajar las proporciones de *D. glomerata*, *P. trivialis* y *T. officinale*.

A nivel de grupos agronómicos las gramíneas de mejor calidad (G1) se incrementan con el nitrógeno, mientras que las peores (G3) lo hacen con el potasio. Las leguminosas descienden con el nitrógeno y las otras de interés forrajero (O1) decrecen con el nitrógeno y con el fósforo.

## Agradecimientos

A la Junta de Castilla y León por la financiación dentro del programa de ayudas a la actividad investigadora al grupo de excelencia GR158.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DAGET, PH.; POISSONET, J., 1971. Une méthode d'analyse phytologique des prairies. *Ann. Agron.*, **22(1)**, 5-41.
- DE LUIS, E., 2004. La ecología de pastos a través de la SEEP. (I) Tratamiento de los parámetros estructurales. Una perspectiva en el cambio de milenio. En: *Pastos y ganadería extensiva*, B. GARCÍA *et al.*, (Eds.). Gráficas Cervantes SA. Salamanca (España), 27-34.
- DELPECH, R., 1982. La végétation prairiale, reflet du milieu et des techniques. *Bulletin Technique d'information du Ministère de l'Agriculture*, **370-372**, 363-373.
- GARCÍA, R., 1988. *Aspectos agronómicos y composición mineral de los henos, gramíneas leguminosas y "otras plantas" de prados permanentes de la montaña de León*, Tesis Doctoral. Facultad de Biología. Universidad de León. 261 pp.
- GARCÍA, R.; ALVARENGA, J.; CALLEJA, A., 2009. Efecto de la fertilización fosfórica sobre la presencia de especies en el forraje de prados de montaña. En: *La multifuncionalidad de los pastos: producción ganadera sostenible y gestión de los ecosistemas*, R. REINÉ *et al.* (Eds.). Gráficas Alós. Huesca (España), 197-203.
- GARCÍA, R.; VALDÉS, C.; PELÁEZ, R.; CALLEJA, A., 2010. El balance de fósforo en prados de montaña y su relación con parámetros de diversidad y composición botánica. En *Pastos: fuente natural de energía*, A. CALLEJA *et al.* (Coord.) Área de Publicaciones de la ULE. León (España), 285-290.
- GARCÍA, R.; RODRÍGUEZ, M.; ANDRÉS, S.; CALLEJA, A., 2004. Cuarenta años de fertilización en prados de la Montaña de León. II Influencia sobre la composición botánica. *Pastos*, **34(2)**, 153-206.
- KREBS, C.J., 1986. *Ecología*. Ed. Pirámide, 782 pp. Madrid (España).
- PELÁEZ, R.; GARCÍA, R.; RODRÍGUEZ, M.; ANDRÉS, S.; VALDÉS, C.; CALLEJA, A., 2006. Propuesta de optimización de la producción de carne, en base a pastos, con parda de montaña en la zona norte de la provincia de León. *II Conf. Inter. Ganad. Ecológica*. Zamora.
- PÉREZ, J.E., 1989. *Estudio botánico y mineral de prados permanentes de la Cuenca del Bernesga*. Tesis doctoral. Facultad de Biología. Universidad de León. 657 pp.
- PÉREZ, M. T.; PÉREZ, J.E.; GARCÍA, R.; MORO, A.; CALLEJA, A., 1994. Influencia de la fertilización sobre la composición botánica en prados permanentes de la Montaña de León. *Actas de la XXXIV Reunión Científica de la S.E.E.P.* Santander, 97-102.
- RODRÍGUEZ, M.; GARCÍA, R.; ANDRÉS, S.; CALLEJA, A., 2006. Cuarenta años de fertilización en prados de la Montaña de León. III Influencia sobre la composición química y valor nutritivo. *Pastos*, **36(1)**, 45-79.
- RODRÍGUEZ, M.; GARCÍA, R.; MORO, A.; CALLEJA, A., 1996. Los prados permanentes en la economía de la montaña leonesa. *Pastos*, **26(1)**, 25-37.
- S.A.S., 2010. *SAS/STAT User's Guide*. Ed. Statistical Analysis System Institute Inc. Cary, Carolina del Norte (USA).
- VIVIER, M., 1971. Les prairies permanentes du Bessin et du Pays D'Auge. *Technique et économie agricole du Calvados*, **17**, 1-135.

## VEGETATION CHANGES IN MEADOWS MOWED AND FERTILIZED IN THE MOUNTAINS OF LEON

### SUMMARY

The aim of the present study was to investigate the influence of the application of N, P or K fertilizers on floristic composition of the herbage harvested from different paddocks of a mountain meadow located in the Mountain of León (Cantabrian Mountains, Spain). For ten years



each plot was harvested twice a year (June and September) according to a traditional harvest system. Some species richness parameters as well as floristic composition was maintained (forty botanical species) but the proportion of total biomass of each species was affected by fertilization. Eighty percent of total dry matter forage yield is obtained from a reduced number of species that are considered the group of 'the most productive species'. *D. glomerata*, *H. lanatus*, *F. pratensis*, *L. perenne* and *P. lanceolata* were always part of this the most productive species group in all the fertilizer treatments. Fertilization affected the production of different botanical species. N fertilization increased *A. elatius* yield but decreased *C. cristatus*, *P. trivialis*, *T. pratense* and *P. lanceolata* yield. Application of P fertilizer increased *A. elatius*, *P. pratensis* and *T. repens* production whereas decreased *T. pratense* and *P. lanceolata* production. K fertilization increased *T. repens* and reduced *D. glomerata*, *P. trivialis* and *T. officinale*. All the fertilizers decreased the proportion of *C. nigra* and *C. capillaris*. Fertilization also affected the main botanical groups yield, grouped according their agronomic quality. N fertilization increased the proportion of the best quality grasses (G1), whereas that K increased the group of the worse quality grasses (G3). N fertilization negatively affected the proportion of legume, and both N and P decreased the proportion of the group of other dicotyledoneus herbs of agronomic interest (O1).

**Key words:** NPK, diversity, the most productive species group, species of agronomic interest.



# DIVERSIDAD FITOCENÓTICA Y ESPECIES INDICADORAS DE LOS PASTOS HERBÁCEOS DEL SISTEMA IBÉRICO EN CASTILLA-LA MANCHA

M.P. RODRÍGUEZ-ROJO, J. MADRIGAL, S. SARDINERO, V. BOUSO y F. FERNÁNDEZ-GONZÁLEZ

## RESUMEN

Se presentan los resultados de un análisis sobre la biodiversidad de los pastos herbáceos ligados a la ganadería extensiva en el Sistema Ibérico (Castilla-La Mancha). Mediante análisis de clasificación de tipo *cluster* y de ordenación (*Non-metric Multidimensional Scaling*, NMS), se propone un esquema sobre su tipología y se han detectado gradientes relacionados con la humedad y la trofía como patrones de variación en la composición florística. Mediante el análisis del valor diagnóstico se ha determinado las especies indicadoras de cada comunidad, mejorando así el conocimiento florístico de algunas comunidades cuya distribución era desconocida en el territorio, como es el caso de los vallicares y los tomillares-pastizales silicícolas.

**Palabras clave:** hábitats, análisis cluster, ordenación, valor diagnóstico.

## INTRODUCCIÓN

Un modelo de gestión adecuado para la conservación de la biodiversidad en los espacios naturales requiere, en primer lugar, de un conocimiento previo sobre su diversidad fitocenótica, la composición florística propia de cada tipo de hábitat, y en función de sus especies características, determinar cuáles son sus necesidades ecológicas que garanticen un estado de conservación favorable de los hábitats presentes. El Sistema Ibérico suroccidental ha sido uno de los territorios menos prospectados desde el punto de vista de la vegetación, en lo que respecta a los tipos de prados y pastizales (López González, 1978; Barrera, 1985). Recientemente, se analizó la tipología de los pastos herbáceos calcícolas en la Serranía de Cuenca (Rodríguez-Rojo *et al.*, 2010), resultando que muchos de estos hábitats están protegidos bajo la normativa vigente de Castilla-La Mancha o catalogados como de interés comunitario según la Directiva Hábitat: prados higrófilos de *Molinia caerulea*, pastos psicroxerófilos oro-submediterráneos calcícolas, prados mesófilos (submediterráneos) calcícolas y turberas calcáreas. Sin embargo, la variada litología del territorio sustenta, además, una gran diversidad de hábitats silicícolas sobre los que se desconoce su distribución y su composición florística en el territorio.

El objetivo de este estudio ha sido analizar la tipología de los pastos herbáceos mesófilos y xerófilos, tanto de sustratos silíceos como calcáreas, que estén ligados a la ganade-

---

<sup>1</sup> Instituto de Ciencias Ambientales, Univer. Castilla-La Mancha, E-45071, Toledo (España).

ría extensiva, excluyendo de este modo a los juncales o prados condicionados por una alta hidromorfía (es decir, turberas, molinietas, juncales y cervunales). Se analiza, junto a la composición florística y estructura, las especies indicadoras para cada tipo de pasto.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Bioclimáticamente, el territorio se encuentra en transición entre el macrobioclima mediterráneo, en las partes más bajas, y el macrobioclima templado submediterráneo, éste generalizado en la práctica totalidad del resto. El área de estudio se ha circunscrito a las zonas de montaña, comprendiendo los termotipos del supramediterráneo superior a orosubmediterráneo inferior, de ombrotipo subhúmedo superior a húmedo superior. La presencia de climas supra- y orotemplados submediterráneos húmedos confiere singularidad al territorio en Castilla-La Mancha. Biogeográficamente, se ubica entre los sectores Maestracense y Celtibérico-Alcarreño de la subprovincia Oroibérica (provincia Mediterránea Ibérica Central; Rivas-Martínez, 2007).

Las comunidades objeto de estudio fueron los prados mesófilos y los pastos xerófilos y psicroxerófilos, tanto de sustratos calcáreos como silíceos. El muestreo se realizó durante los años 2009-2010 y siguió la metodología fitosociológica (Westhoff y van der Maarel, 1978), tomando como tamaño de parcela un área de 100 m<sup>2</sup> para todos los tipos de vegetación.

El conjunto de 146 inventarios fitosociológicos (con 264 especies) fue analizado mediante algoritmos de clasificación, utilizando el método "flexible-beta" (valor beta= - 0.25) y, como medida de distancia, el índice de Sorensen (o de Bray-Curtis) (McCune y Grace, 2002). Las especies presentes en menos de 3 inventarios se eliminaron previamente del análisis. Los datos de cobertura se transformaron por la raíz cuadrada para evitar distorsiones ocasionadas por la influencia de valores muy altos. Como criterio de corte del dendrograma para determinar el número de grupos y la estructura de los tipos de vegetación, se ha considerado aquel que mejor ajustaba la clasificación del conjunto de los datos al nivel sintaxonómico de alianza. Para el análisis de ordenación se empleó el método *Non-metric Multidimensional Scaling* (NMS) con el índice de Sorensen como medida de distancia.

Para el análisis del valor diagnóstico de las especies indicadoras de los tipos de vegetación resultantes, se ha utilizado el Valor Indicador de Dufrêne y Legendre (1997), que a su vez, propone un método de tipo Monte Carlo para evaluar la significación estadística del Valor Indicador máximo (IV<sub>max</sub>) obtenido para cada especie. El número de permutaciones realizadas fue de 1000 y el nivel de significación considerado para cada especie en cada grupo es de  $p \leq 0,05$ .

El procedimiento de ordenación permite extraer gradientes derivados de la variación de la composición florística con los que interpretar las relaciones entre los tipos de vegetación. Para la determinación de las especies diagnósticas de pares de tipos de vegetación próximos en el diagrama de ordenación, se calcularon los Valores Indicadores máximos combinando pares. Sólo se han considerado como especies indicadoras aquellas que muestran un grado de preferencia mayor por la combinación de dos grupos que por cualquiera de los grupos individuales.

Los análisis de clasificación y ordenación y el cálculo de los Valores Indicadores se llevaron a cabo mediante el programa PC-ORD 5 (McCune y Mefford, 1999).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A partir del dendrograma resultante (Fig. 1) se ha considerado un nivel de corte que clasifica el conjunto de los datos en 8 grupos o tipos de vegetación. Esta estructura de grupos es la que mejor se ajusta a la clasificación por alianzas fitosociológicas: prados de diente de *Cynosurion cristati* (grupo 1), vallicares de *Agrostion castellanae* (grupo 2), pastos sobre

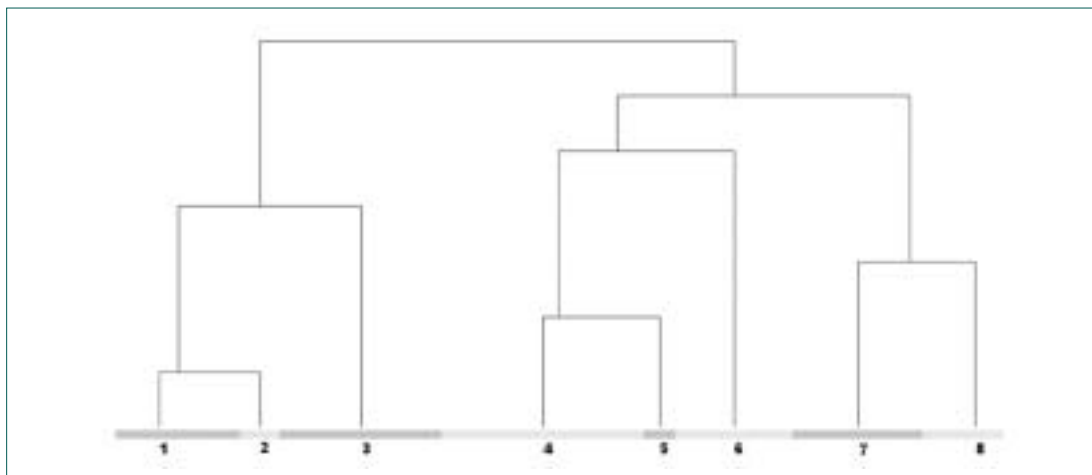


Figura 1. Dendrograma resultante de la clasificación (método beta-flexible y medida de distancia de Sorensen) sobre los 146 inventarios y 264 especies.

suelos arcillosos calcáreos de *Deschampsion mediae* (grupo 3), pastos psicroxerófilos calcícolas de *Sideritido fontqueriana-Arenarion aggregatae* (grupos 4 y 5), tomillares-pastizales silicícolas de *Hieracio castellani-Plantaginion radicatae* (grupo 6), prados mesoxerofíticos calcícolas de *Teucro pyrenaici-Bromion erecti* (grupo 7) y fenalares de *Brachypodion phoenicoidis* (grupo 8). En el caso de la alianza *Sideritido-Arenarion*, se han distinguido dos grupos 4 y 5, que corresponden a los pastizales psicroxerófilos de *Festuca hystrix* (*Festucetum hystricis*) y de *Artemisia pedemontana* (*Paronychio capitatae-Artemisietum lanatae*), respectivamente.

El análisis NMS ha extraído dos ejes de ordenación como el número de dimensiones recomendable para la ordenación de los inventarios (Fig. 2). El diagrama de ordenación resultante muestra un gradiente de xericidad a lo largo del eje 1, posicionando a los pastizales de *Sideritido-Arenarion* e *Hieracio-Plantaginion* a la izquierda, mientras que los fenalares y los prados de *Deschampsion mediae* y *Cynosurion* se posicionan en la mitad derecha del eje. De la posición de los inventarios en el diagrama de ordenación, se pueden extraer las siguientes relaciones entre los tipos de vegetación: los pastos psicroxerófilos calcícolas (grupo 4) se encuentran estrechamente relacionados con los prados mesoxerofíticos de *Teucro-Bromion* (grupo 7), éstos a su vez, con los fenalares (grupo 8), que por su parte se conectan con los pastizales de *Deschampsion* (grupo 3), conformando un gradiente muy nítido. En el diagrama aparece una marcada discontinuidad entre los pastos psicroxerófilos calcícolas (grupo 4) y los tomillares silicícolas (grupo 6), aunque éstos se posicionan próximos a los vallicares y éstos últimos, a los prados de diente de *Cynosurion*. Por otra parte, los prados de diente de *Cynosurion* y *Deschampsion*, propios de fondos de valle, muestran estar estrechamente interrelacionados. Estos patrones de variación pueden explicarse a partir de las especies indicadores para cada combinación de pares de tipos de vegetación. El segundo eje refleja en parte un gradiente entre las comunidades de suelos silíceos (tomillares y vallicares) y las de suelos calcáreos (*Sideritido-Arenarion* y *Teucro-Bromion*) que se difumina en los prados más higrófilos.

En la tabla 1 se indican las especies que han resultado tener los valores indicadores (IV) máximos para cada tipo de vegetación y para cada combinación de pares de tipos de vegetación relacionados según el análisis de ordenación. El número de especies que comparten los pares de vegetación muestran el grado de afinidad entre ellos, por ejemplo, los vallicares y los tomillares silicícolas de *Hieracio-Plantaginion* comparten el mayor número de especies indicadoras, 16 en total, debido a sus afinidades ecológicas por sustratos silíceos. Los pastos psicroxerófilos calcí-

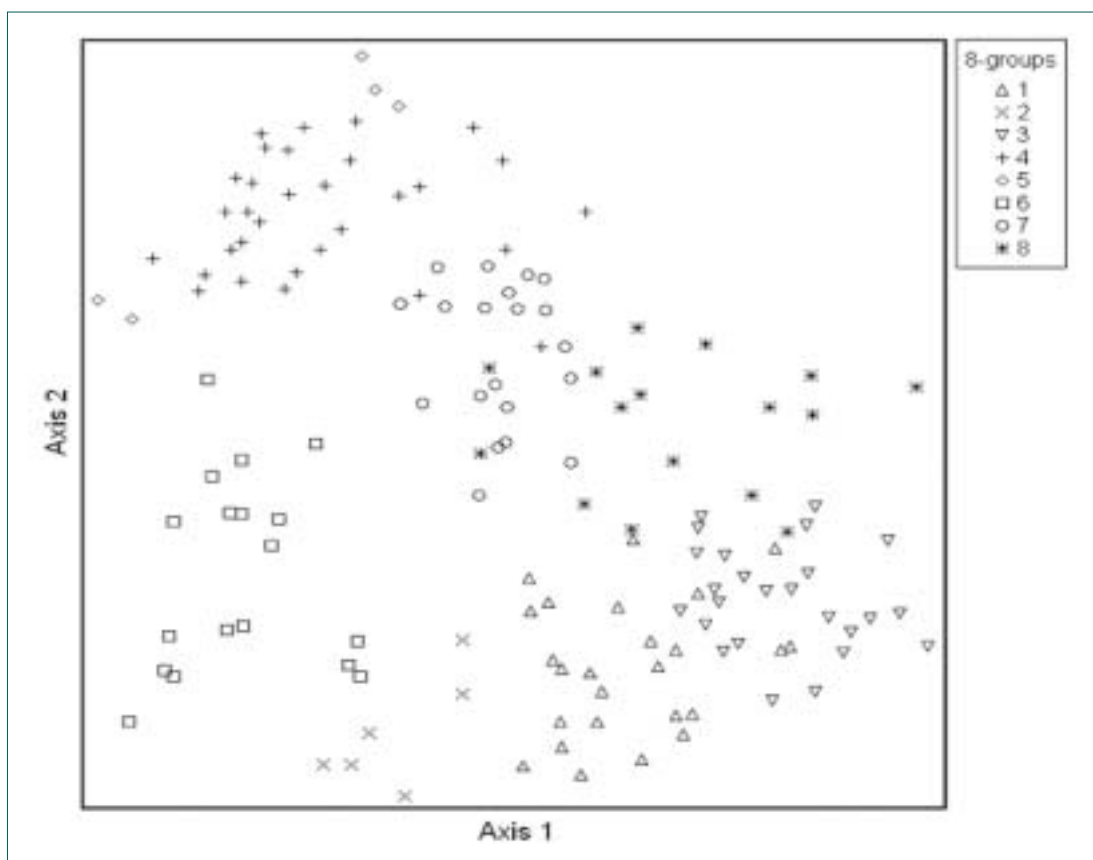


Figura 2. Diagrama de ordenación (NMS) de 146 inventarios y 264 especies (estrés final: 15,63; inestabilidad final: 0,00141; nº iteraciones: 250; % varianza eje1: 39,3 y eje2: 40,7).

1: *Cynosurion cristati*; 2: *Agrostion castellanae*; 3: *Deschampsion mediae*; 4-5: *Sideritido-Arenarion*; 6: *Hieracio-Plantaginion*; 7: *Teucro-Bromion*; 8: *Brachypodium phoenicoidis*

colas de la alianza *Sideritido-Arenarion* también comparten un amplio elenco de especies anuales y vivaces de sustratos xerófilos y calcáreos. Lo mismo ocurre entre los prados de *Cynosurion* y *Deschampsion* con un amplio repertorio de especies pratenses de suelos frescos.

El análisis del valor diagnóstico de las especies contribuye al conocimiento de la composición y estructura de las comunidades vegetales (Chytrý *et al.*, 2002). Sin embargo, hay que tener en cuenta que las especies diagnósticas obtenidas se refieren de forma exclusiva a la región estudiada y, dentro de ella, a los datos del conjunto de inventarios de vegetación analizados. Estudios similares se aplicaron sobre los pastos herbáceos calcícolas en la Serranía de Cuenca (Rodríguez-Rojo *et al.*, 2010), resultando que las turberas calcáreas y los pastos psicroxerófilos calcícolas son hábitats relacionados con especies diagnósticas interesantes por su grado de amenaza, endemidad o distribución en la Península Ibérica.

De Cáceres *et al.* (2010) mostraron la utilidad de los análisis diagnósticos de las especies considerando no sólo grupos individuales sino posibles combinaciones de grupos para detectar el rango óptimo de una especie asociada a dos o más grupos, ampliando así la flexibilidad de este tipo de análisis. En combinación con las técnicas numéricas de ordenación, permiten interpretar el grado de similitud entre comunidades aparentemente separadas en los dendrogramas de clasificación, como ha sido el caso de los vallicares y tomillares-pastizales silicícolas, situadas en distintos nodos de clasificación del dendrograma pero que, de acuerdo con la ordenación, comparten posiciones en los gradientes.

Tabla 1. Especies indicadoras para cada uno de los tipos de vegetación y de las combinaciones de pares de tipos interrelacionadas según el análisis NMS

<p><b>Cynosurion cristati</b> (grupo 1)</p> <p><i>Lolium perenne</i>  <i>Bromus hordeaceus</i>  <i>Phleum pratense</i> subsp. <i>bertolonii</i>  <i>Trisetum flavescens</i>  <i>Trifolium dubium</i></p> <p><b>Agrostion castellanae</b> (grupo 2)</p> <p><i>Agrostis castellana</i>  <i>Achillea tomentosa</i>  <i>Conopodium pyrenaicum</i>  <i>Jasione montana</i>  <i>Logfia minima</i>  <i>Anthoxanthum aristatum</i>  <i>Trifolium striatum</i>  <i>Vulpia myuros</i>  <i>Trifolium montanum</i>  <i>Arrhenatherum elatius</i> subsp. <i>baeticum</i></p> <p><b>Deschampsion mediae</b> (grupo 3)</p> <p><i>Deschampsia cespitosa</i> subsp. <i>subtriflora</i>  <i>Plantago media</i>  <i>Ranunculus bulbosus</i> subsp. <i>aleae</i>  <i>Briza media</i>  <i>Carum verticillatum</i>  <i>Leontodon carpetanus</i>  <i>Leontodon hispidus</i>  <i>Centaurea jacea</i>  <i>Plantago maritima</i> subsp. <i>serpentina</i>  <i>Juncus inflexus</i>  <i>Carex caryophylla</i>  <i>Festuca fenas</i>  <i>Danthonia decumbens</i></p> <p><b>Sideritido-Arenarion</b> (grupo 4)</p> <p><i>Thymus bracteatus</i>  <i>Anthyllis vulnerarioides</i>  <i>Arenaria ciliaris</i>  <i>Plantago monosperma</i> subsp. <i>discolor</i>  <i>Linaria aeruginea</i></p> <p><b>Sideritido-Arenarion</b> (grupo 5)</p> <p><i>Artemisia pedemontana</i>  <i>Arenaria erinacea</i>  <i>Ononis pusilla</i>  <i>Teucrium expassum</i>  <i>Paronychia kapela</i>  <i>Fumana procumbens</i>  <i>Thymus vulgaris</i>  <i>Sedum sediforme</i>  <i>Phlomis lychnitis</i>  <i>Silene legionensis</i>  <i>Astragalus incanus</i>  <i>Melica ciliata</i>  <i>Carduus assoi</i>  <i>Bombycilaena erecta</i></p>	<p><i>Crupina vulgaris</i>  <i>Sideritis hirsuta</i>  <i>Echinaria capitata</i>  <i>Asperula aristata</i> subsp. <i>scabra</i>  <i>Desmazeria rigida</i>  <i>Taeniatherum caput-medusae</i></p> <p><b>Hieracio-Plantaginion radicatae</b> (grupo 6)</p> <p><i>Scleranthus polycarpus</i>  <i>Potentilla cinerea</i>  <i>Petrorhagia prolifera</i>  <i>Pilosella castellana</i>  <i>Koeleria crassipes</i>  <i>Anthemis arvensis</i>  <i>Achillea odorata</i>  <i>Festuca rivas-martinezii</i>  <i>Poa bulbosa</i>  <i>Leontodon longirostris</i>  <i>Cerastium pumilum</i>  <i>Avenula sulcata</i>  <i>Festuca gracillior</i></p> <p><b>Teucrio-Bromion erecti</b> (grupo 7)</p> <p><i>Coronilla minima</i>  <i>Onobrychis argentea</i> subsp. <i>hispanica</i>  <i>Ononis spinosa</i>  <i>Hippocrepis comosa</i>  <i>Ononis cristata</i>  <i>Medicago sativa</i>  <i>Cirsium echinatum</i>  <i>Leucanthemum pallens</i>  <i>Jasonia tuberosa</i>  <i>Polygala monspeliaca</i>  <i>Brachypodium distachyon</i></p> <p><b>Brachypodion phoenicoidis</b> (grupo 8)</p> <p><i>Brachypodium phoenicoides</i>  <i>Arabis hirsuta</i>  <i>Geum sylvaticum</i>  <i>Thymus pulegioides</i>  <i>Knautia subscaposa</i>  <i>Dactylis hispanica</i>  <i>Polygala calcarea</i>  <i>Tetragonolobus maritimus</i>  <i>Anchusa azurea</i>  <i>Inula salicina</i>  <i>Carex divisa</i></p> <p><b>Agrostion + Cynosurion</b></p> <p><i>Carex muricata</i> subsp. <i>pairae</i>  <i>Hypochoeris radicata</i>  <i>Convolvulus arvensis</i>  <i>Sherardia arvensis</i></p> <p><b>Cynosurion + Deschampsion</b></p> <p><i>Festuca trichophylla</i>  <i>Cynosurus cristatus</i></p>	<p><i>Bellis perennis</i>  <i>Trifolium pratense</i>  <i>Lotus corniculatus</i>  <i>Gaudinia fragilis</i>  <i>Poa angustifolia</i>  <i>Trifolium repens</i>  <i>Galium verum</i>  <i>Euphrasia hirtella</i>  <i>Holcus lanatus</i></p> <p><b>Agrostion + Hieracio-Plantaginion</b></p> <p><i>Plantago holosteum</i>  <i>Sedum amplexicaule</i>  <i>Rumex acetosella</i> subsp. <i>angiocarpus</i>  <i>Evax carpetana</i>  <i>Crucianella angustifolia</i>  <i>Aira caryophylla</i>  <i>Herniaria cinerea</i>  <i>Trifolium arvense</i>  <i>Trifolium campestre</i>  <i>Ranunculus paludosus</i>  <i>Trifolium strictum</i>  <i>Tuberaria guttata</i>  <i>Carduus carpetanus</i>  <i>Salvia verbenaca</i>  <i>Neostema apulum</i>  <i>Minuartia hybrida</i></p> <p><b>Deschampsion + Brachypodion</b></p> <p><i>Filipendula vulgaris</i></p> <p><b>Sideritido-Arenarion</b></p> <p><i>Androsace maxima</i>  <i>Xeranthemum inapertum</i>  <i>Poa ligulata</i>  <i>Helianthemum oelandicum</i> subsp. <i>incanum</i>  <i>Dianthus pungens</i> subsp. <i>brachyanthus</i>  <i>Globularia vulgaris</i>  <i>Bromus squarrosus</i>  <i>Asphodelus cerasiferus</i>  <i>Alyssum simplex</i>  <i>Teucrium chamaedrys</i>  <i>Alyssum montanum</i>  <i>Scabiosa simplex</i></p> <p><b>Sideritido-Arenarion + Teucrio-Bromion</b></p> <p><i>Festuca hystrix</i>  <i>Carduncellus monspelliensium</i>  <i>Koeleria vallesiana</i></p> <p><b>Teucrio-Bromion + Brachypodion</b></p> <p><i>Bromus erectus</i>  <i>Galium estebanii</i> var. <i>leiocladus</i>  <i>Prunella laciniata</i>  <i>Avenula pratensis</i> subsp. <i>iberica</i>  <i>Cirsium acaule</i></p>
---	---	---

## CONCLUSIONES

Los nuevos muestreos realizados aportan información florística sobre un grupo de pastos cuya presencia estaba poco documentada en el territorio, como son los vallicares y los tomillares-pastizales silicícolas, por lo que se mejora el conocimiento sobre la diversidad fitocenótica de la región. La variada geomorfología del territorio (crestas, muelas, fondos de valle, ...) y su litología, tanto silíceo como calcárea, se traduce en gradientes hidromórficos y tróficos que configuran la biodiversidad del Sistema Ibérico suroccidental en cuanto a su flora y vegetación.

## Agradecimientos

El presente trabajo se ha desarrollado gracias a la concesión de un Ayuda a la Investigación de la Universidad de Castilla-La Mancha 2009-2010 (TC20091114).

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARRERA, I., 1985. *Contribución al estudio de la flora y vegetación de la Sierra de Albarracín*. Editorial. Universidad Complutense, 499 pp. Madrid (España).
- CHYTRY, M.; TICHY, L.; HOLT, J.; BOTTA-DUKAT, Z., 2002. Determination of diagnostic species with statistical fidelity measures. *Journal of Vegetation Science*, **13**(1), 79-90.
- DE CÁCERES, M.; LEGENDRE, P.; MORETTI, M., 2010. Improving indicator species analysis by combining groups of sites. *Oikos*, **119**, 1674-1684.
- DUFRENE, M.; LEGENDRE, P., 1997. Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. *Ecological Monographs*, **67**(3), 354-366.
- LÓPEZ GONZÁLEZ, G., 1978. Contribución al conocimiento fitosociológico de la Serranía de Cuenca, II. *Anales Inst. Bot. Cav.*, **34**(2), 597-702.
- MCCUNE, B.; GRACE, J.B., 2002. *Analysis of ecological communities*. MjM Software Design. 300 pp. Gleneden Beach, Oregon (USA).
- MCCUNE, B.; MEFFORD, M.J., 1999. *PC-ORD: Multivariate Analysis of Ecological Data. Versión 5.0*. MjM Software Design, Gleneden Beach, Oregon (USA).
- RIVAS-MARTÍNEZ, S. 2007. Mapa de series, geoseries y geopermaseries de vegetación de España [Memoria del Mapa de Vegetación Potencial de España. Parte 1. *Itinera Geobot.*, **17**, 1-436.
- RODRÍGUEZ-ROJO, M.P.; MADRIGAL, J.; CRESPO, G.; FERNÁNDEZ-GONZÁLEZ, F., 2010. Tipología de los prados y pastizales calcícolas de la Serranía de Cuenca (Sistema Ibérico). En: *Pastos: Fuente Natural de Energía*, A. CALLEJA et al. (Eds.). Publ. Universidad de León. Zamora (España), 15-21.
- WESTHOFF, V.; VAN DER MAAREL, E., 1978. The Braun-Blanquet Approach. En: *Ordination y Classification of Communities*, R. WHITTAKER (Ed.) Junk. The Hague (The Netherlands), 617-726.

## COMMUNITY DIVERSITY AND INDICATOR SPECIES IN GRASSLANDS OF IBERIAN SYSTEM IN CASTILLE-LA MANCHA REGION

### SUMMARY

We present the results of an analysis on the diversity of grasslands in the Iberian System in Castille-La Mancha Region. By means of cluster analysis and *Non-metric Multidimensional Scaling* (NMS) ordination, we assess the typology and the ecological patterns between the community types based on floristic data; and by means of the diagnostic analyses, the indicator species of each community type. We contribute to a better knowledge on the floristic composition of some communities which presence was unknown in the territory, such as the silicicolous *Agrostis castellana* grasslands and dwarf-chamaephyte grassland-like communities.

**Palabras clave:** habitats, cluster analysis, NMS, diagnostic value.



## VALOR PASTORAL DE LAS COMUNIDADES VEGETALES PRESENTES EN EL TRAMO TOLEDANO DE LA CAÑADA REAL SEGOVIANA

J. ROJO, M.P. RODRÍGUEZ ROJO, A. GONZÁLEZ CONDADO, C. VAQUERO, F. FERNÁNDEZ-GONZÁLEZ y R. PÉREZ-BADIA \*

### RESUMEN

La red de vías pecuarias ha servido como vía de comunicación para la búsqueda de los pastos más adecuados para el ganado trashumante. A lo largo de los años, asociados a esta actividad ganadera se han desarrollado importantes extensiones de pastos y otros tipos de vegetación que actualmente se encuentran amenazados por el abandono del pastoreo. En este trabajo se realiza un inventario de las comunidades vegetales presentes en el recorrido de la Cañada Real Segoviana que atraviesa la provincia de Toledo, se determina su valor pastoral y se identifican aquellos tramos de la cañada que albergan las comunidades de mayor valor pascícola. La caracterización de las comunidades vegetales se ha realizado siguiendo la metodología fitosociológica y el valor pastoral se ha determinado por el método de Daget y Poissonet. Los resultados muestran un total de 63 sintaxones (60 asociaciones y 3 comunidades vegetales sin adscripción fitosociológica), de los que 23 se consideran con interés pascícola, destacando de entre ellos, los majadales y los gramales localizados en el tramo que atraviesa la meseta cristalina.

**Palabras clave:** pastos, tipos de hábitat, trashumancia, vía pecuaria

### INTRODUCCIÓN

La red de vías pecuarias de la Península Ibérica es la más importante de toda Europa debido a las condiciones geográficas y climatológicas del territorio, óptimas para el desarrollo de la trashumancia (Ruiz y Valero, 1990). Este sistema ganadero tradicional está basado en el desplazamiento del ganado para la búsqueda de los mejores pastizales en cada estación del año (García Martín, 2005). Las vías pecuarias han influido profundamente en el paisaje natural y la biodiversidad de los entornos que atraviesan, por lo que han cumplido un papel ecológico muy importante (Alenza, 2001). El mantenimiento de una adecuada carga ganadera y el aprovechamiento racional de los pastos han provocado transformaciones del medio natural hacia ecosistemas pastorales de gran complejidad (Greiller, 2006). Como consecuencia, el propio ganado ha mantenido estos pastos hasta que el declive de la

---

\* Área de Botánica. Instituto de Ciencias Ambientales. Universidad de Castilla-La Mancha, Avda. Carlos III s/n, 45071 Toledo (España).

actividad trashumante condujo al abandono y deterioro de las vías pecuarias españolas. Se estima que se habrá perdido con carácter irreversible entre el 30 y el 40% de la superficie de vías pecuarias en España (Rubio y Martínez, 1992). En muchos casos, el abandono de la actividad ganadera disminuye la biodiversidad asociada y, en dehesas, se ha estimado que determina hasta un 70% de cambio en la composición florística de la vegetación (Peco *et al.*, 2001), dando lugar a comunidades vegetales con escaso valor pastoral. Por tanto, es importante valorar la situación actual de las comunidades pascícolas asociadas a las vías pecuarias para establecer unas pautas de recuperación y conservación de las mismas.

Este trabajo se realiza en el marco de la elaboración de un completo inventario de la vegetación de la Cañada Real Segoviana a su paso por la provincia de Toledo y el objetivo es presentar los principales resultados obtenidos en lo que respecta a la valoración pastoral y a la identificación de tramos con distinto grado de interés pastoral.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Área de estudio

En la provincia de Toledo, la Cañada Real Segoviana transcurre a lo largo de unos 100 km de longitud, atravesando 15 municipios de norte a sur (Fig. 1). El área de estudio pertenece a los sectores biogeográficos Guadarrámico al norte, Toledano-Tagano al sur y Manchego en el tramo medio (Rivas-Martínez, 2007). Además se encuentran representados dos pisos bioclimáticos: el mesomediterráneo de ombroclima seco en la mayor parte del territorio, y el supramediterráneo subhúmedo en la franja correspondiente a los Montes de Toledo (Rivas-Martínez, 2007). En el territorio se distinguen tres unidades geomorfológicas (Martín Serrano, 2005) (Fig. 2). Al norte, la cuenca sedimentaria del Tajo, constituida por materiales sedimentarios, donde predomina el aprovechamiento agrícola. La segunda unidad es la Meseta Cristalina, formada por la intrusión de rocas migmatíticas y metamórficas que afloran en superficie y que han obstaculizado el desarrollo de la agricultura, por lo que es un territorio de vocación ganadera. Por último, la cañada atraviesa los Montes de Toledo, donde el aprovechamiento del entorno de la vía pecuaria es principalmente cinegético y forestal.



Figura 1. Recorrido de la Cañada Real Segoviana a su paso por la provincia de Toledo.

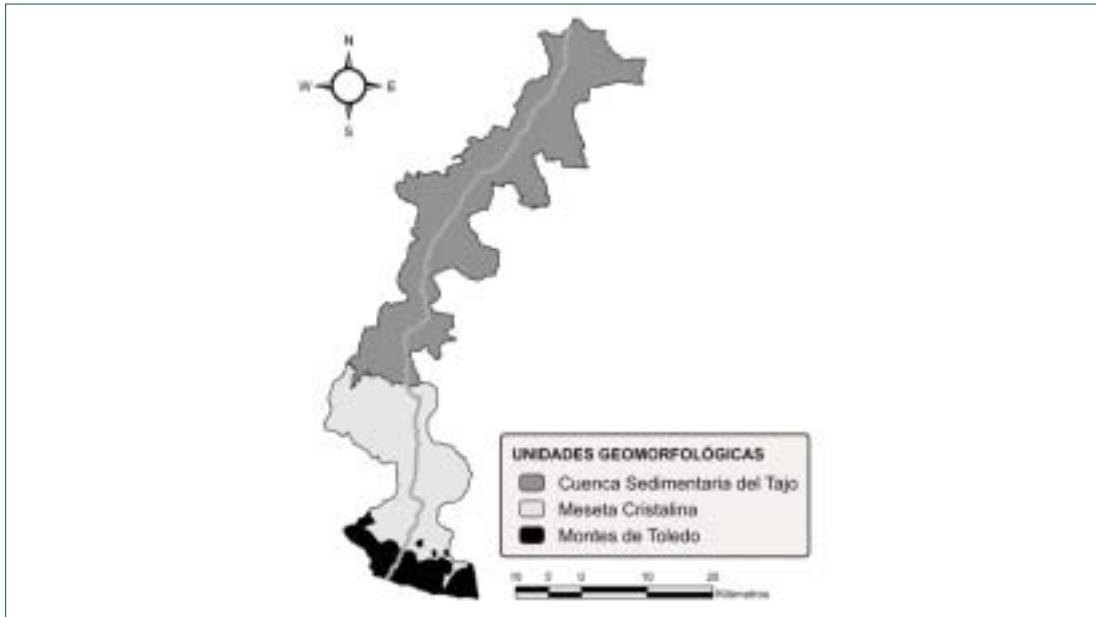


Figura 2. Unidades geomorfológicas reconocidas en el territorio Metodología.

La caracterización de las unidades de vegetación se ha llevado a cabo mediante la realización de un total de 242 inventarios fitosociológicos distribuidos a lo largo de todo el área de estudio. Los inventarios se han analizado mediante el módulo *Quercus* del paquete de *software* VEGANA (*Vegetation Edition and Analysis Tools*, <http://biodiver.bio.ub.es/vegana/>) y se ha seguido la nomenclatura fitosociológica propuesta por Rivas-Martínez *et al.* (2001, 2002). A partir de los inventarios fitosociológicos se ha calculado el valor trófico de las comunidades vegetales establecidas para el territorio, mediante la metodología definida por Daget y Poissonet (1972). Así, el valor pastoral (VP), que toma valores entre 0 y 100, se ha calculado mediante la siguiente fórmula:

$$VP = 0,2 \cdot \sum_{s=1}^{s=n} (C_s \cdot I_s)$$

donde  $n$  es el número de especies presentes,  $C_s$  la cobertura porcentual de la especie  $s$ , e  $I_s$  un índice que oscila entre 0 y 5, según el valor nutritivo, la digestibilidad y la productividad de la especie. Para los valores de  $I_s$  se han tomado como referencia los índices asignados en el trabajo de San Miguel (2009).

Los cálculos del VP han permitido discriminar en el territorio dos grandes grupos de comunidades. Un primer grupo formado por comunidades caracterizadas por gramíneas y leguminosas, en las que se incluyen los pastizales anuales, pastizales vivaces, pastizales subnitrófilos, nanojuncales, comunidades de jaramagos, retamares abiertos y dehesas de fresnedas, cuyo VP es mayor a 9,45 y consideradas de interés pascícola. Un segundo grupo lo forman los bosques, arbustadas, comunidades sufruticosas, y resto de comunidades, para las que se han obtenido menores cifras de VP y sin interés pascícola. De esta manera, en los resultados se han destacado las unidades fitosociológicas con valor pastoral superior a 9,45 y se han indicado las principales especies que contribuyen a este valor. La distribución de estas comunidades en el territorio ha servido para determinar los tramos de la Cañada Real Segoviana con mayor importancia desde el punto de vista pastoral.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el análisis de los inventarios se han diferenciado un total de 63 unidades fitosocio-

lógicas, correspondientes a 60 asociaciones y a 3 comunidades sin adscripción fitosociológica, de las que 23 presentan un valor pastoral superior a 9,45 (Fig. 3).

Los VP más altos (entre 30 y 40) corresponden a los gramales y a los majadales calcícolas, como era de esperar, aunque muestran valores más bajos que en la Comunidad de Madrid (San Miguel, 2009). También presentan VP altos los pastizales de *Hordeum marinum* Huds. y de *Poa annua* L., alcanzando valores similares a los de algunos prados naturales de otros territorios mediterráneos con adecuadas cargas ganaderas (Ovalle *et al.*, 1981). Con valores de VP entre 20 y 30 se encuentran los majadales silícícolas, nanojuncales y pastizales subnitrófilos, éstos últimos con VP más altos que en la Comunidad de Madrid (San Miguel, 2009). Con VP inferiores se encuentra el resto de las comunidades, como los pastizales vivaces xerófilos, los pastizales viarios y los vallicares. En el caso de las comunidades leñosas, los retamares poseen valores de VP alrededor de 15, al igual que en la Comunidad de Madrid, mientras que las fresnedas adhesionadas poseen un valor más bajo, cercano a 12.

El VP de gramales y majadales supera los valores indicados para otras comunidades consideradas de alto interés como los cervunales y las comunidades de *Festuca spp.* del Puerto de San Isidro (León, España) con VP entre 13 y 27 (Alonso *et al.*, 1993) y del Parque Nacional de Monti Sibillini (Italia) con VP entre 18 y 36 (D'Ottavio *et al.*, 2005).

Las familias taxonómicas que contribuyen a aumentar el valor pastoral de las comunidades vegetales en todo el territorio, son principalmente gramíneas y leguminosas, aunque géneros como *Carex*, *Erodium*, *Hypochoeris*, *Leontodon*, *Juncus*, *Plantago*, *Rumex* o *Taraxacum*, pertenecientes a otras familias, también contribuyen a ello. En los trebolares, majadales, nanojuncales, comunidades de *Poa annua* L. y *Chamaemelum fuscatum* (Brot.) Vasc. y en los pastizales viarios, es muy importante la presencia de las especies de los géneros *Trifolium*, *Astragalus* o *Medicago*. Por su parte, la representación de gramíneas es importante en los gramales y en los majadales, dominados por la grama (*Cynodon dactylon* (L.) Pers.) y por grama cebollera (*Poa bulbosa* L.), respectivamente y también son predominantes en los pastizales vivaces xerófilos (*Stipa gigantea* Link, *S. tenacissima* L., *S. lagascae* Roem. & Schult., *S. capensis* Thunb., *Hyparrhenia hirta* (L.) Stapf), en los vallicares (*Agrostis castellana* Boiss & Reut.) y en los pastizales anuales subnitrófilos (*Bromus*, *Hordeum*, *Avena* y *Lolium*). El valor pastoral de los retamares lo aporta principalmente la propia retama (*Retama sphaerocarpa* (L.) Boiss.), aunque también es importante la contribución de las diferentes especies herbáceas que habitan entre los claros de las retamas.

En el tramo de la Cañada cuyo uso es principalmente agrícola, localizado en la cuenca sedimentaria del río Tajo, aparecen bien representados los pastizales subnitrófilos de carácter ruderal o arvense y los pastizales viarios. Estos últimos han reemplazado a gran parte de los majadales, de mayor valor pascícola, debido al abandono de la ganadería extensiva. Aún así, se diferencian majadales silícícolas en el sector Guadarrámico y calcícolas en el sector Manchego. En algunos enclaves, como en el caso del municipio de Escalonilla, todavía perdura una importante cabaña ovina que utiliza la vía pecuaria como manifiestan los ganaderos locales, manteniendo así la conservación de los majadales calcícolas, catalogados de interés en la Directiva Hábitats. En este tramo también se encuentran otras comunidades con interés pascícola como los retamares guadarrámicos y manchegos, los pastizales anuales silícícolas y los gramales. El tramo de la meseta cristalina se caracteriza por la presencia de pastizales anuales silícícolas y de pastizales de carácter vivaz como lastonares, berceales y vallicares, que se distribuyen dependiendo de las condiciones topográficas del medio. Los majadales silícícolas encuentran condiciones óptimas de desarrollo en las dehesas de Menasalbas, a piedemonte de los Montes de Toledo. Comunidades con mayores requerimientos de humedad edáfica, como los nanojuncales y gramales, son abundantes en el entorno del embalse del Torcón (Menasalbas), aunque también se desarrollan en los

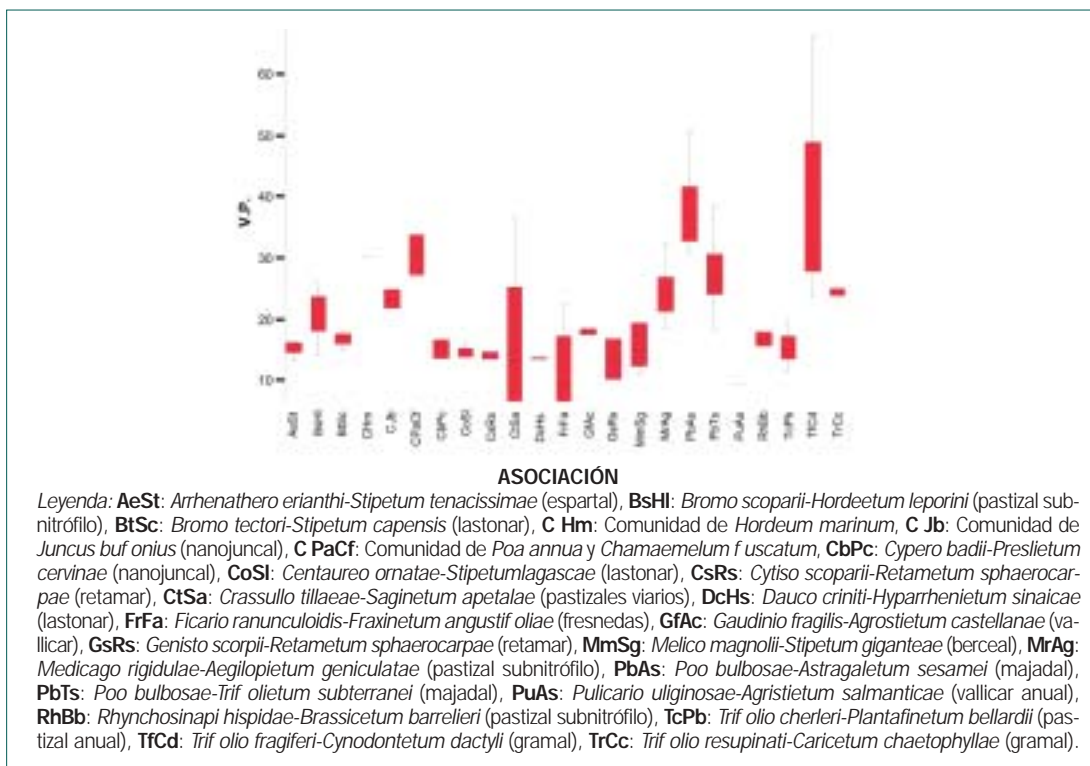


Figura 3. Valor pastoral de las unidades fitosociológicas con interés pascícola de la Cañada Real Segoviana en la provincia de Toledo

bordes de los arroyos que atraviesan la meseta y en las vaguadas de las dehesas de fresnedas. Por último, en los Montes de Toledo predominan comunidades forestales, arbusteadas y matorrales seriales, siendo las dehesas de fresnos localizadas a lo largo de los arroyos y de las vaguadas, las que aportan mayor VP en esta parte del territorio.

## CONCLUSIONES

La diversidad de pastos en el tramo toledano de la Cañada Real Segoviana se relaciona con los factores geológicos y geomorfológicos que conforman el paisaje, y que a su vez determinan el uso del territorio. A lo largo de esta vía pecuaria existe un gran número de comunidades de interés pascícola entre las que destacan los majadales y los gramales, con valores pastorales entre 30 y 40. La conservación de estas comunidades requiere el mantenimiento del pastoreo, por lo que una ganadería extensiva bien gestionada es la mejor garantía de continuidad de los recursos pascícolas de las vías pecuarias.

## Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por la Consejería de Agricultura y Medio Ambiente de la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha a través del proyecto PREG07-17.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALENZA, J. F., 2001. *Vías pecuarias*. Gobierno de Navarra, Departamento de Medio Ambiente, Ordenación del Territorio y Vivienda. Civitas, 528 pp.
- ALONSO, I.; BERMÚDEZ, F. F.; GARCÍA, A.; REVESADO, P. R.; MANTECÓN, A. R.; GONZÁLEZ, J. S.; CARLOS, G., 1993. Estudio de las comunidades de interés pascícola en un puerto de Montaña I. Estructura y valor pastoral. *Pirineos*, **141-142**, 3-18.

- DAGET, P.; POISSONET, J., 1972. Un procédé d'estimation de la valeur pastorale des pâturages. *Fourrages*, **49**, 31-40.
- D'OTTAVIO, P.; SCOTTON, M.; ZILLOTTO, U., 2005. Pastoral value of mountain pastures of Monti Sibillini (Apennines, Italy) grazed by sheep. *Options Méditerranéennes*, **67**, 93-98.
- GARCÍA MARTÍN, P. (coord), 2005. *Cañadas, cordeles y veredas*. Consejería de Agricultura y Ganadería, 244 pp. Valladolid (España).
- GRELLIER, B., 2006. A transhumant shepherd on Mount Aigoual: sheep transhumance and the shepherd's knowledge. *International Social Science Journal*, **59(187)**, 161-164.
- MARTÍN-SERRANO, A. (ed.), 2005. *Mapa geomorfológico de España y del margen continental a escala 1:1.000.000*. Instituto Geológico y Minero de España. Madrid (España).
- OVALLE, C.; AVENDAÑO, J.; ETIENNE, M.; MUÑOZ, M.; SERRA, M. T., 1981. Determinación del valor pastoral en praderas naturales de la zona Mediterránea subhúmeda y su relación con la carga animal. *Agricultura Técnica*, **41(4)**, 221-231.
- PECO, B.; OÑATE, J. J.; REQUENA, S., 2001. Dehesa grassland: natural values, threats and agri-environmental measures in Spain. En: *Recognizing European Pastoral Farming Systems and understanding their ecology: A necessity for appropriate Conservation and Rural Development Policies. Proceedings of the 7th European Forum on Nature Conservation and Pastoralism, 17-21 June 2000*, Ennistymon, County Clare, Ireland. EFNCP Occasional Publication 23, 38-43.
- RIVAS-MARTÍNEZ, S., 2007. Mapa de series, geoserias y geopermaseries de vegetación de España. Parte 1. *Itinera Geobotánica*, **17**, 1-435
- RIVAS-MARTÍNEZ, S.; FERNÁNDEZ GONZÁLEZ, F.; LOIDI, J.; LOUSA, M.; PENAS, A., 2001. Syntaxonomical checklist of vascular plant communities of Spain and Portugal to association level. *Itinera Geobotánica*, **14**, 5-341.
- RIVAS-MARTÍNEZ, S.; FERNÁNDEZ GONZÁLEZ, F.; IZCO, J.; LOIDI, J.; LOUSA, M.; PENAS, A., 2002. Vascular plant communities of Spain and Portugal. Addenda to the syntaxonomical checklist of 2001. *Itinera Geobotánica*, **15**, 5-922.
- RUBIO, J. L.; MARTÍNEZ, C., 1992. *Valle de Alcudia. Cuadernos de la trashumancia*, 2. ICONA, 26 pp. Madrid (España).
- RUIZ PÉREZ, M.; VALERO, A., 1990. Transhumance with Cows as a Rational Land Use Option in the Gredos Mountains (Central Spain). *Human Ecology*, **18(2)**, 187-202.
- SAN MIGUEL, A. (coord), 2009. *Los pastos de la comunidad de Madrid. Tipología, cartografía y evaluación*. Serie técnica de Medio Ambiente nº 4, 446 pp. Madrid (España).

## PASTORAL VALUE OF PLANT COMMUNITIES IN THE TOLEDO STRETCH OF THE CAÑADA REAL SEGOVIANA

### SUMMARY

The livestock track network has long been used by transhumant livestock, in their seasonal movements searching the best pasture resources. This network has contributed to the development of grasslands of high ecological value. These systems are currently threatened by the restriction of livestock movements and grazing abandonment. In this work an inventory of plant communities in the Toledo stretch of the Cañada Real Segoviana, was carried out with the aim to assess the pastoral value of the plant communities and to determine those sections in the Cañada that has the best grasslands. The characterization of plant communities was made using phytosociological methods and pastoral value was determined by the method of Daget and Poissonet. The results show a total of 63 syntaxa, 23 of which are considered to have pasture interest and among them, the best are located in the section that crosses the crystalline plateau of the Cañada Real Segoviana.

**Key words:** Grassland, livestock track, habitat types, transhumance.

# EFFECTO DE LA DISPONIBILIDAD DE NITRÓGENO EN LA GERMINACIÓN DE ESPECIES HERBÁCEAS DE UN COSCOJAR MEDITERRÁNEO

M.E. PÉREZ CORONA<sup>1</sup>, D. GARCÍA HIT A<sup>1</sup>, C. GARCÍA MUÑOZ<sup>1</sup>, P. HURTADO<sup>1</sup>  
A. LAFUENTE<sup>1</sup>, C.R. OCHOA-HUESO<sup>2</sup>, y E. MANRIQUE<sup>2</sup>

## RESUMEN

El N es un componente fundamental de los organismos vivos y juega un papel crítico en el control de la productividad primaria de los ecosistemas siendo incluso limitante en algunos sistemas como los mediterráneos. En los últimos años diversas actividades humanas han incrementado la liberación a la atmósfera de N a nivel global y su deposición en el suelo en diferentes formas. La deposición de N en ecosistemas templados aumenta su disponibilidad en el suelo, la productividad de los organismos y la incorporación de carbono al suelo y vegetación pero también acidifica el suelo y disminuye la diversidad vegetal. Sin embargo los estudios en ecosistemas mediterráneos sobre los efectos del aumento de la disponibilidad de N son escasos por lo que es comprometido hacer predicciones de la respuesta de los ecosistemas mediterráneos en escenarios donde el N aumente. El objetivo del trabajo es conocer los efectos de diferentes niveles de fertilización nitrogenada así como de diferentes fuentes de N en la germinación de especies herbáceas características de un coscojar mediterráneo del centro de la Península Ibérica para evaluar la evolución futura de estos sistemas en el escenario de un incremento acusado de N.

**Palabras clave:** deposición de N, velocidad de germinación, capacidad de carga.

## INTRODUCCIÓN

El N juega un papel crítico en el control de la productividad primaria de los ecosistemas comportándose como un elemento limitante en los ecosistemas terrestres a nivel global especialmente en los mediterráneos. Las actividades humanas han incrementado la producción de formas químicas de N que se liberan a la atmósfera y que se acaban depositando en el suelo impactando a los sistemas que están aparentemente en equilibrio (Murray *et al.*, 2006). La entrada de N al suelo produce efectos negativos en el sistema: acidificación del suelo, incremento de la sensibilidad de especies vegetales a estreses ambientales y una disminución de la diversidad vegetal, con la entrada de especies nitrófilas. Estos cambios se relacionan con cambios en el banco de semillas y con su capacidad de germinación en

---

<sup>1</sup> Departamento de Ecología. Universidad Complutense de Madrid. 28040. Madrid.

<sup>2</sup> Instituto de Recursos Naturales. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Madrid.

el nuevo escenario. En ecosistemas dominados por anuales las semillas son la única forma de reproducción de estas especies para asegurar su permanencia.

El objetivo del trabajo es determinar el efecto de la concentración y fuente de N en la germinación de las semillas de especies herbáceas de coscojares mediterráneos del centro de la Península Ibérica. Hipotéticamente la presencia de compuestos de N a distintas concentraciones o formas afectará significativamente a las tasas de germinación de especies, esperando un incremento inicial de la tasa de germinación al aumentar la concentración de N hasta que sea saturante.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Material vegetal y zona de estudio

El experimento se ha llevado a cabo con suelo y semillas recogidas en el coscojar de la finca El Regajal (Reserva Natural El Regajal-Mar de Ontígola (40°9'N, 3°29'W), Aranjuez, Madrid). La altitud media es 500 m.s.n.m y el clima semiárido-mediterráneo (precipitación anual 425 mm. La vegetación está dominada por especies perennes: *Quercus coccifera* L. y *Rossmarinus officinalis* L. y pequeños terófitos. Las especies vegetales utilizadas en el presente estudio son *Asterolinon linum-stellatum* (L.) Duby in DC, *Brachypodium phoenicoides* (L.) Roem y Schult., *Diptotaxis muralis* (L.) DC., *Helianthemum violaceum* (Cav.) Pers., *Iberis pectinata* Boiss., *Lepidium subulatum* L., *Plantago lanceolata* L., *Salvia verbenaca* L., *Stipa tenacissima* L. y *Teucrium pseudochamaepestis* L.

El suelo fue recogido de los primeros cuatro centímetros en ocho parcelas dentro de la zona se homogeneizó y se tamizó a 2mm. Las semillas de las especies vegetales fueron recogidas en verano de 2009 salvo *B. phoenicoides* que es comercial. Las semillas de *A. linum-stellatum* fueron recogidas en dos zonas con diferente disponibilidad de N (alta y baja).

### Diseño experimental

Se realizaron tres experimentos: 1. Las semillas de todas las especies germinaron con 0 ppm (control), 10 ppm, 20 ppm y 40 ppm de  $\text{NO}_3\text{NH}_4$ . Aquellas que mejor germinaron (ver Figura 1) en el control germinaron con 1 ppm, 5 ppm de  $\text{NO}_3\text{NH}_4$ . 2. Semillas de *B. phoenicoides*, *D. muralis*, *I. pectinata* y *P. lanceolata* que germinaron con  $\text{NO}_3\text{K}$  a 5 ppm y  $\text{SO}_4(\text{NH}_4)_2$  5 ppm. 3. Semillas de las poblaciones de *A. linum-stellatum* (zonas alto y bajo N) germinaron con los mismos tratamientos de los experimentos anteriores. Para cada especie y tratamiento de cada experimento se realizaron 5 placas, cada una con 10 semillas y 4 g de suelo recogido previamente, que se distribuyeron aleatoriamente e incubaron durante 24 días con luz natural y a 20°C. El tratamiento se añadió a la placa en forma de 10 ML. La humedad del suelo se mantuvo añadiendo 2 ml de agua destilada a cada placa cuando fue necesario. Previamente a los experimentos la dormición de las semillas se rompió al introducirlas en agua en agitación a 25°C durante 24 h

### Variables del suelo y de la germinación

Se determinó el contenido de arena, limo y arcilla, el pH, nitratos, amonio, potasio y materia orgánica del suelo. Cada día se comprobaba la germinación de las semillas. Las semillas germinadas eran desechadas.

### Análisis estadístico

Las diferencias entre los tratamientos se analizaron mediante ANOVA de dos vías (especie, tratamiento) y posterior test LSD (STATISTICA). Previamente se comprobó la homogeneidad de las varianzas (test de Barlett). La velocidad de germinación se calculó con el parámetro de Einhellig.



## RESULTADOS

Ninguna de las especies estudiadas germinó con 10, 20 y 40 ppm de  $\text{NO}_3\text{NH}_4$  (datos no mostrados). Sí lo hicieron todas con diferente éxito en el tratamiento control (Tabla 1). Se seleccionaron entonces las especies que mejor germinaron y fueron sometidas a los tratamientos de 1 y 5 ppm de  $\text{NO}_3\text{NH}_4$  (Figura 1) no existiendo diferencias en el porcentaje de germinación entre los tratamientos para las especies estudiadas: *A. linum stelatum*, *B. phoenicoides*, *D. muralis*, *I. pectinata* y *P. lanceolata* ( $p < 0,05$ ). *P. lanceolata* y *A. linum-stelatum* tienen un porcentaje mayor que las otras especies para todos los tratamientos y el control ( $p < 0,05$ ). La velocidad de germinación parece afectada por la disponibilidad de  $\text{NO}_3\text{NH}_4$  (1 y 5 ppm) en todas las especies (Tabla 2) ya que en cuatro de ellas parece disminuir la velocidad y en *Diplotaxis muralis* la incrementa.

Tabla 1. Valores medios del porcentaje de germinación para el tratamiento control (n=5)

Especie	% Germinación
<i>A. linum-stelatum</i>	80
<i>B.phoenicoides</i>	44
<i>D.muralis</i>	34
<i>H.violaceum</i>	22
<i>I.pectinata</i>	44
<i>L.subulatum</i>	18
<i>P.lanceolata</i>	96
<i>S.verbenaca</i>	12
<i>S.tenacissima</i>	20
<i>T.pseudochamaephytis</i>	2

Los resultados muestran que no hay diferencias entre las diferentes fuentes de N para *A. linum stelatum*, *B. phoenicoides*, *I. pectinata* y *P. lanceolata* (Figura 2). Sí hubo diferencias para *D. muralis*: el  $\text{NO}_3\text{NH}_4$  incrementó su germinación ( $p < 0,05$ ) y el  $\text{SO}_4(\text{NH}_4)_2$  redujo la germinación ( $p < 0,05$ ) respecto al control. El  $\text{NO}_3\text{NH}_4$  no mostró diferencias con el control. Todas las fuentes de N parecen tender a disminuir la velocidad de germinación en todas las especies con respecto al control (Tabla 2).

No se encontraron diferencias significativas en la germinación de las poblaciones de *A. linum-stellatum* entre los tratamientos de nitrato amónico (Figura 3). La población de la zona de bajo N no muestra diferencias en germinación entre los tratamientos de diferentes fuentes de N (Figura 4;  $p > 0,05$ ). La población de la zona de alto N muestra un incremento del porcentaje para el  $\text{NO}_3\text{K}$  y una disminución para el  $\text{SO}_4(\text{NH}_4)_2$  con respecto al control.

Tabla 2. Velocidad de germinación media de cada especie para cada tratamiento calculada mediante el parámetro de Einhellig (S)

Especie	Control	$\text{NO}_3\text{NH}_4$ 1ppm	$\text{NO}_3\text{NH}_4$ 5ppm	$\text{SO}_4(\text{NH}_4)_2$ 5ppm	$\text{NO}_3\text{K}$ 5ppm
<i>A. linum-stelatum</i>	3,005	2,05	2,104	1,330	2,236
<i>B.phoenicoides</i>	0,473	0,271	0,391	0,278	0,291
<i>D.muralis</i>	1,104	1,556	1,188	0,390	0,598
<i>I.pectinata</i>	3,656	1,810	1,567	0,610	0,525
<i>P.lanceolata</i>	8,142	7,968	6,309	5,542	6,405

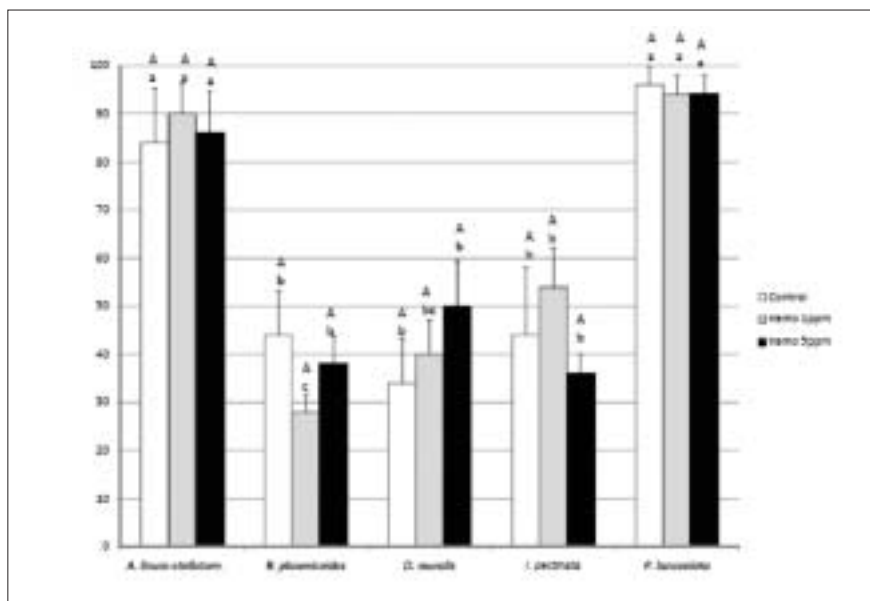


Figura 1. Valores medios  $\pm$  error estándar del porcentaje de germinación para las cinco especies para los tratamientos de concentración de nitrato amónico. Diferencias entre tratamientos para cada especie en letras mayúsculas (LSD,  $p < 0,05$ ). Diferencias entre especies para el tratamiento en letras minúsculas (LSD;  $p < 0,05$ ). namo= $\text{NO}_3\text{NH}_4$

## DISCUSIÓN

Debido a que ninguna especie germina con concentraciones de  $\text{NO}_3\text{NH}_4$  iguales o superiores a 10ppm pero sí lo hacen a concentraciones inferiores se podría concluir que el intervalo de tolerancia para nuestro experimento está entre los 5 y 10ppm añadidos al suelo. Para el cálculo de la concentración saturante hay que tener en cuenta que los niveles iniciales presentes en el suelo son 36 y 3,25ppm de nitrato y amonio respectivamente (datos no mostrados). Nuestros resultados muestran que la adición de  $\text{NO}_3\text{NH}_4$  a concentraciones crecientes no produce cambios significativos en la germinación aunque parece insinuarse una tendencia al incremento (*D. muralis*) hasta que se alcanzan niveles saturantes y ésta queda inhibida por toxicidad (Roem *et al.*, 2002). *A. linum-stellatum* (anual) y *P. lanceolata* (perenne) presentan la mayor germinación que pueden ser atribuible a una estrategia adaptativa específica ya que son especies que pueden encontrarse en hábitats variados.

La adición de diferentes fuentes de N sólo produjo diferencias significativas frente al control para el caso de *D. muralis*. El nitrato amónico tiende a estimular la germinación y el sulfato amónico la reduce. La capacidad de germinación de *Sisymbrium officinale* se ha relacionado con el nitrato potásico (Fenner y Thompson, 2005) por lo que cabría esperar resultados similares, al menos, para *I. pectinata* y *D. muralis* que son especies de la misma familia y nitrófilas. Sin embargo, ninguna especie muestra diferencias entre el nitrato potásico y el control. No existen diferencias en la falta de respuesta de las poblaciones de *A. linum-stellatum* a las concentraciones de  $\text{NO}_3\text{NH}_4$  pero las diferentes fuentes de N sí muestran diferencias: la población de alto N la disminuye su germinación con  $\text{SO}_4(\text{NH}_4)_2$ . Roem *et al.* (2002) señalan que el  $\text{SO}_4(\text{NH}_4)_2$  puede reducir la germinación y reducir la diversidad más que con otras formas de N. En cuanto a la evolución de las tasas de germinación existe una cierta disminución general frente al control, siendo el mayor efecto para el  $\text{SO}_4(\text{NH}_4)_2$ . Tratándose de especies anuales, un retraso en la germinación por incrementos en la deposición de N podría tener drásticas consecuencias en estos ecosistemas ya que en este periodo podrían ser desplazadas por especies competidoras.

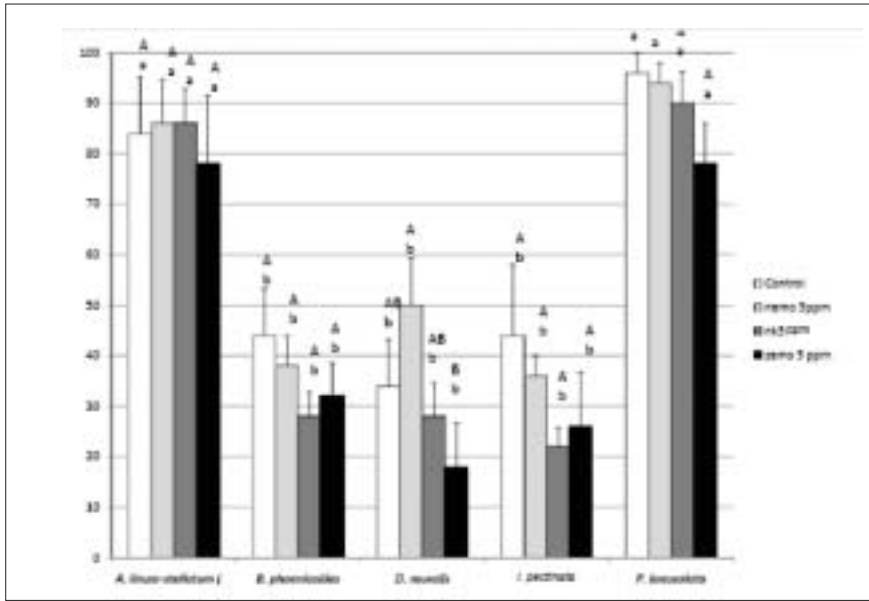


Figura 2. Valores medios  $\pm$  error estándar del porcentaje de germinación para las cinco especies para los tratamientos de distintas fuentes de N. Diferencias entre tratamientos para cada especie en letras mayúsculas (LSD,  $p < 0,05$ ). Diferencias entre especies para el tratamiento en letras minúsculas (LSD;  $p < 0,05$ ). namo= $\text{NO}_3\text{NH}_4$ ; nk= $\text{NO}_3\text{K}$ ; samo= $\text{SO}_4\text{NH}_4$

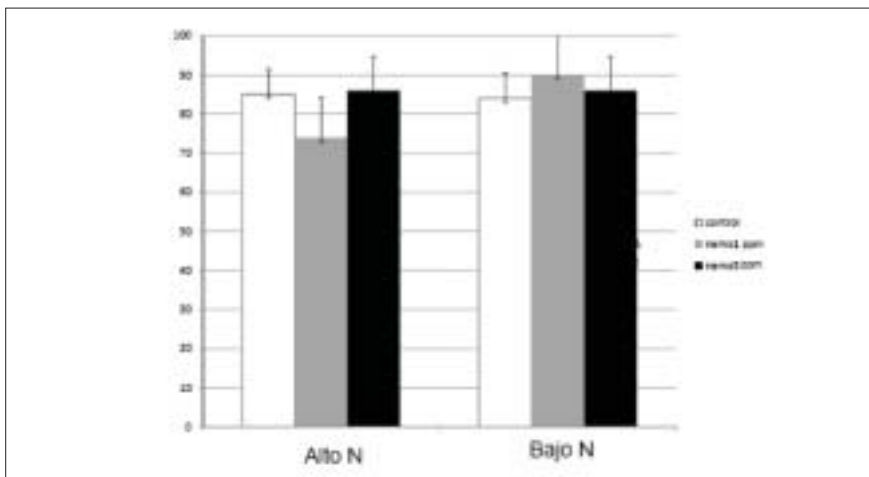


Figura 3. Valores medios  $\pm$  error estándar del porcentaje de germinación para las dos poblaciones de *A. linum-stellatum*: Alto N: Población procedente de zona alto N; Bajo N: Población procedente de zona de bajo N. para los tratamientos de concentración de nitrato amónico.

## CONCLUSIONES

Las respuestas obtenidas para en este estudio parece ser específica (Luna y Moreno, 2009) si bien se pueden detectar patrones generales. La falta de respuesta general concuerda con la falta de cambio de la biomasa de estos pastizales con el incremento de N encontrada en estudios realizados por el mismo equipo. Las especies que se han mostrado más sensibles han sido no gramíneas lo que concuerda con los cambios de la proporción de otras familias detectada en esos mismos experimentos (Ochoa-Hueso y Manrique, 2010). Por otro lado nuestros resultados sugieren una carga crítica de N para la germinación.

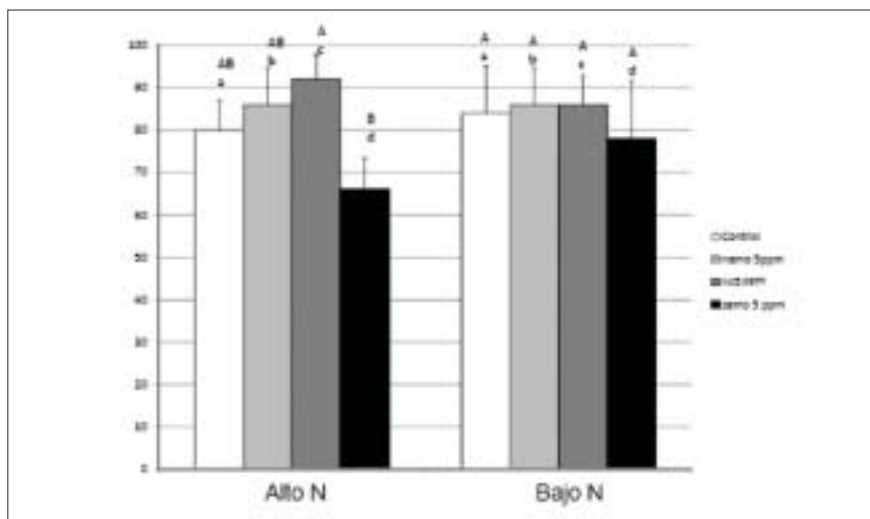


Figura 4. Valores medios  $\pm$  error estándar del porcentaje de germinación para las dos poblaciones de *A.linum-stellatum*: Alto N: Población procedente de zona alto N; Bajo N: Población procedente de zona de bajo N. para los tratamientos de concentración de nitrato amónico. Diferencias entre tratamientos para cada población en letras mayúsculas (LSD,  $p < 0,05$ ). Diferencias entre poblaciones para el tratamiento en letras minúsculas (LSD;  $p < 0,05$ ).

## Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por Proyecto MEC-CGL-2009-11015.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- FENNER, M.; THOMPSON, K. 2005. *The ecology of seeds*. Cambridge University Press, Cambridge (Reino Unido).
- LUNA, B.; MORENO, J.M., 2009. Light and nitrate effects on seed germination of Mediterranean plant species of several functional groups. *Plant Ecology*, **203**, 123-135.
- MURRAY, P.J.; COOK, R.; CURRIE, A.F.; DAWSON, L.A.; GANGE, A.C.; GRAYSTON, S.J.; TREONIS, A.M., 2006. Interactions between fertilizer addition, plants and the soil environment: Implications for soil and faunal structure and diversity. *Applied Soil Ecology*, **33**, 199-207.
- OCHOA-HUESO, C.R.; MANRIQUE, E., 2010. Nitrogen fertilization and water supply affect germination and plant establishment of the soil seed bank present in a semi-arid Mediterranean scrubland. *Plant Ecology*, **210**, 263-273.
- ROEM, W.J.; KLEES, H.; BERENDSE, F., 2002. Effects of nutrient addition and acidification on plant species diversity and seed germination in heathland. *Journal of Applied Ecology*, **39**, 937-948.

## EFFECT OF NITROGEN AVAILABILITY ON THE GERMINATION OF HERBACEOUS SPECIES OF A MEDITERRANEAN KERMES OAK FOREST

### SUMMARY

Nitrogen is an essential component of living organisms and plays a critical role in controlling ecosystem primary production. In Mediterranean ecosystems N can even limit productivity. In recent years human activities have significantly increased the N release to the atmosphere worldwide and their subsequent deposition on the ground by different ways. It is known that N deposition in temperate ecosystems increases N soil availability, species productivity and the incorporation of carbon to the soil

and vegetation but also N acidifies the soil and reduces plant diversity through different mechanisms. However, studies in Mediterranean ecosystems describing the effects of increased N availability are very scarce so there is no relevant information to enable us to make reliable predictions of the Mediterranean ecosystem responses in N increased scenarios. The study aims to determine the effects of different levels of N (simulation of plausible scenarios of N deposition rate) and different N sources on germination of herbaceous species characteristic of a Mediterranean kermes oak forest in the center Iberian Peninsula. The results could anticipate the future evolution of these ecosystems in the scenario of a sharp rise of N.

**Key words:** nitrogen deposition, germination speed, carrying capacity.



# EVOLUCION TEMPORAL Y ESPACIAL DE ESPECIES CESPITOSAS EN EL CAMPO DE GOLF GUADIANA, BADAJOZ

F. GARRIDO<sup>1</sup>, O. SANTAMARÍA<sup>2</sup> y L. OLEA<sup>2</sup>

## RESUMEN

La elección de especies cespitosas es un factor clave a la hora de la implantación de un césped en un campo de golf. Esta elección debe basarse en su calidad, pero también en su dinámica poblacional en las distintas zonas a lo largo del año para unas condiciones concretas. El estudio se realizó en el campo de golf Guadiana situado en Badajoz. En función de las especies sembradas inicialmente (instauradas en 1992) y las encontradas actualmente, se estudió la evolución de éstas en el tiempo a lo largo del año agrícola 2009-2010, analizando las de mayor importancia, persistencia y adaptación a las condiciones climáticas de la zona. Se diferenciaron 4 zonas: 'green', 'tee', 'calle' y 'rough' que se estudiaron independientemente. Los resultados mostraron que la zona, el momento del año, así como su interacción, influyeron significativamente en las comunidades herbáceas registradas. Dentro de éstas, las zonas 'rough' y 'green' y los meses de agosto y octubre fueron los que más influyeron en esas comunidades. No obstante, en las zonas más cuidadas, 'green' y 'tee', *A. stolonifera*, la especie introducida de más calidad, mantuvo una presencia aceptable, incluso en los periodos más desfavorables.

**Palabras clave:** *Agrostis*, diversidad, especies herbáceas, 'green', 'rough'.

## INTRODUCCIÓN

La elección de especies cespitosas a sembrar en un campo de golf constituye un aspecto clave, ya que nos ayudará a conseguir un césped homogéneo (Cirera, 2002), una cobertura total del campo y conferir las características propias de cada zona de juego ('green', 'tee', 'calle', 'rough'). Resulta por tanto importante comprobar, en función de las especies que se sembraron inicialmente y las que se encuentran actualmente, la idoneidad de las mezclas de siembra y su comportamiento a lo largo del año teniendo en cuenta las distintas zonas del campo de juego. Por tanto el objetivo del trabajo consistió en analizar la abundancia de las especies cespitosas más importantes en cada zona de juego ('green', 'tee', 'calle', 'rough'), así como su evolución a lo largo de un año. Y todo ello relacionándolo con la siembra inicial de especies.

---

<sup>1</sup> DGuadiana Club de Golf-Badajoz. Carretera Nacional V, Km. 393,2. Badajoz

<sup>2</sup> Departamento de Ingeniería del Medio Agronómico y Forestal (U. de Extremadura). Escuela de Ingenierías Agrarias. Ctra. Cáceres s/n, 06007. Badajoz.

## MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio fue realizado en el campo de golf Guadiana en Badajoz (Coordenadas geográficas Huso: 29 Lat: 38° 57´ 7.62´´ N Long: 6° 53´ 7.07´´ W). Su clima es semiárido mediterráneo (Le Houerou, 1975) con valores medios que se indica en la *figura 1*.

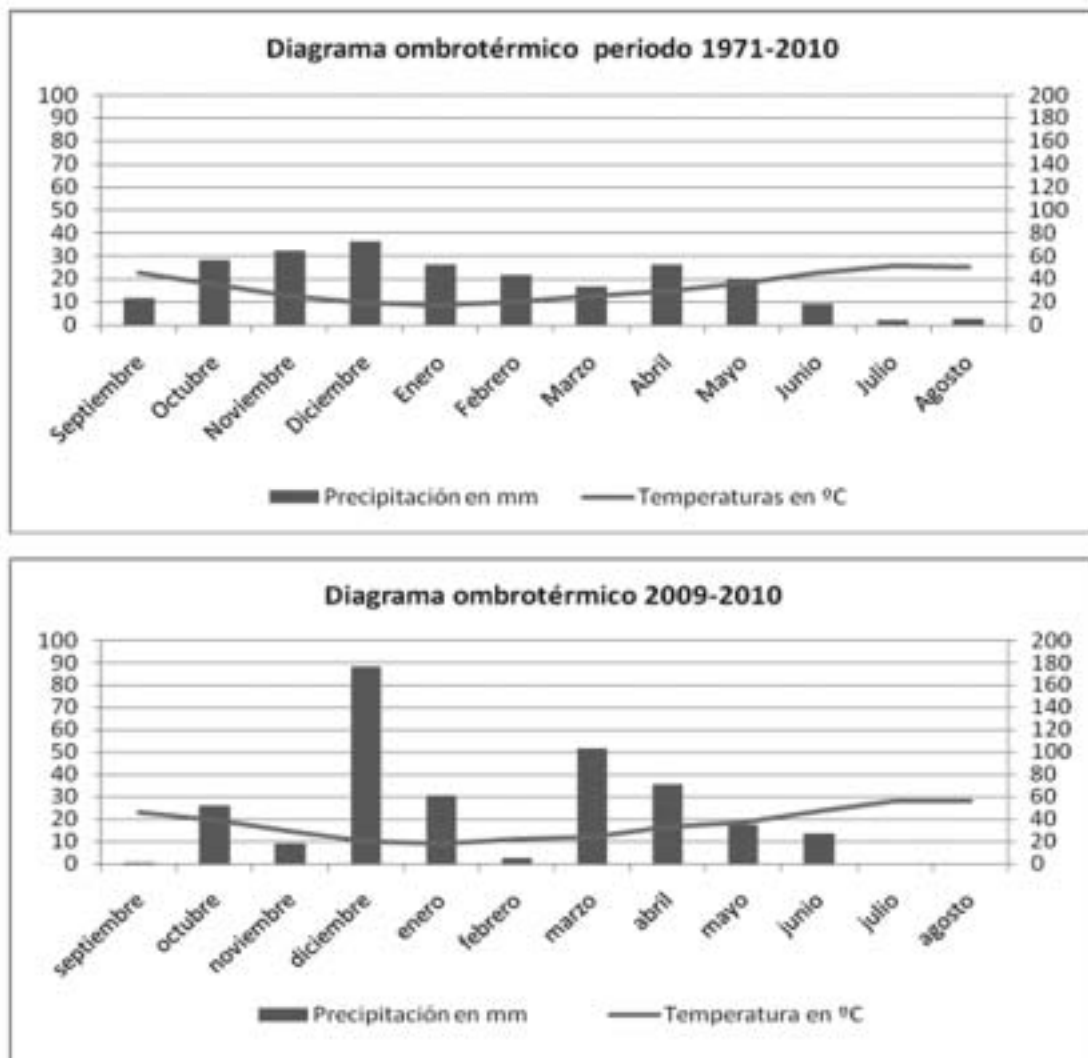


Figura 1. Datos climáticos en la zona de ensayos desde 1971 hasta 2010 y en el año de estudio 2009-2010 (Agencia Estatal de Meteorología).

Para evaluar la abundancia en porcentajes de las especies herbáceas presentes se escogieron cuatro hoyos de los nueve primeros. Cada hoyo se divide en cuatro zonas green, tee, calle y rough. En cada zona se tomaron cinco muestras. Para la toma de muestras se lanzaron cuadrados metálicos de 25 cm x 25 cm, estimándose de forma visual los porcentajes de cada especie que quedaron comprendidas. Las muestras se tomaron bimensualmente comenzando en octubre y finalizando en agosto. Inicialmente (año 1992) se habían hecho cuatro tipos de mezclas, una para cada zona (*Tabla 1*), con el objetivo de diferenciar visualmente cada una de las zonas y conseguir una cobertura total de la superficie.

El mantenimiento del campo consiste principalmente en fertilización (en 'greenes' abonado bimensual, 350 kg/ha de un 20-5-10; en 'tees' dos veces al año con 400 kg/ha de



**Tabla 1. Porcentajes de las especies en las mezclas para cada zona y dosis de siembra empleadas en Golf Guadiana en 1992**

	<i>Agrostis stolonifera</i>	<i>Lolium perenne</i>	<i>Poa pratensis</i>	<i>Festuca arundinacea</i>	<i>F. rubra ssp litoralis</i>	Dosis g/m <sup>2</sup>
'Green'	100	0	0	0	0	30
'Tee'	5	55	40	0	0	35
'Calle'	5	75	10	0	10	30
'Rough'	0	10	5	85	0	25

un 20-10-10; en 'calles', también dos veces al año, pero 200 kg/ha de un 20-10-10; y en los 'rough' no se abonó) y riego por aspersión (en función de la precipitación y la ETP, aunque de media se regó de mayo a septiembre con 10 mm/día en 'greenes', 7 mm/día en 'tees', 5 mm/día en 'calles' y 2,5 mm/día en 'rough'; de noviembre a enero no se regaba; y en el resto del año cuando hiciera falta; generalmente 'greenes' cada dos días, 'tees' cada tres días y 'calles' una vez a la semana). Además, para diferenciar las zonas del campo se realizan distintos tipos de corte caracterizados por su altura de corte tal y como recomienda Monje (1997), siendo éstas las que se detallan en la *tabla 2*.

**Tabla 2. Altura de corte para cada zona del campo y época del año**

zona	Altura de corte en mm	
	Invierno	Verano
'Green'	3	3,5
'Tee'	8	10
'Calle'	10	15
'Rough'	100	150

Para ver el efecto de la zona ('green', 'tee', 'calle' y 'rough') y del año (6 meses) sobre la abundancia (%) de las especies cespitosas más importantes encontradas se realizó un análisis de la varianza (ANOVA) considerando como variables independientes la "zona" y el "momento" así como su interacción y como variable respuesta el % de aparición de cada especie encontrada. En el caso de encontrar diferencias significativas en el ANOVA ( $p$ -valor  $<0,05$ ) se procedió a realizar un test de comparaciones múltiples (Test LSD de Fisher) para ver como influían las distintas zonas, momentos y/o su interacción. Para analizar el efecto de la zona y el momento, pero no ya sobre cada especie por separado, sino para la comunidad de especies cespitosas en su conjunto, se realizó un análisis canónico de correspondencias incluyendo como variables explicativas a las distintas zonas y a los distintos meses estudiados y como variables respuesta el % de aparición de todas las especies encontradas. Para comprobar la significación de las variables en la distribución específica se realizó un test de Monte Carlo con 499 permutaciones para el análisis exploratorio y 999 en el definitivo. Para ello se utilizaron los ajustes que vienen por defecto en el programa CANOCO para Windows versión 4.5 (Ter Braak y Smilauer, 2002).

## RESULTADOS

### Composición florística de cada zona

El ANOVA, realizado sobre las especies más abundantes, detectó influencia significativa de la zona y momento del año, así como de su interacción, en el porcentaje de aparición de la mayor parte de las especies (*Tabla 3*). El porcentaje de aparición de *F. arundinacea* fue el más independiente de la zona y la fecha.

Tabla 3. Análisis de varianza del porcentaje de aparición de cada especie según la 'zona', 'fecha' e interacción 'zona\*fecha'

Especie	Fuente	gl	F	p-valor
<i>Agrostis stolonifera (agro)</i>	Zona	3	102,51	< 0,01
	Fecha	5	3,22	0,01
	Zona*Fecha	15	2,28	0,01
<i>Sin vegetación (cal)</i>	Zona	3	10,40	< 0,01
	Fecha	5	5,22	< 0,01
	Zona*Fecha	15	3,29	< 0,01
<i>Cynodon dactylon (cyn)</i>	Zona	3	18,74	< 0,01
	Fecha	5	18,92	< 0,01
	Zona*Fecha	15	7,01	< 0,01
<i>Digitaria sanguinalis (dig)</i>	Zona	3	9,44	< 0,01
	Fecha	5	16,84	< 0,01
	Zona*Fecha	15	5,65	< 0,01
<i>Festuca arundinacea (fes)</i>	Zona	3	192,83	< 0,01
	Fecha	5	1,39	0,24
	Zona*Fecha	15	1,38	0,18
<i>Poa annua (poaa)</i>	Zona	3	35,75	< 0,01
	Fecha	5	23,00	< 0,01
	Zona*Fecha	15	3,14	< 0,01
<i>Taraxacum officinale (tar)</i>	Zona	3	7,11	< 0,01
	Fecha	5	6,28	< 0,01
	Zona*Fecha	15	1,74	0,06
<i>Trifolium repens (tri)</i>	Zona	3	10,90	< 0,01
	Fecha	5	4,54	< 0,01
	Zona*Fecha	15	1,81	0,05

gl: grados de libertad; F: Estadístico de contraste según ANOVA

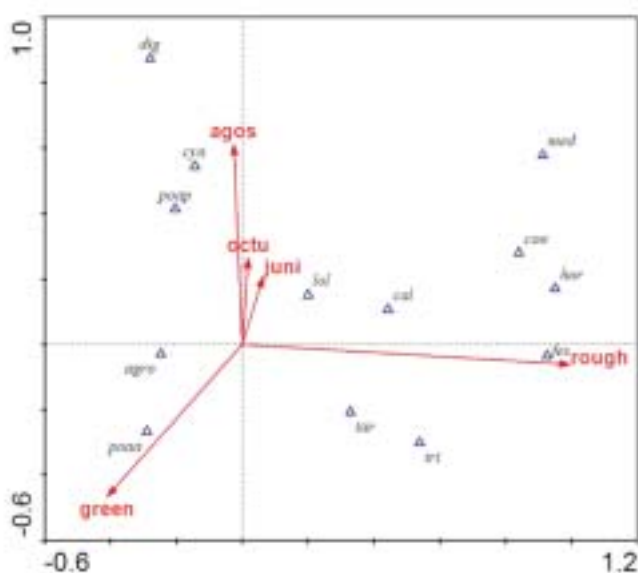


Fig. 2. Análisis canónico de correspondencias de las variables significativas (según Test de Montecarlo) sobre la composición específica de las especies aparecidas. Los códigos de las especies pueden verse en la Tabla 3. Además: poap (Poa pratensis), lol (Lolium perenne), med (Medicago sp), con (Conyza sp), hor (Hordeum murinum).

En cada zona se encontraron distintos porcentajes de cada especie, siendo *Agrostis stolonifera* la especie que más apareció en el campo, a pesar de que en la siembra inicial se había limitado casi a los 'greenes'. *Festuca arundinacea* fue la especie mejor adaptada a las características de los rough, siendo la especie predominante en estos; y destacar como especies espontáneas las especies de clima cálido *Cynodon dactylon* y *Digitaria sanguinalis*. En la tabla 4 se detallan los valores obtenidos para las especies más importantes.

**Tabla 4. Porcentajes de cada especie en cada zona del campo de golf Guadiana**

Especie	zona	Media ± error estándar			Especie	zona	Media ± error estándar		
<i>A. stolonifera</i>	'green'	75,68	±22,16	A <sup>1</sup>	<i>F. arundinacea</i>	'green'	0,00	±0,00	B
	'tee'	45,72	±12,65	C		'tee'	0,00	±0,00	B
	'calle'	62,92	±16,97	B		'calle'	0,10	±0,13	B
	'rough'	10,33	±3,30	C		'rough'	49,00	±13,92	A
Sin vegetación	'green'	0,75	±0,79	B	<i>P. annua</i>	'green'	23,50	±7,72	A
	'tee'	2,92	±1,68	B		'tee'	23,00	±8,59	A
	'calle'	3,25	±1,34	B		'calle'	13,67	±5,43	B
	'rough'	8,83	±2,47	A		'rough'	1,79	±1,10	C
<i>C. dactylon</i>	'green'	0,08	±0,13	B	<i>T. officinale</i>	'green'	0,00	±0,00	C
	'tee'	11,92	±6,33	A		'tee'	2,08	±1,46	B
	'calle'	12,75	±7,61	A		'calle'	1,50	±0,95	CB
	'rough'	3,00	±2,68	B		'rough'	3,79	±1,61	A
<i>D. sanguinalis</i>	'green'	0,00	±0,00	B	<i>T. repens</i>	'green'	0,00	±0,00	B
	'tee'	3,50	±2,95	A		'tee'	2,67	±1,31	B
	'calle'	4,00	±1,06	A		'calle'	1,75	±0,85	B
	'rough'	0,00	±0,00	B		'rough'	9,92	±4,49	A

<sup>1</sup> Para cada especie, letras diferentes indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) según el test LSD de Fisher.

## Influencia de la zona y el momento del año sobre la composición específica

El test de Montecarlo indicó que las variables ambientales que tuvieron una influencia significativa ( $p < 0,05$ ) sobre la composición de especies fueron por orden de importancia: 'rough', 'green', 'el mes de agosto', 'el mes de octubre' y 'el mes de junio'. El análisis canónico de correspondencias realizado sobre las variables significativas (Fig. 2) mostró como las especies *A. stolonifera* y *Poa annua* estaban asociadas al 'green', mientras que *F. arundinacea* y *Hordeum murinum* estaban asociadas al rouge. Por otra parte, *C. dactylon*, *D. sanguinalis* y *Poa pratensis*, estuvieron asociadas a los meses cálidos

## DISCUSIÓN

Por norma general los porcentajes de aparición de *A. stolonifera* fueron bastante altos en calles y 'greenes'. Esto podría ser debido al tratamiento similar de mantenimiento que reciben. El uso es parecido, pues aunque los jugadores suelen hacer "chuletas" (trozos de césped que se desprenden por el golpeo a la bola de los jugadores) en las calles, éstas no se notan tanto como en un 'tee'. La siega de las calles es a 10 mm, siendo este manejo factor importante a la hora de favorecer el crecimiento de *A. stolonifera*. A pesar de solo incluir un 5% en la mezcla inicial de las calles, su desarrollo ha sido más agresivo que el resto de las especies, por lo que es una buena especie para formar campos de golf (Dernoeden, 2000).

Se pudo observar que varias de las especies implantadas en 1992, *Lolium perenne*, *Poa pratensis* y *F. rubra ssp litoralis*, prácticamente han desaparecido, o su presencia es muy

limitada, tras casi 20 años, lo que demuestra su poca adaptación a las condiciones edafoclimáticas de nuestro campo y/o a las condiciones de manejo llevadas a cabo. Dichas especies se han visto fundamentalmente sustituidas por el propio *A. stolonifera* (también implantada en el 92), *C. dactylon*, *Poa annua* y *D. sanguinalis*, en función de la zona del campo analizada. Para *C. dactylon*, especie espontánea, en el mes de febrero no se observó presencia como era de esperar de una especie de clima cálido (McCarty y Grady, 2002). No obstante, en los meses que sí apareció, la zona del campo tuvo una gran influencia en su frecuencia, siendo calles y tees los lugares donde más apareció. La aparición de *D. sanguinalis* fue mayor en tees y calles. En los tees es fácilmente explicable su aparición pues hay muchas "chuletas" al descubierto donde se instala (Turgeon *et al.*, 2008) desplazando a las especies implantadas, de hecho, las dos principales especies sembradas, *L. perenne* y *P. pratensis* han desaparecido casi por completo. En las calles, *D. sanguinalis* tuvo una presencia bastante alta, llegando a ser del 20%. Su aparición podría ser debida a la debilidad de *L. perenne* en las condiciones de estudio, como lo demuestra su casi completa desaparición respecto de la siembra inicial. *D. sanguinalis* es una especie exigente en recursos tanto hídricos como de fertilidad, por lo que fue muy difícil encontrarla en zonas de rough o bajo mantenimiento. A la vista de los altos niveles de aparición y que tiene características no deseables en un campo de golf se debería considerar necesario realizar tratamientos preventivos contra esta especie. Con respecto a *F. arundinacea* y teniendo en cuenta la dosis de siembra inicial, podemos afirmar que la evolución de esta especie ha sido positiva, manteniendo niveles del 50 % de la composición de los roughs. Se puede afirmar también que la aparición de zonas sin vegetación estuvo poco ligada al nivel de mantenimiento, pues solo en una ocasión se relacionó significativamente con la zona muestreada

## CONCLUSIONES

Tanto la zona como el momento del año, así como su interacción, influyeron significativamente en las comunidades herbáceas registradas. Las zonas 'rough' y 'green' y los meses de agosto y octubre fueron los que más influyeron en esas comunidades. No obstante, en las zonas más cuidadas, 'green' y 'tee', la especie introducida de más calidad (*A. stolonifera*) fue la especie predominante, incluso en los periodos más desfavorables. La inclusión inicial de 5% de esta especie en la mezcla de 'calle' y 'tee' dio como resultado con el paso del tiempo un campo mayoritariamente de *A. stolonifera*. Las especies espontáneas más importantes debido a su cantidad y dificultad de manejo son *C. dactylon* y *D. sanguinalis*. Los niveles de estas especies estuvieron alrededor del 20% y las operaciones de mantenimiento deberían ir encaminadas a su control y erradicación.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CIRERA, J., 2002. Material vegetal para uso cespitoso en España. En: *Producción de pastos, forrajes y céspedes*, C. CHOCARRO *et al.* (Eds). Edicions de la Universitat de Lleida. Lleida (España), 37- 42.
- DERNOEDEN, P.H.; 2000. *Creeping bentgrass Management, Summer Stresses, Weeds and selected Maladies*. Jhon Wiley and Sons Ltd., 244 pp. EE.UU.
- LE HOUEROU, H.N., 1975. Bioclimatología de la región mediterránea. Seminario La Orden, CRIDA-08. Badajoz.
- MCCARTY, L.B.; GRADY M., 2002. *Managing Bermudagrass Turf: Selection, Construction, Cultural Practices, and Pest Management Strategies*. Jhon Wiley and Sons Ltd. 221 pp. EE.UU.
- MONJE, R., 1997. *Mantenimiento de campos de golf*. Ediciones mundi-prensa, 264 pp. Sevilla (España).

TER BRAAK, C.J.F.; SMILAUER, P., 2002. *CANOCO Reference Manual and CANODRAW for User's Guide version 4.5.*, 500 pp. Ithaca, NY

TURGEON A.J., MCCARTY; CHRISTIANS N., 2008. *Weed Control in Turf and Ornamentals.* Editorial Prentice Hall, 300 pp. EE.UU.

## **SPATIAL AND TEMPORAL EVOLUTION OF TURF SPECIES IN THE GOLF COURSE GUADIANA, BADAJOZ**

### **SUMMARY**

Selection of grass species is very important in the development of a golf course. This selection must depend on quality features and population dynamics according to the seasonal and environmental conditions of the course. The study was conducted during 2009-2010 in Golf Guadiana in Badajoz. The current species were studied and analyzed in relation with their occurrence frequency, in comparison with those initially seeded. It was analyzed the effect of the area (green, tee, rough and fairway) and the moment of the year (sampling in 6 months) on the percentage of occurrence of each species. The results showed that the area and the period of the year, as well as the interaction, had a significant influence in the grass communities recorded, showing a different effect of the moment depending on the area considered. Among these areas, the rough and green and the month of August and October were those which had a greater effect on those communities. However, in the areas with the most carefully management, green and tee, the most valuable species kept a good presence, even in the worst period.

**Key words:** *Agrostis*, diversity, grass species, green, rough.



## EL HONGO ENDOFÍTICO *EPICHLÖË FESTUCAE* Y LA TOLERANCIA AL ESTRÉS SALINO EN *FESTUCA RUBRA*

B.R. VÁZQUEZ DE ALDANA, A. ÁLVAREZ MARTÍN, A. GARCÍA-CIUDAD,  
I. ZABALGOGEAZCOA y B. GARCÍA CRIADO \*

### RESUMEN

Uno de los beneficios que producen los hongos endofíticos de los géneros *Epichloë/Neotyphodium* en las plantas que infectan, es que éstas muestran una mayor tolerancia a estreses abióticos como la sequía o ciertos metales pesados. El objetivo de este trabajo fue determinar el efecto del hongo endofítico *Epichloë festucae* en el crecimiento de plantas de *Festuca rubra* en condiciones de salinidad. En condiciones naturales, las distintas subespecies de esta gramínea ocupan varios ambientes como oligotrófico, mesotrófico y salino. Se llevó a cabo un experimento en invernadero con plantas de *Festuca rubra* infectadas por *Epichloë festucae* y no infectadas, procedentes de dos dehesas de la provincia de Salamanca. Las plantas fueron tratadas con distintas concentraciones salinas durante varias semanas. Los resultados mostraron una disminución en los parámetros de crecimiento al aumentar la concentración salina. Considerando la disminución de la biomasa con respecto al control, se observó un efecto de la presencia del hongo: la disminución en la producción de hojas fue mayor en las plantas infectadas que en las correspondientes no infectadas.

**Palabras clave:** gramíneas, endofitos, producción, crecimiento, cañuela roja

### INTRODUCCION

Uno de los beneficios que producen los hongos endofíticos de los géneros *Epichloë* y *Neotyphodium* en las plantas que infectan es que éstas muestran una mayor resistencia a estreses abióticos como la sequía o ciertos metales pesados (Kuldau y Bacon, 2008; Soleimani *et al.*, 2010). Esto hace que, en determinadas condiciones ambientales, las plantas infectadas tengan ventajas competitivas en relación a las no infectadas. El hecho de que en poblaciones naturales se encuentren elevadas tasas de infección endofítica sugiere que las plantas infectadas puedan tener ventajas competitivas en relación a las no infectadas.

Parente (1996) describió de forma poética los pastos como '*la maravillosa alfombra verde de nuestra tierra madre*' (*Grassland, this wonderful green carpet of our Mother Earth*). Los pastos además de ser un recurso renovable base de la dieta de los rumiantes, cumplen de forma simultánea otras funciones como son la conservación del suelo frente a la erosión, soporte de diversidad y mantenimiento del paisaje. Por ello, los pastos tienen usos alterna-

---

\* Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Salamanca (IRNASA-CSIC); Cordel de Merinas 40-52; 37008 Salamanca

tivos como el recubrimiento de taludes, usos recreativos (parques, campos de deportes, etc.). *Festuca rubra* L. es una gramínea perenne apreciada como forrajera, y una de las especies más utilizadas en céspedes. Las empresas de semillas han introducido en el mercado variedades endofíticas de especies como *Festuca rubra*, *Lolium perenne* y *Lolium arundinaceum* (Semillas Fitó, 2010). El aumento de las superficies verdes ha incrementado el uso de aguas de baja calidad para el riego de céspedes, y por tanto una demanda de gramíneas cespitosas tolerantes a la salinidad (Alshammery *et al.*, 2004).

El objetivo de este trabajo fue determinar el efecto del hongo endofítico *Epichloë festucae* en el crecimiento de plantas de *Festuca rubra* en condiciones de salinidad. El estrés salino no es una condición natural de los pastos de dehesa donde las plantas de *F. rubra* son frecuentes. Sin embargo, debido al elevado porcentaje de infección endofítica en poblaciones de esta gramínea, tanto en ecosistemas semiáridos de dehesa como en zonas costeras (Zabalgogezcoa *et al.*, 1999; 2006), y a la diversidad de hábitats que ocupan las distintas subespecies (Peeters *et al.*, 2004), es de especial interés determinar el efecto que produce el hongo en condiciones adversas como es el estrés salino.

## MATERIALES Y METODOS

Se llevó a cabo un experimento en invernadero con plantas de *Festuca rubra* infectadas por el hongo endofito *Epichloë festucae* y no infectadas. Se diagnosticó la presencia del hongo endofítico mediante su aislamiento y cultivo en agar de patata y dextrosa (PDA) a partir de fragmentos de la vaina foliar de las plantas.

Para el experimento se utilizaron dos líneas de *F. rubra* (P y R), cada una de ellas constituida por una versión infectada por *E. festucae* (E+) y otra libre de infección (E-) (líneas medio-hermanas). Las semillas de ambas versiones fueron producidas por clones cuya única diferencia es la infección endofítica o su ausencia. Estas líneas se obtuvieron a partir de plantas infectadas de pastos de dehesa de la provincia de Salamanca.

A partir de estas semillas, se obtuvieron plantas E+ y E- que se mantuvieron en macetas en invernadero durante seis meses. En todas las plantas se diagnosticó de nuevo la presencia/ausencia del endofito *E. festucae* mediante aislamiento y cultivo en PDA. Las plantas se dividieron en clones, cada uno de ellos con dos vástagos y tamaño similar (por peso) y se recortó la raíz a una longitud de 4 cm, para obtener plantas similares en tamaño. Se trasplantaron a macetas (de 11 cm de altura y 12 cm de diámetro), en una mezcla de turba, perlita y arena (3:1:1), donde se mantuvieron durante un mes con riegos frecuentes antes de iniciar el tratamiento de salinidad.

El tratamiento de salinidad consistió en la adición de una disolución de NaCl a diferentes concentraciones: S1 = 100 mM NaCl; S2 = 300 mM NaCl; C = control agua. Se aplicó un diseño factorial y de cada combinación tratamiento de sal (S2, S1, C), infección (E+, E-) y línea de *F. rubra* (P, R) se consideraron seis réplicas. Las macetas, colocadas al azar en el invernadero, se regaron con 100 ml de la disolución correspondiente, cada dos días. Al inicio del tratamiento salino se hizo un recuento del número de vástagos. El tratamiento se inició con una concentración de S1= 30 mM y S2= 90 mM y se aumentó la concentración salina gradualmente durante los 10 primeros días hasta llegar a S1= 100 mM; S2= 300 mM. Después de cuatro semanas de tratamiento se determinó la longitud de la hoja más larga, número de vástagos; se dividieron las plantas en raíz y parte aérea (pseudo-tallos y hojas), determinado en cada parte peso fresco y peso seco. A partir de estos datos se obtuvo el contenido de agua en tejidos y el aumento del número de vástagos durante el período de tratamiento salino.

Se realizó un análisis de varianza con tratamiento de sal (C; S1; S2), infección endofítica (E+; E-) y línea de *F. rubra* (P; R) como factores principales, utilizando el programa es-



tadístico SPSS v17.0. En el caso de los parámetros peso seco de hoja y peso seco de raíces se calculó la variación en peso seco (PS) respecto al control, expresado en porcentaje, como:  $[(PS_{\text{control}} - PS_{\text{tratamiento}})/MS_{\text{control}}] \cdot 100$ . Dado que estas variaciones fueron positivas en todos los casos, la nueva variable se denominó 'reducción en peso seco'.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados mostraron que al aumentar la concentración salina hay una disminución estadísticamente significativa en los parámetros de crecimiento: producción de materia seca de hojas y de raíz, contenido en agua de hojas, aumento del número de vástagos y longitud de hoja más larga (*Tabla 1; Figura 1*). Esta disminución es una de las consecuencias más evidentes del estrés salino. El contenido de agua de las raíces no se vio afectado de forma significativa por la salinidad (*Tabla 1*). Se encontró una planta muerta RE+ S2 (con todas las hojas secas) a las dos semanas de iniciar el tratamiento, que pudo ser debido al estrés del trasplante inicial, ya que fue la única planta del tratamiento que en ese momento tuvo síntomas de estrés. Unos días antes del muestreo se observaron síntomas de estrés en las hojas del tratamiento S2, tales como enrollamiento y una menor intensidad del color.

*Tabla 1. ANOVA mostrando el nivel de significación del efecto de la infección (I), línea (L), tratamiento de sal (S) y sus interacciones en distintos parámetros de crecimiento de F. rubra.*

Factor	Peso seco hoja	Peso seco raíz	Contenido agua hojas	Contenido agua raíz	Longitud hoja	Nº vástagos	Reducción PS hojas	Reducción PS raíz
Infección (I)	0,101	0,152	0,246	0,182	0,067	0,195	<b>0,018</b>	0,922
Línea (L)	0,359	<b>0,000</b>	0,429	0,192	0,500	0,195	<b>0,039</b>	0,422
Sal (S)	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>	0,416	<b>0,030</b>	<b>0,000</b>	<b>0,001</b>	<b>0,019</b>
I*L	<b>0,001</b>	0,531	<b>0,000</b>	0,619	0,152	0,329	0,389	0,280
I*S	0,436	0,499	0,064	0,790	0,578	0,877	0,291	0,322
I*L*S	0,340	0,859	<b>0,000</b>	0,732	0,397	0,517	0,447	0,955

La cuestión fundamental planteada inicialmente en este trabajo fue determinar cómo afecta la presencia del hongo endofítico, en la respuesta de las plantas al tratamiento de salinidad. Debido a las diferencias iniciales, en las plantas control, en el peso seco de hojas y raíces, entre las plantas infectadas (E+) y no infectadas (E-) (*Figura 1*), se analizaron los datos sobre el porcentaje de reducción de la producción respecto al control (*Figura 2*). Estos resultados mostraron un efecto significativo de la infección endofítica en respuesta al tratamiento de salinidad: la disminución en la producción de hojas fue mayor en las plantas infectadas (E+) que en las no infectadas (E-), no existiendo interacción significativa con los otros factores (*Tabla 1*). En el caso de la raíz, no se encontró un efecto estadísticamente significativo de la infección o la línea de *F. rubra*.

Una mayor reducción de biomasa (respecto al control) implica que las plantas infectadas sufren más el estrés salino, en términos de producción de biomasa, que las no infectadas. Trabajos previos sobre el efecto del hongo endofítico en la tolerancia a la salinidad no mostraron diferencias significativas en el peso de hojas entre plantas de *F. rubra* subsp. *pruinosa* E+ y E- (Zabalgogezcoa *et al.*, 2006), ni de *Festuca rubra* subsp. *rubra* (García-Ciudad *et al.*, 2002). Varios trabajos publicados sobre distintos aspectos ecofisiológicos de las interacciones gramínea-endofito han mostrado que en muchos casos, la presencia del hongo en la planta no tiene una respuesta general, no hay efectos consistentes, y sólo en determinadas combinaciones endofito-gramínea se observa una respuesta de tipo mutualista.

En poblaciones naturales halofíticas, Lembicz y Olejniczak (2009) encontraron que el nivel de infección endofítica en plantas de *Puccinellia distans* estaba correlacionado de forma negativa con la salinidad, sugiriendo que altos niveles de salinidad reducen la supervivencia de

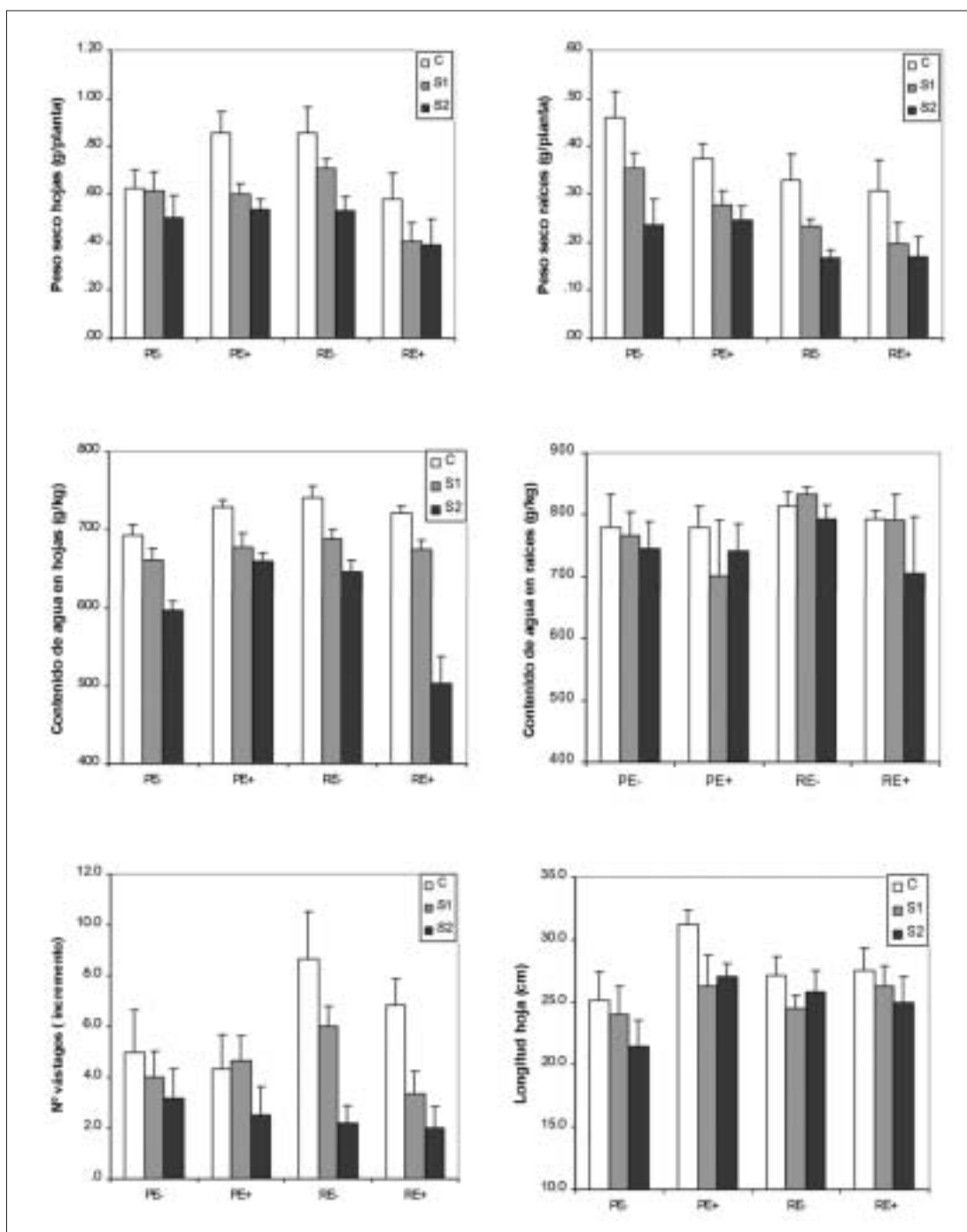


Figura 1 Parámetros de crecimiento (medias+SE; n=6) de plantas de *Festuca rubra* (P= Peña; R=Raboso) infectadas (E+) y no infectadas (E-) por el hongo endofítico *Epichloë festucae*, bajo distintos tratamientos de salinidad (C=control; S1= 100 mM NaCl; S2= 300 mM NaCl)

las plantas infectadas. Por el contrario una media del 70% de las plantas de *F. rubra* subsp. *pruinosa* en zonas de acantilados marinos estaban infectadas por endofitos (Zabalgoeazcoa *et al.*, 2006). Estos resultados aparentemente contradictorios pueden indicar la interacción con otros factores ambientales, o un efecto del genotipo de la planta y/o el hongo.

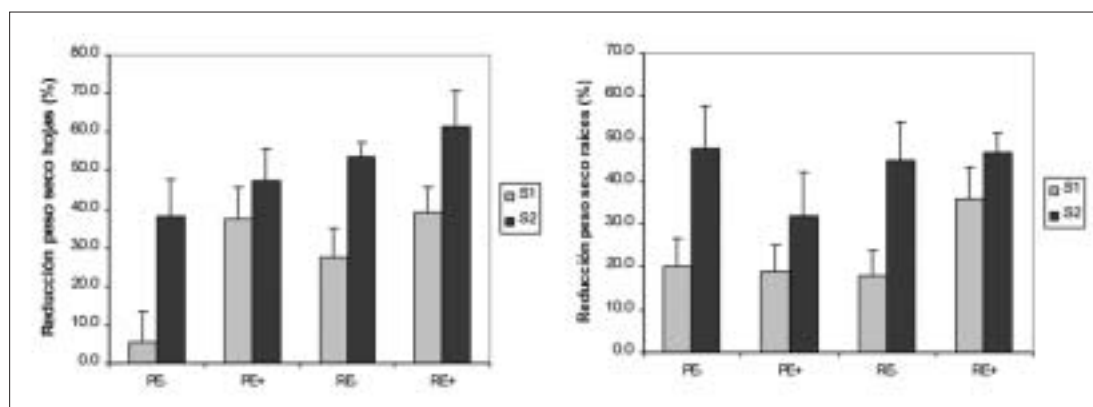


Figura 2 Reducción de materia seca de hojas y raíces respecto al control (%) (media + SE; n=6), de plantas de *Festuca rubra* (P= Peña; R=Raboso) infectadas (E+) y no infectadas (E-) por el hongo endofítico *Epichloë festucae*, cuando se someten a tratamiento de salinidad (S1= 100 mM NaCl; S2= 300 mM NaCl).

## CONCLUSIONES

Los resultados de este trabajo mostraron, que en condiciones de estrés salino la presencia del hongo endofítico conduce a una mayor reducción en el peso seco de las hojas de plantas de *Festuca rubra* y por tanto a un mayor nivel de estrés.

## Agradecimientos

Este trabajo ha sido subvencionado por el Ministerio de Ciencia e Innovación + FEDER (AGL2008-01159AGR). Se agradece la colaboración de Amador Álvarez en las tareas de invernadero.

## REFERENCIAS

- ALSHAMMARY, S. F.; QIAN, Y. L.; WALLNER, S. J., 2004. Growth response of four turfgrass species to salinity. *Agricultural Water Management*, **66**, 97-111.
- GARCIA-CIUDAD, A.; RUANO-RAMOS, A.; VAZQUEZ-DE-ALDANA, B.R.; ZABALGOGEAZCOA, I.; GARCIA-CRIADO, B., 2002. Effect of salinity and fungal endophytes on the yield and nitrogen content of *Festuca rubra*. *Grassland Science in Europe*, **7**, 532-533.
- KULDAU, G.; BACON, C., 2008. Clavicipitaceous endophytes: Their ability to enhance resistance of grasses to multiple stresses. *Biological Control*, **46**, 57-71.
- LEMBICZ, M.; OLEJNICZAK, P., 2009. The fungus *Epichloë typhina* in populations of a halophyte *Puccinellia distans*: Salinity as a possible inhibitor of infection. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae*, **78**, 81-86.
- PARENTE, G., 1996. Grasslands and land use systems. *Grassland Science in Europe*, **1**, 23-34.
- PEETERS, A., 2004. *Wild and Sown Grasses*. FAO and Blackwell, 311 pp. Rome (Italia).
- SEMILLAS FITO., 2010. Áreas verdes. <http://www.semillasfito.com/pdf/AreasVerdesFito.pdf>
- SOLEIMANI, M.; HAJABBASI, M.A.; AFYUNI, M.; MIRLOHI, A.; BORGGAARD, O.K.; HOLM, P.E., 2010. Effect of endophytic fungi on cadmium tolerance and bioaccumulation by *Festuca arundinacea* and *Festuca pratensis*. *International Journal of Phytoremediation*, **12**, 535-549.
- ZABALGOGEAZCOA, I.; VAZQUEZ-DE-ALDANA, B.R.; GARCIA-CRIADO, B.; GARCIA-CIUDAD, A., 1999. The infection of *Festuca rubra* by the fungal endophyte *Epichloë festucae* in Mediterranean permanent grasslands. *Grass and Forage Science*, **54**, 91-95.
- ZABALGOGEAZCOA, I.; ROMO, M.; KECK, E.; VAZQUEZ-DE-ALDANA, B.R.; GARCIA-CIUDAD, A.; GARCIA-CRIADO, B., 2006. The infection of *Festuca rubra* subsp *pruinosa* by *Epichloë festucae*. *Grass and Forage Science*, **61**, 71-76.

## THE FUNGAL ENDOPHYTE *Epichloë festucae* AND SALT TOLERANCE OF *Festuca rubra*

### SUMMARY

One of the benefits of fungal endophytes of *Epichloë/Neotyphodium* genera is that infected plants are more resistant to abiotic stresses such a drought or heavy metals. The objective of this study was to determine the effect of the fungal endophyte *Epichloë festucae* in the growth of *Festuca rubra* plants in saline conditions. There are several subspecies adapted to oligotrophic, mesotrophic or saline environments. An experiment with plants of *Festuca rubra* infected and non-infected by *Epichloë festucae*, obtained from two dehesas in the province of Salamanca, was designed. Plants grown in pots were treated with different saline concentrations, in a glass-house. The results showed a decrease of the growth parameters with increasing salt concentration. Considering the decrease in biomass respect to the controls an effect of the endophyte presence was observed: the decrease in leaf dry weight was greater in infected than in non-infected plants.

**Key-words:** grasses, endophytes, biomass, plant growth, red fescue

# EFECTO ALELOPÁTICO DE ESPECIES INVASORAS DE RIBERA SOBRE LA GERMINACIÓN DE ESPECIES DEL SOTOBOSQUE

M.E. PÉREZ CORONA<sup>1</sup>, E. CRESPO<sup>1</sup>, J. RODRIGO<sup>1</sup>, J.A. SANTOS<sup>1</sup>, P. DE LAS HERAS<sup>1</sup>, P. CASTRO-DÍEZ<sup>2</sup> y B.R. VÁZQUEZ DE ALDANA<sup>3</sup>

## RESUMEN

La producción de sustancias alelopáticas por las especies vegetales contribuye a incrementar su éxito competitivo frente a otras especies coexistentes dentro de un mismo hábitat, pudiendo llegar incluso a eliminarlas. Las sustancias alelopáticas pueden inhibir la germinación y el crecimiento de otras especies de la comunidad. En los bosques de ribera se ha detectado la presencia de árboles exóticos con potencial invasor en otros ecosistemas pero se desconoce su efecto sobre las especies autóctonas herbáceas.

Nuestra hipótesis es que las especies invasoras podrían utilizar la producción de aleloquímicos de una manera eficiente para desplazar a las especies herbáceas autóctonas, pudiendo llegar a eliminarlas. El objetivo del presente trabajo fue estudiar el efecto extractos de hojarasca de especies alóctonas arbóreas (*Ulmus pumila*, *Robinia pseudoacacia*, *Ailanthus altissima*) y autóctonas (*Populus alba*) sobre la germinación de cuatro especies herbáceas frecuentes en el sotobosque del bosque de ribera del río Henares (Madrid).

Los resultados mostraron una disminución de la velocidad de germinación de *B. phoenicoides* y *B. sylvaticum* con los extractos de las especies alóctonas y autóctonas excepto para el olmo siberiano. *Chenopodium album* no se vio perjudicada por los extractos de las especies alóctonas pero sí por lo de la especie autóctona. La velocidad de germinación de *Dactylis glomerata* fue afectada por los extractos de todas las especies alóctonas. Se concluye que no existe un efecto consistente de los extractos de las hojas de árboles exóticos sobre las herbáceas nativas, sino que éstos dependen tanto de la naturaleza del árbol donante como de la herbácea receptora.

**Palabras clave:** Olmo de Siberia, ailanto, robinia, constitutivo, ailantona.

## INTRODUCCIÓN

Uno de los mayores problemas que amenazan a la biodiversidad del planeta es la invasión biológica de determinados entornos por especies exóticas (Weber, 2003). Uno de los mecanismos clave de su éxito es la liberación de compuestos que actúan como aleloquí-

---

<sup>1</sup> Departamento de Ecología. Universidad Complutense de Madrid. 28040. Madrid.

<sup>2</sup> Departamento de Ecología. Universidad de Alcalá. 28801. Alcalá de Henares.

<sup>3</sup> Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología. IRNASA-CSIC. 37008. Salamanca

micos (Callaway *et al.*, 2005) y que son capaces de inhibir el crecimiento y la reproducción de otras especies nativas en el área de introducción (Hierro y Callaway, 2003).

Los bosques de ribera son ecosistemas particularmente sensibles a la invasión de especies vegetales, ya que, además poseer condiciones ambientales particularmente favorables para las plantas, pueden actuar de dispersadores efectivos de propágulos por el cauce (Chytrý *et al.*, 2008). En las riberas del centro de España se han detectado especies arbóreas invasoras como el olmo de Siberia (*Ulmus pumila*) o el ailanto (*Ailanthus altissima*) (Dana *et al.*, 2004). Otras especies ornamentales, como la falsa acacia (*Robinia pseudoacacia*), que se asilvestra en las riberas, ha sido incluida entre las 20 especies invasoras principales en España (GEIB, 2006).

Se ha sugerido que los efectos de las especies invasoras leñosas en los ecosistemas son detectados primeramente en las especies del sotobosque y en su riqueza específica (Decocq 2000).

El objetivo de este estudio es determinar el potencial alelopático de la hojarasca de tres especies exóticas de los bosques de ribera (*Ailanthus altissima*, *Robinia pseudoacacia* y *Ulmus pumila*) sobre la germinación de cuatro especies herbáceas nativas del sotobosque (*Chenopodium album*, *Dactylis glomerata*, *Brachypodium phoenicoides* y *Brachypodium sylvaticum*).

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Zona de estudio y especies consideradas

La zona de estudio se sitúa en el Soto de El Encín, en la margen derecha del Río Henares, término municipal de Alcalá de Henares (Comunidad de Madrid). El clima es mediterráneo continental mitigado por las condiciones propias de una zona ribereña y el suelo es un Xerofluvent Típico sobre materiales cuaternarios indiferenciado.

Las especies arbóreas estudiadas han sido tres invasoras (*Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle, *Robinia pseudoacacia* L. y *Ulmus pumila* L.) y una autóctona (*Populus alba* L.). El ailanto es originario del Norte de China. La robinia o falsa acacia es una leguminosa con distribución original en el centro de EEUU. El olmo de siberia es originario de Manchuria. El chopo blanco se distribuye naturalmente por el centro y sur de Europa, oeste de Asia y Norte de África. Las especies herbáceas estudiadas son: *Brachypodium phoenicoides* (L.) Roem. y Schult, *Brachypodium sylvaticum* (Huds) Beauv, *Dactylis glomerata* L. (gramíneas) y *Chenopodium album* L. (quenopodiáceas).

### Preparación de los extractos acuosos, semillas y diseño experimental

En octubre-noviembre de 2009 se recogieron hojas senescentes de al menos 10 árboles por especie en el Soto de El Encín (robinia, olmo de Siberia y chopo blanco) y en Ciudad Universitaria de Madrid (ailanto). Las hojas se secaron primero a temperatura ambiente y luego en estufa a 65°C. La solución alelopática se preparó con 10 gramos de hojarasca en 1L de agua destilada, en agitación orbital durante 24 horas a 80 rpm. La solución resultante (solución 100%, E100) se filtró con un filtro estéril MILLIPORE Expres-plus (0,22µm) y se realizaron diluciones con agua destilada, al 50% (E50) y al 20% (E20).

Las semillas de las cuatro especies herbáceas fueron obtenidas comercialmente (Semillas silvestres S.L). Para romper su dormición se tuvieron en agua destilada 24 horas. Se distribuyeron 20 semillas de cada especie en placas Petri con papel de germinación en el fondo (ANOIA, S.A.). Se prepararon tres placas por especie herbácea y tratamiento alelopático (4 especies x 3 concentraciones más un control con agua). A cada placa se le añe-

dieron 4 mL de la solución correspondiente. El tratamiento E20 no pudo realizarse para *B.sylvaticum* por falta de semillas disponibles. Las placas se distribuyeron aleatoriamente en una cámara de germinación donde se mantuvieron en obscuridad y a 24 °C, controlando la humedad con la adición de agua destilada siempre que fuera requerido.

### Variables respuesta y análisis estadístico

Se controló diariamente el número de semillas germinadas hasta que ninguna semilla más germinó. Se calculó la velocidad de germinación (Einhellig).  $S = (N1 \cdot 1) + (N2-N1)/2 + (N3-N2)/3 + \dots + (Nn - Nn-1)/n$ , donde N1, N2 y Nn representan la proporción de semillas que germinan el primer (1), segundo (2) y último (n) día del experimento.

El efecto del tipo de extracto y su concentración sobre el porcentaje y la velocidad de germinación de cada herbácea se analizó con un ANOVA de dos vías, seguido de un test LSD para comparar las medias de los tratamientos para cada especie herbácea. Previamente se comprobó la homogeneidad de varianzas (test de Bartlett), por lo que no fue necesario transformarlas (Statistica 6.0).

## RESULTADOS

Los porcentajes de germinación para *B. phoenicoides* y *D.glomerata* no muestran diferencias significativas entre tratamientos ( $p>0,05$ ; *Figura 1*). Los extractos con concentración máxima (E100) de ailanto y chopo redujeron la germinación de *B. sylvaticum*, mientras que la concentración intermedia (E50) de olmo y robinia tuvo el mismo efecto ( $p<0,05$ ) (*Figura 1*). En *Ch. album* los efectos de los árboles sobre la germinación fueron similares para todas las dosis (*Figura 1*). Sólo con chopo se redujo la germinación con E100.

La velocidad de germinación de *Ch. album* no se vió afectada por los tratamientos (*Figura 2*). En *B.sylvaticum* la velocidad de germinación no cambió con los extractos de olmo pero la concentración máxima (E100) de las otras tres especies arbóreas disminuyó la velocidad con respecto al control (*Figura 2*). *B.phoenicoides* disminuyó su velocidad de germinación con E100 de chopo y ailanto y E50 de robinia pero se incrementó con E20 de olmo. La velocidad de germinación de *D.glomerata* mostró valores más bajos para todas las especies arbóreas en concentración E100 y E50 con respecto al control.

En general, los resultados mostraron una disminución de la velocidad de germinación de *B. phoenicoides* y *B. sylvaticum* con los extractos de las especies alóctonas y autóctonas, excepto para el olmo siberiano. En el caso de *Ch. album* no se encontró un efecto claro de la adición de los extractos, menos en el caso de la especie autóctona. *Dactylis glomerata* fue afectada por los extractos de todas las especies alóctonas sólo en la velocidad de germinación, pero no en el porcentaje de germinación.

## DISCUSIÓN

Los resultados indican que los extractos de las hojas de todas las especies arbóreas analizadas tienden a reducir la velocidad de germinación de las herbáceas autóctonas y en menor medida la germinación. El ailanto produce metabolitos de carácter fitotóxico como la ailantona que es abundante en la corteza del tronco y ramas, y también en las hojas (Heisey, 1997). Este metabolito puede ser el causante de la menor velocidad de germinación de *B.phoenicoides*, *D. glomerata* y *B. sylvaticum* especialmente con concentraciones máximas. Sin embargo se desconocen los mecanismos por los que este compuesto produce tal inhibición. Robinia tiene un efecto más reducido que el ailanto.

El olmo disminuyó la velocidad de germinación de *D.glomerata*, sin embargo la incrementó a bajas dosis en *B. phoenicoides*. Algunas sustancias con actividad alelopática tienen efectos beneficiosos a bajas concentraciones pero superado un determinado umbral,

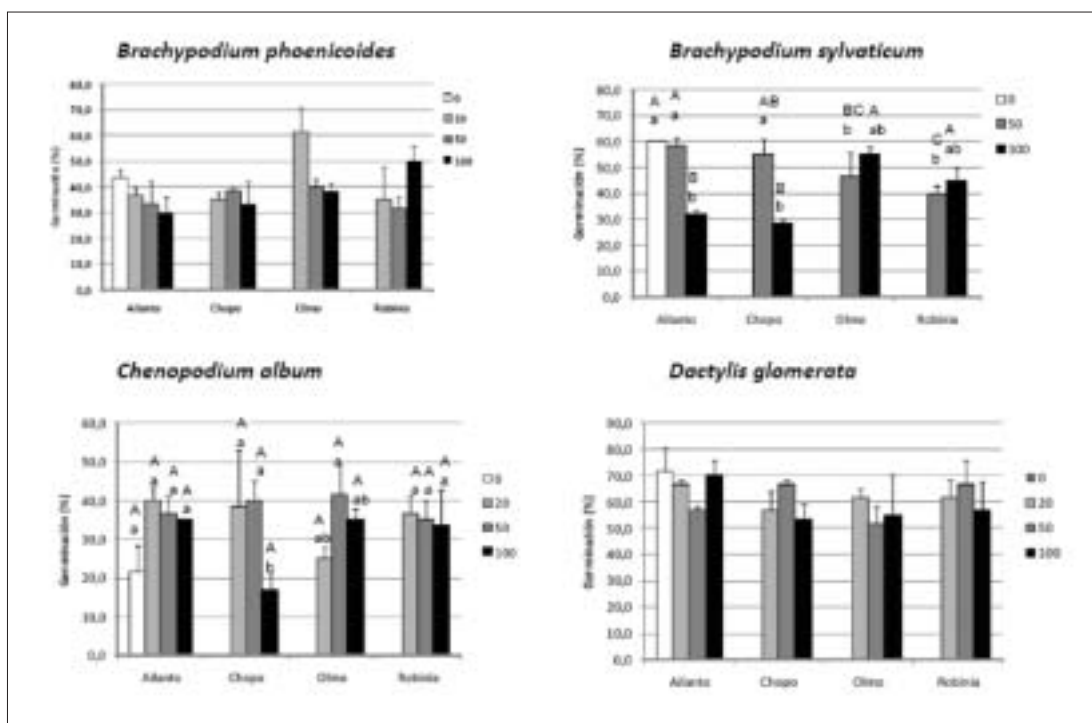


Figura 1 Porcentajes de germinación para las especies herbáceas sometidas a los diferentes tratamientos (especies arbóreas y concentración de extracto). Las letras minúsculas indican diferencias significativas entre las concentraciones para cada especie arbórea ( $p < 0,05$ ) y las mayúsculas las diferencias entre especies para cada concentración ( $p < 0,05$ ).

actúan negativamente (Murillo y De Los Reyes, 2003). También es posible que el contenido en nutrientes inorgánicos procedentes de sedimentos transportados por el viento y que quedan retenidos en la superficie de las hojas haya causado este aumento de la germinación por encima del control, enmascarando el efecto alelopático de las dosis bajas. Como indican Orr *et al.* (2005), la ausencia de efectos inhibitorios no excluye la posibilidad del uso de este mecanismo durante otros momentos del año o con extractos más concentrados.

La especie arbórea autóctona, el chopo, también redujo significativamente la velocidad de germinación de todas las herbáceas, salvo *Ch. album*, lo que sugiere que la producción de sustancias alelopáticas para competir con la vegetación acompañante no es un mecanismo exclusivo de las especies alóctonas. Se trata de una competencia no basada en recursos, sino en agentes con potencial alelopático que es una manera que tienen las plantas de interactuar incluso entre especies indígenas dentro de una comunidad natural (Inderjit *et al.*, 2008).

Cabe destacar que la velocidad de germinación de las herbáceas fue más sensible a los extractos de hojarasca que la germinación final, lo que indica que, si bien las especies acabarán germinando, se produce una ventana temporal de vacío germinativo que puede ser aprovechada por la especie alelopática para utilizar los recursos del medio con una competencia reducida. Quizás los efectos de estos extractos en condiciones naturales puede verse reducido o incrementado como resultado de las posibles interacciones que se producen en la mezcla de aleloquímicos de las diferentes hojarasca que se darán en el suelo.

## CONCLUSIONES

Los extractos de hojarasca de todas las especies arbóreas tendieron a reducir la velocidad y, en menor medida, el índice de germinación de las cuatro especies herbáceas. El ai-



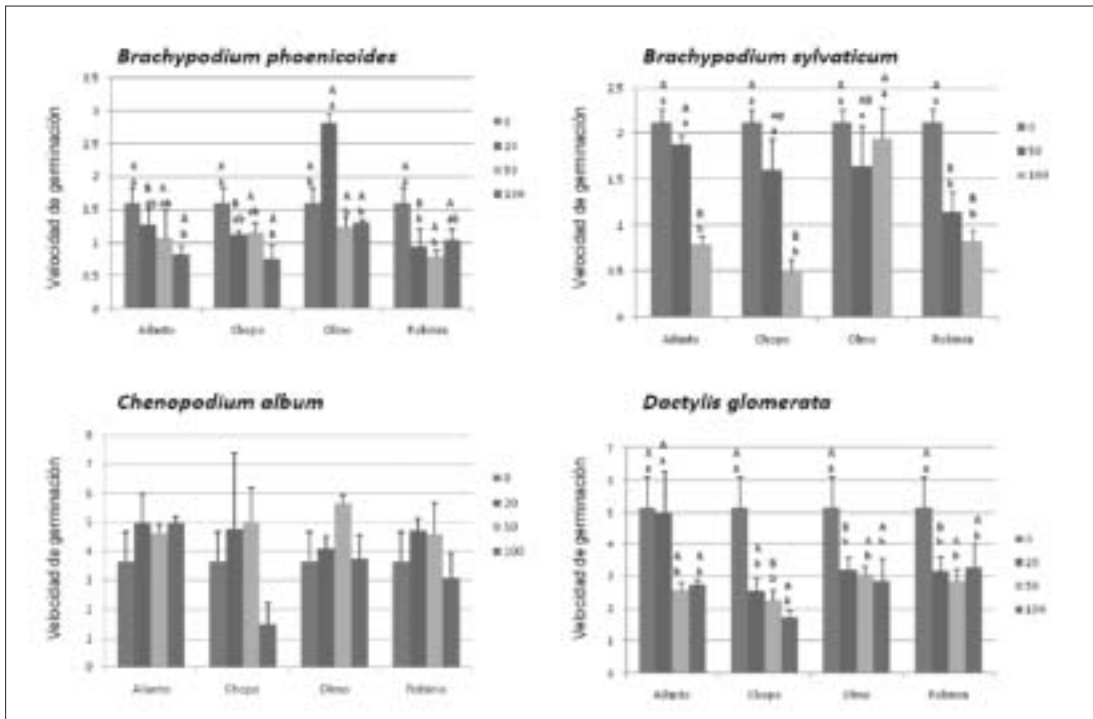


Figura 2 Velocidad de germinación para las especies herbáceas sometidas a los diferentes tratamientos (especies arbórea y concentración de extracto). Las letras minúsculas indican diferencias significativas entre las concentraciones para cada especie arbórea ( $p < 0,05$ ) y las mayúsculas las diferencias entre especies para cada concentración ( $p < 0,05$ ).

lanto ejerce un potente efecto alelopático sobre la germinación de *B. sylvaticum*, *B. phoenicoides* y *D. glomerata*. El olmo, sin embargo, tuvo efectos menos negativos, incluso aceleró la germinación *B. phoenicoides*. El chopo pese a ser una especie autóctona, también redujo la velocidad de germinación de todas las especies herbáceas e incluso el índice de germinación de *Ch. album* y *B. sylvaticum*, lo que sugiere que también tiene efectos alelopáticos.

## Agradecimientos

Agradecemos la ayuda de la Dra. Teodora Martínez en la localización de las zonas de campo. Este trabajo ha sido financiado por los proyectos PO110-0179-4700 de la Junta de Castilla La Mancha y CGL2010-16388/BOS del Ministerio de Ciencia e Innovación.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CALLAWAY, R. M.; RIDENOUR, W. M.; LABOSKI, T.; WEIR, T.; VIVANCO, J. M., 2005. Natural selection for resistance to the allelopathic effects of invasive plants. *Journal of Ecology* **93**: 576-583.
- CHYTRÝ, M.; MASKELL, L. C.; PINO, J.; PYSEK, P.; VILÀ, M.; FONT, X.; SMART, M, S. 2008. Habitat invasions by alien plants: a quantitative comparison between Mediterranean, subcontinental and oceanic regions of Europe. *Journal of Applied Ecology*, **45**: 448-458.
- DANA, E. D.; SOBRINO, E.; SANZ-ELORZA, M., 2004. Plantas invasoras en España: un nuevo problema en las estrategias de conservación. En *Atlas y libro rojo de la flora vascular amenazada de España. Taxones prioritarios*. Pp. 1010-1029, A. BAÑARES y al. (eds). Dirección General de Conservación de la Naturaleza. Madrid.

- GEIB, 2006. TOP 20: Las 20 especies exóticas invasoras más dañinas presentes en España. *GEIB, Serie Técnica N.2*. Pp.: 116.
- HEISEY R.M. 1997. Allelopathy and the secret life of *Ailanthus altissima*. *Arnoldia* **28**: 35.
- HIERRO, J.L.; CALLAWAY, R.M. 2003. Allelopathy and exotic plant invasion. *Plant and Soil*, **256**: 29-39.
- INDERJIT, T. R.; SEASTEDT, R.M.; CALLAWAY, J.L.; POLLOCK, Y.J. 2008. Allelopathy and plant invasions: traditional, congeneric and bio-geographical approaches. *Biol Invasions*, **10**: 875-890.
- MURILLO, E.; DE LOS REYES, L.M. 2003. Potencial alelopático de los lixiviados acuosos y los extractos orgánicos de *Artemisia absinthium* (Asteracea). *Vitae Revista de la facultad de química farmacéutica*, **10(1)**. 51-58.
- ORR, S. P.; RUDGERS, J.A.; CLAY, K. 2005. Invasive plants can inhibit native tree seedlings: testing potencial allelopathic mechanisms. *Plant Ecology*, **181**: 153-165.
- WEBER, E., 2003. *Invasive Plant Species of the World. A Reference Guide to Environmental Weeds*. CABI Publishing. Wallingford.

## ALLELOPATHIC EFFECTS OF INVASIVE RIVERINE TREE SPECIES ON THE GERMINATION OF UNDERSTORY SPECIES

### SUMMARY

Plants produce allelopathic substances increasing their competitive success over other species coexisting within the same habitat, being able to eliminate them. Allelopathic substances inhibit germination and growth of other species in the community. In the riverside forests, it has been detected, the presence of invasive tree species with demonstrated invasive potential in other ecosystems. Our hypothesis is that invasive species could use the production of allelochemicals in an efficient way to compete against native herbaceous species. The aim of this work was to assess the effects of leaf extracts of invasive species (*Ulmus pumila*, *Robinia pseudoacacia*, *Ailanthus altissima*) and native (*Populus alba*) on the germination of four grass species frequent in the forest understory bank of the river Henares (Madrid). The results showed that extracts of alien and native species (except Siberian elm) decreased the germination speed of *B. phoenicoides* and *B. sylvaticum*. The effect of extracts in *Chenopodium album* was not clear. The extracts of all alien species affected the germination speed of *Dactylis glomerata*.

**Key words:** Siberian elm, *Ailanthus*, *Robinia*, constitutive, Ailanthone.

## RESPUESTA DEL CRECIMIENTO Y DE LA CALIDAD NUTRITIVA DE *BROMUS HORDEACEUS* AL INCREMENTO DE OZONO TROPOSFÉRICO Y DISPONIBILIDAD DE NITRÓGENO

J. SANZ<sup>1</sup>, V. BERMEJO<sup>1</sup>, R.B. MUNTIFERING<sup>2</sup>, I. GONZÁLEZ FERNANDEZ<sup>1</sup>, H. CALVETE<sup>1</sup> y R. ALONSO<sup>1</sup>

### RESUMEN

Se ha estudiado la respuesta al ozono ( $O_3$ ) de *Bromus hordeaceus*, una gramínea anual presente en los pastizales mediterráneos, y la modulación que puede ejercer en esta respuesta, el incremento de nitrógeno (N) disponible en el sustrato. El desarrollo experimental se ha realizado empleando un sistema de Cámaras Descubiertas (OTCs), un sistema diseñado específicamente para el análisis de efectos de los contaminantes atmosféricos sobre la vegetación. Se han empleado tres tratamientos de  $O_3$  y tres de N, analizándose su efecto tanto en parámetros de crecimiento como de calidad nutritiva. La exposición a los niveles más elevados de  $O_3$  incrementó la necromasa foliar aunque no afectó al resto de los parámetros de crecimiento evaluados; sin embargo, todos ellos aumentaron con el aporte de N. La tasa necromasa/biomasa verde fue alterada por los dos factores analizados,  $O_3$  y N, de forma inversa, observándose una interacción significativa entre ellos donde el N atenúa el efecto del  $O_3$ . Ninguno de los parámetros de calidad nutritiva fueron afectados por el  $O_3$  ni por el N. Puede calificarse a *Bromus hordeaceus* como una especie resistente al incremento de  $O_3$  atmosférico.

**Palabras clave:** contaminación atmosférica, dehesa, calidad nutritiva, producción, proteína.

### INTRODUCCIÓN

El ozono troposférico ( $O_3$ ) está considerado actualmente como el contaminante atmosférico más fitotóxico por el gran número de especies sensibles a su capacidad oxidativa y por su amplia distribución geográfica que afecta especialmente a zonas rurales. Este contaminante no se emite directamente a la atmósfera, su formación se debe a reacciones fotoquímicas complejas entre sus precursores (los óxidos de nitrógeno y los compuestos orgánicos volátiles principalmente) dependientes de otros factores como la intensidad de la radiación solar y la temperatura. La disminución de las emisiones de óxidos de nitrógeno en Europa durante la última década, debido a la normativa actual, ha conseguido reducir los episodios de alta concentración de  $O_3$  y disminuir sus valores máximos medios (Derwent *et al.*, 2003). Sin embargo, la concentración de fondo de  $O_3$  ha seguido en aumento, sobre

<sup>1</sup> Ecotoxicidad de la Contaminación Atmosférica, CIEMAT. Avda. Complutense 22, 28040, Madrid, España.

<sup>2</sup> Department of Animal and Dairy Sciences, Auburn University, Auburn, AL 36849, USA.

todo en invierno y primavera (Jonson *et al.*, 2006). Todo parece indicar que otros componentes de cambio global pueden estar jugando un papel importante en este proceso.

El ciclo global del nitrógeno (N) ha sido profundamente alterado por las actividades humanas que han doblado su transferencia desde la inmensa reserva de N no reactivo atmosférico hacia las formas biológicamente disponibles. La intensificación de las actividades agrarias, el aumento de la quema de biomasa y combustibles fósiles se encuentran entre las actividades que más contribuyen a esta alteración, aumentando el depósito de N en los ecosistemas. Las entradas de N por vía atmosférica tanto por vía húmeda (agua de lluvia) como seca (partículas), pueden alcanzar valores en bosques del noreste de la Península Ibérica entre 15-22 Kg ha<sup>-1</sup> año (Roda *et al.*, 2002). El aumento de N disponible estimula el crecimiento de las plantas y aumenta el contenido en sus tejidos; pero aunque inicialmente puede ser un resultado aparentemente beneficioso, no deja de ser una interferencia en el ecosistema, y además, a la larga, una vez sobrepasada su capacidad de asimilación, puede aumentar la susceptibilidad a otros estreses bióticos y abióticos, provocar desequilibrios nutricionales o inducir cambios en la estructura y composición de las comunidades vegetales.

La conjunción de niveles elevados de O<sub>3</sub> en el aire y de incremento del N disponible en el sustrato, se trata de una de las combinaciones con mayor capacidad de alteración de las comunidades vegetales (Fowler *et al.*, 1999). En la península Ibérica, existen zonas rurales extensas sometidas de forma crónica a esta combinación de factores; como son las dehesas localizadas al pie de la Sierra de Guadarrama (Alonso *et al.*, 2009). En los últimos años se han realizado estudios en sus comunidades vegetales herbáceas, que indican la gran sensibilidad al O<sub>3</sub> de la mayor parte de las leguminosas frente a la relativa resistencia de las gramíneas (Bermejo *et al.*, 2003). Los estudios que consideran ambos factores indican la existencia de interacciones complejas entre los niveles de O<sub>3</sub> en la atmósfera y la disponibilidad de N, siendo el sentido y la intensidad de la interacción dependiente de la especie, del parámetro de análisis y de las concentraciones de ambos. (Sanz *et al.*, 2007, Sanz *et al.*, 2011).

El presente trabajo tiene como objetivo contribuir al conocimiento de la respuesta de las especies anuales a dos de los principales factores del cambio global, el incremento de O<sub>3</sub> troposférico y el aumento de la disponibilidad del N; analizando la respuesta de *Bromus hordeaceus*, una gramínea característica de pastizales mediterráneos oligotróficos, considerando tanto variables de crecimiento como de calidad nutritiva.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Las semillas de *Bromus hordeaceus* fueron recogidas en la dehesa de Moncalvillo (Madrid, 40°40'N 03°46'W). El sustrato de siembra empleado fue una mezcla 50% de vermiculita y 50% de turba neutra, transplantándose posteriormente a macetas de 2,5 l con un sustrato 50% de turba, 30% de vermiculita y 20% de perlita cuyo pH fue corregido mediante la adición de CaO. Se elaboraron tres soluciones nutritivas para obtener los tres tratamientos de fertilización con N: 5 (N5), 15 (N15) y 30 (N30) Kg. de N ha<sup>-1</sup>, partiendo de un abono de base (Peters, 4/25/35) y de NO<sub>3</sub>NH<sub>4</sub> (33,5 %). El aporte de N se realizó en dos aplicaciones quincenales. Se empleó un sistema de riego por goteo para asegurar su distribución homogénea. El experimento se realizó en una instalación experimental de Cámaras Descubiertas (OTCs) empleando tres tratamientos de O<sub>3</sub>: aire filtrado sin O<sub>3</sub> (AF), aire no filtrado que reproduce las concentraciones ambientales de O<sub>3</sub> (ANF) y aire no filtrado al que se añaden 40 ppb de O<sub>3</sub> entre las 07:00 hasta las 17:00 (GMT), 5 días a la semana (ANF+). Se emplearon 3 réplicas por tratamiento de O<sub>3</sub> (3 OTCs por tratamiento) y 3 plantas por tratamiento de N dentro de cada OTC. Un sistema automático y secuencial permi-

tió un control continuo de las concentraciones de O<sub>3</sub>, SO<sub>2</sub>, NO y NO<sub>2</sub> en el interior de cada una de las cámaras. La descripción detallada del campo experimental puede consultarse en Pujadas *et al.* (1997). A los 30 días de exposición a los tratamientos de O<sub>3</sub>, se separó la parte aérea de la subterránea y ambas se desecaron a 60°C hasta peso constante. Para el análisis de la calidad nutricional, se tomaron 3 muestras por tratamiento de N y O<sub>3</sub> que se obtuvieron mezclando la biomasa verde de las tres macetas por cámara pertenecientes a cada tratamiento de N. Se analizó el contenido en proteína cruda por la técnica de Kjeldhal. La concentración de fibra ácido y neutro detergente (FAD y FND) y lignina se determinó secuencialmente de acuerdo a los procedimientos de Goering y Van Soest (1970). Se calculó el índice RFV (*Relative Food Value*, Linn y Martin, 1989) en base a las concentraciones foliares de FAD and FND para evaluar en un solo índice el efecto sobre la calidad nutritiva de la biomasa de *Bromus*. Todos los análisis químicos se realizaron en el laboratorio del *Department of Animal and Dairy Sciences* de la Universidad de Auburn (USA).

### Análisis estadístico

El efecto de la fertilización con N y de las concentraciones de O<sub>3</sub> sobre los parámetros considerados fue analizado mediante un análisis de la varianza de doble vía para cada parámetro. Se empleó el test de Tukey para analizar las diferencias entre las medias cuando el ANOVA indicó la existencia de diferencias significativas ( $p < 0,05$ ). Previo al ANOVA se comprobó la homogeneidad de las varianzas mediante el test de Levene y se visualizó la normalidad de las variables y de sus residuos mediante los gráficos correspondientes. Se realizó la transformación logarítmica de las variables que incumplieron alguno de estos requerimientos.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los valores medios por tratamiento de O<sub>3</sub> y N para los distintos parámetros de biomasa analizados se presentan en la *Tabla 1*. De todos ellos, el único que se ve afectado significativamente por el O<sub>3</sub> es la necromasa foliar, que se incrementó ( $p < 0.005$ ) en el tratamiento con niveles de O<sub>3</sub> más elevados (ANF+) un 24% y un 34% respecto a los tratamientos no filtrado (ANF) y filtrado (AF), respectivamente (valores medios entre todos los tratamientos de N). El incremento de la senescencia foliar es un resultado frecuentemente observado en las plantas en respuesta al incremento del O<sub>3</sub> atmosférico. Este efecto se ha observado en estudios previos con especies herbáceas anuales, tanto en leguminosas como en gramíneas (Bermejo *et al.*, 2003, Sanz *et al.*, 2007, 2011). Sin embargo, las leguminosas sensibles suelen presentar, además, síntomas foliares específicos de O<sub>3</sub> que no aparecen en las gramíneas. Otra tendencia ( $p < 0.1$ ) que se observa en *Bromus*, como consecuencia de la exposición al contaminante, es el incremento de la biomasa subterránea. Aunque en caso de esta gramínea no se trata de un efecto significativo, la alteración en la distribución del carbono asimilado entre las distintas partes de la planta es otro de los efectos frecuentemente inducidos por el O<sub>3</sub> en especies anuales (Sanz *et al.*, 2007).

Todos los parámetros de biomasa aumentaron de forma significativa ( $p < 0.05$ ) y progresiva con el incremento de N en el sustrato, aunque en la necromasa aérea este incremento solo es significativo entre los tratamientos N5 y N30.

La tasa necromasa/biomasa verde se vio afectada tanto por el incremento de O<sub>3</sub> como por la disponibilidad de N, aunque de forma inversa: el O<sub>3</sub> aumentó la tasa un 33% en el tratamiento ANF+ respecto al control AF (valor medio entre tratamientos de N), mientras que el N la disminuyó un 36% y un 27% en N15 y N30 respecto a N5 (valores medios entre tratamientos de O<sub>3</sub>). La respuesta de *Bromus* a la presencia conjunta de estos dos factores,

Tabla 1. 1a) Parámetros de producción de biomasa aérea y subterránea; 1b) Parámetros de calidad nutritiva: contenido en Proteína Bruta (PB), fibra ácido-detergente (FAD), fibra neutro-detergente (FND) y Relative Food Value (RFV), por tratamiento de ozono (O<sub>3</sub>) y nitrógeno (N). (\*)

1a.- <i>Bromus hordeaceus</i>	Biomasa verde (g)	Necromasa (g)	Biomasa Total-Aérea (g)	Biomasa Radical (g)	Biomasa Total (g)	Tasa Necromasa/verde
O <sub>3</sub>	n.s.	<0.005	n.s.	<0.1	n.s.	<0.003
Nitrógeno	<0.0001	<0.05	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
O <sub>3</sub> * Nitrógeno	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	<0.05
AF N5	0.95±0.05	0.17±0.02	1.12±0.06	1.25±0.10	2.38±0.14	0.18±0.03 <sup>a</sup>
AF N15	1.34±0.10	0.17±0.01	1.52±0.10	1.66±0.09	3.18±0.18	0.14±0.01 <sup>a</sup>
AF N30	2.11±0.25	0.21±0.02	2.33±0.26	2.19±0.14	4.52±0.37	0.11±0.01 <sup>a</sup>
ANF N5	1.06±0.08	0.17±0.01	1.24±0.07	1.40±0.05	2.64±0.11	0.18±0.03 <sup>a</sup>
ANF N15	1.28±0.11	0.17±0.02	1.46±0.11	1.71±0.11	3.17±0.22	0.14±0.01 <sup>a</sup>
ANF N30	1.51±0.11	0.25±0.03	1.76±0.10	2.01±0.14	3.78±0.21	0.18±0.03 <sup>a</sup>
ANF+ N5	0.84±0.90	0.24±0.02	1.09±0.10	1.54±0.10	2.63±0.19	0.31±0.02 <sup>b</sup>
ANF+ N15	1.39±0.17	0.24±0.02	1.63±0.18	1.94±0.15	3.57±0.31	0.21±0.03 <sup>ab</sup>
ANF+ N30	2.19±0.31	0.25±0.02	2.44±0.33	2.43±0.25	4.87±0.56	0.13±0.01 <sup>a</sup>

1b.- <i>Bromus hordeaceus</i>	PB (g)	FND (%)	FAD (%)	RFV (%)
O <sub>3</sub>	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Nitrógeno	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
O <sub>3</sub> * Nitrógeno	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
AF N5	11.83±1.24	51.23±1.21	26.03±0.69	124.91±4.01
AF N15	10.14±0.75	50.85±0.54	26.31±0.51	125.21±1.98
AF N30	9.88±0.61	50.81±0.56	26.54±0.56	124.99±2.16
ANF N5	11.06±1.20	51.66±0.67	24.45±0.34	123.12±1.20
ANF N15	11.16±0.80	51.49±0.74	25.76±0.64	124.49±2.73
ANF N30	9.54±0.80	50.51±0.84	25.55±0.54	127.20±2.91
ANF+ N5	9.26±0.32	51.49±0.79	26.70±0.63	123.14±2.72
ANF+ N15	10.03±0.28	52.61±0.42	26.93±0.19	120.10±0.84
ANF+ N30	11.15±0.48	50.51±1.00	25.90±0.66	126.75±3.42

(\*) En la primera parte de la tabla se indica el límite de significación para cada fuente de variación (ozono y nitrógeno); en la segunda mitad se indican las medias ± errores standar de cada tratamiento. AF = aire filtrado; ANF = aire no filtrado; ANF+ = aire no filtrado + 40ppb de O<sub>3</sub>; 5N = aporte de N total de 5 Kg ha<sup>-1</sup>; 15N = aporte de N total de 15 Kg ha<sup>-1</sup>; 30N = aporte de N total de 30 Kg ha<sup>-1</sup>. Las letras indican la separación de medias entre tratamientos para la interacción significativa de los factores.

O<sub>3</sub> y N, depende de una interacción significativa entre ambos (p<0.05): a partir de una disponibilidad en el sustrato de 15Kg. de N ha<sup>-1</sup> (N15), el nutriente compensa el incremento de la tasa necromasa/biomasa verde inducida por los niveles de O<sub>3</sub> más elevados (ANF+).

Llama la atención que ninguno de los parámetros estudiados relacionados con la calidad nutritiva se haya visto afectado por la exposición al O<sub>3</sub> o por el incremento de N en el sustrato. Otros estudios realizados con otras especies de gramíneas como *Poa pratensis* y *Briza maxima*, sí señalan un incremento en el contenido de FAD, FND y lignina, provocado por este fotooxidante, con la consiguiente reducción de la calidad nutritiva del forraje (Bender

*et al.*, 2005; Sanz *et al.*, 2011). Este efecto se relaciona con una senescencia precoz inducida por el contaminante (Sanz *et al.*, 2007; 2011).

El índice de O<sub>3</sub> AOT40, que acumula los valores horarios por encima de 40 ppb durante 3 meses, es el empleado actualmente, tanto en la Directiva Europea (2008/50/CE) como en el Convenio de Ginebra (UNECE, 2009), para definir los valores límites de O<sub>3</sub> que aseguren la protección de las especies vegetales (niveles críticos). En ambos casos, el nivel crítico aplicable a comunidades herbáceas es de 3000 ppb h, valor por encima del cual podrían producirse daños en especies sensibles. De acuerdo con los resultados encontrados para *Bromus*, el valor del índice de exposición AOT40, que provocaría una respuesta negativa en su parámetro más sensible al O<sub>3</sub> (la necromasa), está cercano a las 15.000 ppb h acumuladas durante un mes. Por ello, puede considerarse a *Bromus* como una gramínea resistente al O<sub>3</sub>, bien protegida por el actual nivel crítico de O<sub>3</sub> para este tipo de comunidades.

## CONCLUSIONES

*Bromus hordeaceus* puede considerarse una especie resistente al O<sub>3</sub> en base a los parámetros de biomasa y calidad nutritiva analizados. El O<sub>3</sub> incrementa la necromasa foliar pero para valores de exposición acumulada elevados (15000 ppb h). Los efectos del incremento de O<sub>3</sub> y de la disponibilidad de N sobre la tasa necromasa/biomasa verde son opuestos y se regulan por una interacción significativa, donde el N a partir de una disponibilidad en el sustrato de 15Kg. de N ha<sup>-1</sup>, compensa el incremento de la tasa inducida por los niveles elevados de O<sub>3</sub>. El N estimula todos los parámetros de crecimiento analizados pero no afecta a los parámetros de calidad.

## Agradecimientos

Este estudio se ha financiado a través del proyecto CONSOLIDER-INGENIO MONTES (CSD2008-00040), del proyecto de la Comunidad de Madrid AGRISOST (S2009 AGR-1630) y del acuerdo entre el Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino y el CIE-MAT sobre "Niveles y Cargas Críticas".

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALONSO, R.; BERMEJO, V.; ELVIRA, S.; AGUIRRE ALFARO, A.; SANZ, J.; HERCE GARRALETA MD.; GONZÁLEZ FERNÁNDEZ, I.; FERNÁNDEZ PATIER, R.; GIMENO BS., 2007. La contaminación atmosférica en la Sierra de Guadarrama. En: VI Jornadas Científicas del Parque Natural de Peñalara y del Valle de El Páular. Comunidad de Madrid, 63-85
- BENDER, J.; MUNTIFERING, R.B.; LIN, J. C.; WEIGEL, H. J., 2006. Growth and nutritive quality of *Poa pratensis* as influenced by ozone and competition. *Environmental Pollution* **142**, 109-115.
- BERMEJO, V.; GIMENO, B.S.; SANZ, J.; DE LA TORRE, D.; GIL, J.M., 2003. Assessment of the ozone sensitivity of 22 native plant species from Mediterranean annual pastures based on visible injury. *Atmospheric Environment* **159**, 423-430.
- DERWENT, R.; JENKIN, M.; SAUNDERS, S.; PILLING, M.; SIMMONDS, P.; PASSANT, N.; DOLLARD, G.; DUMITREAN, P.; KENT, A., 2003. Photochemical ozone formation in north west europe and its control. *Atmospheric Environment* **37**, 1983-1991.
- FOWLER, D.; CAPE, J.N.; COYLE, M.; FLECHARD, C.; KUYLENSTIERN, J.; HICKS, K.; DERWENT, D.; JOHNSON, C.; STEVENSON, D., 1999. The global exposure of forest to air pollutants. *Water Air and Soil Pollution* **116**, 5-32
- GOERING, H.K.; VAN SOEST, P.J., 1970. *Forage fiber analysis (apparatus, reagents, procedures an some applications)*. Agricultural Handbook N° 379. USDA/ARS. Washington (USA).

- JONSON, J.E., SIMPSON, D., FAGERLI, H., SOLBERG, S., 2006. Can we explain the trends in European ozone levels ?. *Atmospheric Chemistry* **6**, 51-66.
- LINN, J.G.; MARTIN, N.P., 1989. Forage quality tests and interpretation. ag-fo-02637. University of Minnesota extension service, Minneapolis.
- PUJADAS, M.; TERÉS, J.; GIMENO, B.S., 1997. La experiencia española en el diseño de sistemas experimentales para el estudio de efectos producidos por contaminantes gaseosos sobre especies vegetales. *Boletín de Sanidad Vegetal – Plagas* **23**, 39-54.
- RODA, F.; AVILA, A.; RODRIGO, A., 2002. Nitrogen deposition in Mediterranean forests. *Environmental pollution* **118**, 205-213.
- SANZ, J.; BERMEJO, V.; GIMENO, B.S.; ELVIRA, S.; ALONSO, R., 2007. Ozone sensitivity of the Mediterranean terophyte *Trifolium striatum* is modulated by soil nitrogen content. *Atmospheric Environment* **41**, 8952–8962.
- SANZ, J.; BERMEJO, V.; MUNTIFERING, R.; GONZÁLEZ FERNÁNDEZ, I.; GIMENO, B.S.; ELVIRA, S.; ALONSO, R. 2011. Plant phenology, growth and nutritive quality of *Briza maxima*: Responses induced by enhanced ozone atmospheric levels and nitrogen enrichment. *Environmental Pollution* **39**, 5899-5907.
- UNECE (2009). Manual on methodologies and criteria for modelling and mapping critical loads and levels and air pollution effects, risks and trends. Convention on Long-range Transboundary Air Pollution. (LRTAP) <http://www.icpmapping.org>.

## GROWTH AND NUTRITIVE QUALITY RESPONSE OF *BROMUS HORDEACEUS* TO TROPOSPHERIC OZONE INCREASE AND NITROGEN AVAILABILITY

### SUMMARY

The present study analyzed the response to ozone (O<sub>3</sub>) and substrate nitrogen (N) availability of *Bromus hordeaceus*, an annual grass frequently found in annual Mediterranean pastures. The experiment was developed in an Open Top Chamber (OTC) facility, a specific setup designed to study the effects of atmospheric pollutants to vegetation. Three O<sub>3</sub> treatments and three N levels were used to analyze the effects on growth and nutritive quality. The exposure to elevated O<sub>3</sub> levels increased the senescent biomass but did not affected the rest of the biomass parameters analyzed; however, all the growth variables were enhanced by N supplementation. O<sub>3</sub> and N altered the rate senescent/green biomass but in opposite directions. A significant interaction was found, where the N supplementation compensated the O<sub>3</sub> induced responses. Neither O<sub>3</sub> nor N effects were observed on nutritive quality parameters. *Bromus hordeaceus* can be qualified as an O<sub>3</sub>-resistant species.

**Key words:** atmospheric pollution, dehesa, nutritive quality, yield, protein content.



# EVALUACIÓN DE METALES PESADOS EN LAS CLOROFILAS DE GRAMÍNEAS PASCÍCOLAS DE UNA MINA TOLEDANA ABANDONADA MEDIANTE LA APLICACIÓN DEL MÉTODO “GAUSS PEAK SPECTRUM”

M.J. GUTIÉRREZ-GINÉS<sup>1</sup>, J. PASTOR<sup>2</sup>, C. BARTOLOMÉ<sup>3</sup> y A.J. HERNÁNDEZ<sup>1</sup>

## RESUMEN

Se ha realizado el estudio del método matemático “Gauss Peak Spectrum”, que después se puso a punto en nuestro laboratorio. Este trabajo muestra el protocolo seguido para la operatividad de un método que consideramos importante para la evaluación del efecto de metales pesados del suelo en especies vasculares herbáceas.

Los resultados se muestran para cuatro gramíneas pascícolas (*Agrostis castellana*, *Arrhenatherum bulbosum*, *Dactylis glomerata*, *Micropyrum tenellum*), que crecen en el emplazamiento de una mina de plata abandonada en la provincia de Toledo. Las gramíneas son, en este enclave, las especies de mayor valor pastoral para la nutrición del ganado que las pasta, así como de la abundante fauna silvestre (el emplazamiento es un coto de caza). La capa superficial de los suelos presenta niveles de Pb y Zn muy elevados, y Cd y Cu están en varios lugares por encima de los niveles de referencia aceptables para los suelos. El método permite cuantificar las clorofilas afectadas por Cu, Zn y Cd en las especies analizadas. Cu es el metal que más afecta a la clorofila-a, a pesar de ser Zn el que más acumulan estas especies.

**Palabras clave:** *Agrostis castellana*, *Arrhenatherum bulbosum*, *Dactylis glomerata*, *Micropyrum tenellum*, Zn, Cu, Cd.

## INTRODUCCIÓN

Los residuos mineros son una de las principales fuentes de contaminación de suelos por metales pesados en ambientes mediterráneos (Navarro-Pedreño *et al.*, 2008), y esta actividad fue bastante importante en el centro peninsular hasta finales del siglo pasado. En la actualidad, con frecuencia encontramos enclaves con minas abandonadas en las que las escombreras son visibles y la contaminación del suelo se extiende en zonas más amplias que el ámbito de ubicación de la propia mina (Pastor y Hernández, 2008).

---

<sup>1</sup> Departamento de Ecología. Edificio de Ciencias. Universidad de Alcalá. Ctra. Madrid-Barcelona km 33,6. 28871 Alcalá de Henares, Madrid (España).

<sup>2</sup> Departamento de Biología Ambiental. CCMA. MNCN, CSIC. C/Serrano 115 bis. 28006 Madrid (España).

<sup>3</sup> Departamento de Biología Vegetal. Edificio de Ciencias. Universidad de Alcalá.

Normalmente el estudio de la contaminación del suelo por metales pesados en estos emplazamientos y su efecto en las especies vegetales que crecen sobre ellos se basan en análisis químicos de suelos y plantas (Pastor y Hernández, 2008). Para estudios más detallados sobre el efecto directo de los metales sobre la fisiología de las plantas es necesario la realización de bioensayos y el uso de metodologías complejas para analizar, por ejemplo, parámetros fisiológicos (Rossini *et al.*, 2010), o actividad enzimática (Astolfi, *et al.*, 2004).

En la revisión bibliográfica, se descubrió el método matemático "Gauss Peak Spectrum" ("GPS") (Küpper *et al.*, 2007) que permitía cuantificar, entre otros pigmentos, clorofilas en las que el  $Mg^{+2}$  central de esta molécula estaba sustituido por  $Cu^{+2}$ ,  $Zn^{+2}$  o  $Cd^{+2}$ . Esta sustitución impide la captura de luz en aquellas moléculas de clorofila afectadas, causando una disminución de la fotosíntesis (Küpper *et al.*, 1996), y por lo tanto indican un efecto directo de los metales sobre el funcionamiento de las plantas que crecen en ambientes con suelos contaminados por ellos. Por otro lado nos parecía interesante disponer de un método que no requería ni equipamiento ni metodologías complejas para llevarlo a cabo. Por tanto, pretendimos probar este método en gramíneas que crecen en el emplazamiento de una mina abandonada en la provincia de Toledo con suelos contaminados por metales pesados, puesto que la zona es un coto de caza con aprovechamiento ganadero, y éstas son especies de gran valor nutricional tanto para la ganadería como para otras especies cinegéticas.

El objetivo de este trabajo se centra en estudiar el método matemático "GPS", diseñar un protocolo para llevarlo a cabo con plantas vasculares herbáceas y aplicarlo a las gramíneas pascícolas del emplazamiento mencionado.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Área de estudio

La mina "La Económica" (Mazarambroz, Toledo), situada en las cercanías del río Guajaraz, es una mina de plata que cesó su funcionamiento a finales de los años 80. La orografía es más bien plana, con cotas que oscilan entre los 660 y los 750 msnm. Los suelos, según la clasificación de FAO, ISRIC y ISSS (2006), son leptosoles distrícos, pero también aparecen cambisoles distrícos en las cercanías del río. Esta mina se explotó hasta 150 m de profundidad, produciendo escombreras de unos 25.000 m<sup>3</sup>. Su paragénesis se caracteriza por el predominio de galena y blenda, por lo que Pb y Zn son los metales con mayores concentraciones en suelos y aluviones. Cu y Cd se encuentran en algunos puntos con concentraciones mayores que los niveles de referencia (Hernández y Pastor, 2007).

La vegetación es claramente de un retamar aclarado por la degradación de los suelos, con zonas de pastos de *Tuberarietalia guttatae* y vallicares igualmente empobrecidos en hondonadas y con presencia del junco churrero *Scirpoides holoschoenus*. Estos pastizales se enriquecen en especies "nitrófilas" debido al pastoreo por ganado ovino. Una gran parte del entorno de este emplazamiento se aprovecha para el cultivo cerealista y todo él forma parte de un coto de caza, donde abundan los conejos (Hernández y Pastor, 2007).

### Muestreo y análisis químico de plantas

La recogida de las plantas se realizó en primavera de 2010, eligiendo las gramíneas más frecuentes de distintas áreas del emplazamiento. Esta familia conforma un conjunto de especies singulares que dan mayor identidad o sirven para diferenciar los pastos de esta zona. Seleccionamos al azar, nueve parcelas de escombreras y aluviones. Las cuatro especies recogidas fueron *Agrostis castellana*, *Arrhenatherum bulbosum*, *Dactylis glomerata* y *Micropyrum tenellum*. Parte de las muestras se utilizó para los análisis de las clorofilas y otra parte fue lavada con agua desionizada, secada en una estufa (70 °C, 48 horas) y molida para el análisis químico de

Zn, Cu, Cd y Pb mediante espectroscopía de emisión por plasma (ICP-OES) previa digestión ácida con HNO<sub>3</sub> y HClO<sub>4</sub> en proporción 4:1 (Walsh y SSSA, 1971).

### Descripción del método matemático “Gauss Peak Spectrum”

El método “GPS” es un método matemático creado por Küpper *et al.* (2000 y 2007), que permite cuantificar los pigmentos presentes en un extracto vegetal, a partir de su espectro de absorción de energía electromagnética entre 350 nm y 750 nm de longitud de onda. Los principios del método se pueden consultar en las citas bibliográficas de los creadores.

### Protocolo para las determinaciones analíticas aplicado a las muestras vegetales

Puesto que el protocolo seguido para el presente trabajo difiere del presentado por los autores, pasamos a describirlo. De las muestras recogidas en el emplazamiento de la mina, se cortaron en fresco trozos al azar de las partes verdes hasta completar 1 g, y se almacenaron a -20° C hasta su posterior preparación. De la muestra se utilizaron originalmente 100 mg de material, pero debido a la frecuencia con que se tenían que hacer diluciones para no superar la absorbancia de 1,5 (requisito del método), se decidió utilizar 50 mg de muestra cuando ésta estuviera compuesta principalmente por hojas. Se extrajeron los pigmentos con acetona 100%. Los extractos se midieron en un espectrofotómetro de doble haz Perkin-Elmer λ16, en la región 350-750 nm. Los espectros obtenidos se normalizaron a la absorbancia máxima y se les aplicó la ecuación del método en el programa informático Sigmaplot 11 (2008).

A la ecuación del método se le pueden añadir tantos términos de pigmentos como se crea conveniente. Los autores, en el programa para Sigmaplot, la escribieron de cuatro formas diferentes: una para todos los pigmentos normales, y tres con los pigmentos normales más las clorofilas sustituidas por Zn, Cu o Cd. Pero, puesto que conocíamos la contaminación edáfica que tenía este emplazamiento (Hernández y Pastor, 2007), con más de tres metales en la capa superficial edáfica, y sabiendo que muchas de las plantas que crecen en este lugar acumulan varios metales en sus tejidos (Pastor *et al.* 2010), creímos adecuado realizar una ecuación en la que se incluyeran, además de los pigmentos habituales, los seis términos correspondientes a las clorofilas-a y b sustituidas por los tres metales. Por lo tanto, y para compararlas, se aplicaron las cinco ecuaciones. Se eligieron los resultados correspondientes a la ecuación que presentara un mejor ajuste.

### Tratamiento de los datos

Se ha calculado el porcentaje de clorofila-a afectada por alguno de los metales, y estos datos (que indican el grado de impacto de los metales y no son dependientes de la concentración de clorofila en la planta) se han correlacionado con la concentración de metales en los ejemplares mediante correlaciones de Pearson o Spearman (datos no normales, o con varianzas diferentes a pesar de hacer una transformación logarítmica), con la ayuda del programa Spss 19 (2010).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Efectos de Zn, Cu y Cd sobre clorofilas de gramíneas del emplazamiento de la mina abandonada “La Económica” (Toledo)

El principal resultado es que este método permite cuantificar las clorofilas afectadas por Zn, Cu y/o Cd en las especies elegidas que crecen sobre el emplazamiento descrito. La clorofila-b no sustituyó en ningún caso su Mg central por ninguno de los tres metales. La clorofila-a parece más susceptible a este estrés (*tabla 1*). El metal que parece afectar más a la clorofila-a es el Cu, a pesar de que sea el Zn el metal contaminante principal de estos suelos (Pastor *et al.*, 2010), y el que más absorben las plantas (*tabla 2*). *Arrhenaterum bulbosum* y *Agrostis castellana* en los pun-

tos de muestreo 1 y 9b respectivamente, son las especies más afectadas con un 8,5 % de la clorofila-a sustituida por Cu. La especie con la clorofila-a más sensible al Zn parece ser *Micropyrum tenellum*, puesto que es prácticamente la única en la que se ha encontrado concentración de este tipo de clorofila, hasta un máximo del 3,6 % de clorofila-a afectada por este metal. Esta especie es, además, la que acumula mayor cantidad de metales.

Tabla 1. Concentración de clorofilas-a y b normales (MgChla y MgChlb) y clorofilas-a sustituidas por Zn<sup>+2</sup> (ZnChla), Cu<sup>+2</sup> (CuChla) y Cd<sup>+2</sup> (CdChla) en µmol/g.

Punto	Especie	ZnChla	CuChla	CdChla	MgChla	MgChlb
ME-1	<i>Arrhenatherum bulbosum</i>	0,00	0,082	0,00	0,88	0,35
ME-1	<i>Dactylis glomerata</i>	0,00	0,092	0,00	1,96	0,67
ME-2	<i>Agrostis castellana</i>	0,00	0,066	0,00	1,19	0,41
ME-3	<i>Agrostis castellana</i>	0,00	0,17	0,00	3,05	1,07
ME-3	<i>Micropyrum tenellum</i>	0,036	0,19	0,00	5,90	2,19
ME-4	<i>Agrostis castellana</i>	0,00	0,094	0,00	1,37	0,48
ME-4	<i>Micropyrum tenellum</i>	0,023	0,00	0,00	0,62	0,26
ME-5	<i>Agrostis castellana</i>	0,00	0,026	0,00	1,22	0,42
ME-6	<i>Agrostis castellana</i>	0,00	0,045	0,00	1,16	0,42
ME-7	<i>Agrostis castellana</i>	0,00	0,21	0,00	5,37	1,79
ME-7	<i>Arrhenatherum bulbosum</i>	0,00	0,23	0,00	5,48	2,01
ME-7	<i>Micropyrum tenellum</i>	0,010	0,011	0,00	0,57	0,21
ME-8	<i>Agrostis castellana</i>	0,039	0,038	6,1·10 <sup>-3</sup>	1,20	0,47
ME-8	<i>Micropyrum tenellum</i>	0,014	0,00	0,00	0,68	0,26
ME-9	<i>Agrostis castellana</i>	0,00	0,19	0,00	2,23	0,78
ME-9b	<i>Agrostis castellana</i>	0,00	0,25	0,00	2,68	0,89
ME-9	<i>Micropyrum tenellum</i>	5,0·10 <sup>-3</sup>	8,4·10 <sup>-3</sup>	0,00	0,63	0,23

En ningún caso se ha encontrado relación ( $p < 0,1$ ) entre la concentración de los metales en las partes aéreas de los ejemplares y el porcentaje de clorofila-a afectada por alguno de ellos. Esto se puede deber a los numerosos mecanismos de tolerancia a la contaminación por metales que las plantas presentan (Hall, 2002), y que hacen que estos metales sean excluidos de la actividad metabólica de las mismas en la medida de lo posible. Cuando estos mecanismos no son suficientes o no existen, los metales son capaces de ocasionar diversos daños en las plantas a distintos niveles (Liphadzi y Kirkhan, 2006); uno de ellos, como hemos comprobado, es la sustitución del Mg de la clorofila por un ion metálico, y por lo tanto la disminución de su capacidad fotosintética. Está claro que la contaminación por metales encontrada en los suelos de este emplazamiento afecta de forma negativa a las especies vegetales que allí se encuentran, puesto que por un lado son capaces de acumularse en sus tejidos y por otro pueden afectar a su capacidad de realizar la fotosíntesis.

## CONCLUSIONES

El método "GPS" para la cuantificación de pigmentos en plantas vasculares es de fácil y no muy costosa aplicación y permite evaluar efectos directos de metales pesados del suelo sobre plantas que crecen sobre ellos, sin necesidad de realizar bioensayos y metodologías complejas. Su aplicación a especies pascícolas de la familia *Gramineae* ubicadas en el emplazamiento estudiado ha dado buenos resultados. Las clorofilas-a de las cuatro especies analizadas son más sensibles al estrés por Zn, Cu y Cd que las clorofilas-b. A pesar de

Tabla 2. Concentración (mg/kg) de metales pesados en partes aéreas de gramíneas en los distintos puntos de muestreo

Punto	Especie	Zn	Cu	Cd	Pb
ME-1	<i>Arrhenatherum bulbosum</i>	174	4,1	0,0	0,0
ME-1	<i>Dactylis glomerata</i>	54	0,6	0,0	0,0
ME-2	<i>Agrostis castellana</i>	599	3,8	0,0	0,0
ME-3	<i>Agrostis castellana</i>	516	9,0	0,0	0,0
ME-3	<i>Micropyrum tenellum</i>	665	4,6	0,0	0,0
ME-4	<i>Agrostis castellana</i>	351	2,8	0,0	0,0
ME-4	<i>Micropyrum tenellum</i>	388	2,0	0,0	0,0
ME-5	<i>Agrostis castellana</i>	535	12,8	0,0	0,0
ME-6	<i>Agrostis castellana</i>	513	9,8	0,0	38,3
ME-7	<i>Agrostis castellana</i>	1339	6,7	0,0	0,0
ME-7	<i>Arrhenatherum bulbosum</i>	223	0,5	0,0	0,0
ME-7	<i>Micropyrum tenellum</i>	781	4,5	0,0	0,0
ME-8	<i>Agrostis castellana</i>	534	4,3	0,0	0,0
ME-9	<i>Agrostis castellana</i>	1013	16,4	0,0	30,6
ME-9b	<i>Agrostis castellana</i>	838	5,1	4,1	13,5
ME-9	<i>Micropyrum tenellum</i>	333	20,6	0,0	0,0

que ellas acumulan Zn en gran cantidad, las clorofilas de estas especies parecen más sensibles al Cu que al Zn, y sólo *Micropyrum tenellum* presenta clorofilas estresadas por Zn. Estos resultados indican que las plantas que crecen en suelos contaminados por estos metales, no solo pueden acumularlos en cantidades importantes, sino que su actividad fotosintética se ve disminuida y, por tanto, se afecta la capacidad productiva del sistema.

### Agradecimientos

A la financiación los proyectos CTM 2008-04827/TECNO, del Ministerio de Ciencia e Innovación, y P2009/AMB-1478A, Programa EIADES de la Comunidad de Madrid. Al apoyo técnico de Luis Cuadra y Elena Fernández, del Servicio General de Análisis, CCMA, CSIC.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASTOLFI, S.; ZUCHI, S.; PASSERA, C. 2004. Effects of cadmium on the metabolic activity of *Avena sativa* plants grown in soil and hydroponic culture. *Biologia Plantarum*, **48** (3), 413-418.
- FAO, ISRIC y ISSS. 2006. *World reference base for soil resources*. 2nd ed. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), International Society of Soil Science (ISSS-AISS-IBG), and International Soil Reference and Information Centre (ISRIC). 128 pp. World Soil Resources Reports No. 103. FAO, Rome.
- HALL, J.L. 2002. Cellular mechanisms for heavy metal detoxification and tolerance. *Journal of Experimental Botany*, **53** (366), 1-11.
- HERNÁNDEZ, A. J.; PASTOR, J. 2007. Ecosystems health and geochemistry: concepts and methods applied to abandoned mine sites. En: *The 23<sup>rd</sup> International Applied Geochemistry Symposium (IAGS 2007)* J. LOREDO (Ed.). Ed. Universidad de Oviedo. Oviedo (España), 219-231.
- KÜPPER, H.; KÜPPER, F.; SPILLER, M. 1996. Environmental relevance of heavy metal-substituted chlorophylls using the example of water plants. *Journal of Experimental Botany*, **47** (295), 259-266.

- KÜPPER, H.; SPILLER, M.; KÜPPER, F.C. 2000. Photomeric Methods for the Quantification of Chlorophylls and Their Derivatives in Complex Mixtures: Fitting with Gauss-Peak Spectra. *Analytical Biochemistry*, **286**, 247-256.
- KÜPPER, H.; SEIBERT, S.; PARANESWARAN, A. 2007. Fast, Sensitive, and Inexpensive Alternative to Analytical Pigment HPLC: Quantification of Chlorophylls and Carotenoids in Crude Extracts by Fitting with Gauss Peak Spectra. *Analytical Chemistry*, **79**, 7611-7627.
- LIPHADZI, M.S.; KIRKHAM, M.B. 2006. Physiological Effects of Heavy Metals on Plant Growth and Function. In: *Plant-environment interactions*. B. HUANG (Ed). Ed Taylor y Francis. New York (EE.UU.), 243-269.
- NAVARRO-PEDREÑO, J.; GÓMEZ, I.; ALMENDRO, M.G; MELÉNDEZ-PASTOR, I. 2008. Heavy Metals in Mediterranean Soils. En: *Soil Contamination Research Trends*. J. B. DOMÍNGUEZ (Ed.). Ed. Nova Science Publishers New York (EE.UU.), 161-176.
- PASTOR, J.; HERNÁNDEZ, A.J. 2008. La restauración en sistemas con suelos degradados: estudios de casos en vertederos, escombreras y emplazamientos de minas abandonadas. En: *Contaminación de Suelos: Tecnologías para su recuperación*. R. MILLÁN y C. LOBO (Eds.). Ed. CIEMAT, Madrid (España), 539-560.
- PASTOR, J.; GUTIÉRREZ-GINÉS, M. J.; HERNÁNDEZ, A. J. 2010. Contenidos de metales en plantas y estudio de la generación de lixiviados en una antigua mina de plata con contenidos elevados de Zn y Pb. En: *Aspectos fisiológicos, agronómicos y ambientales de la nutrición mineral en las plantas*. J.M ESTAVILLO (Ed-coord.). Ed. Universidad del País Vasco. Bilbao (España), 217-223.
- ROSSINI, S.; MINGORANCE, M.D.; VALDÉS, B.; LEIDI, E.O. 2010. Uptake, localisation and physiological changes in response to copper excess in *Erica andevalensis*. *Plant and Soil*, **328**, 411-420.
- SIGMAPLOT for Windows. Versión 11. 2008. Systat Software, Inc.
- SPSS for Windows. Versión 19.0. 2010. Spss, Inc. and IBM Company.
- WALSH, L.M.; SOIL SCIENCE SOCIETY OF AMERICA. 1971. *Instrumental Methods for analysis of soils and plant tissue*. Ed. Soil Science Society of America, Wisconsin, US, VII, 334.

## ASSESSMENT OF HEAVY METALS IN CHLOROPHYLLS OF GRASSES OF AN ABANDONED TOLEDO MINE BY APPLYING THE METHOD "GAUSS PEAK SPECTRUM"

### SUMMARY

The "Gauss Peak Spectrum" mathematical method was studied and optimized in our laboratory. This work shows the protocol followed for the operation of a method we consider important in assessing the effect of heavy metals in vascular herbaceous species.

Results are shown for four pasture grasses, which grow on the site of abandoned silver mine in Toledo province. In this enclave grasses are the species with most pastoral value for livestock nutrition as well as for the abundant wildlife (the site is a hunting ground). The topsoil layer has very high levels of Pb and Zn, and Cd and Cu are above acceptable reference levels for soil in several places. The method allows quantification of chlorophylls affected by Cu, Zn and Cd in the analyzed species (*Agrostis castellana*, *Arrhenatherum bulbosum*, *Dactylis glomerata*, *Micropyrum genellum*). Chlorophyll-a is mostly affected by Cu, even though Zn is the metal most accumulated in these species.

**Key words:** *Agrostis castellana*, *Arrhenatherum bulbosum*, *Dactylis glomerata*, *Micropyrum tenellum*, Zn, Cu, Cd.

# PROPIEDADES QUÍMICAS Y CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN SUELO Y PLANTA TRAS EL APORTE DE PURINES EN PRADERA

M.D. BÁEZ, A. LOURO LOPEZ, J.F. CASTRO INSUA y M.I. GARCÍA POMAR \*

## RESUMEN

La reutilización de purines para incrementar la producción de cultivos forrajeros ha sido una práctica tradicional en los sistemas agrícolas gallegos. No obstante, hoy en día existe una preocupación social en lo que respecta a su utilización y la contaminación de suelos, aguas y atmósfera. El objetivo del trabajo fue investigar el efecto del tipo de fertilización: mineral (nitrato amónico cálcico), purín de vacuno y purín de porcino en la evolución de la composición química del suelo y de la pradera tras el aporte continuado de los fertilizantes, en las mismas parcelas, durante cinco años. Los purines se aplicaron con dos técnicas: localizado en bandas vs inyección superficial. La aplicación de purines al suelo mejoró las propiedades químicas del suelo y se observó un incremento de la MO, el C y N total, un incremento de bases en el complejo de cambio y disminución de la saturación por acidez. A lo largo del tiempo se observó una acumulación de Cu y Zn en suelo con aporte de purín de porcino que no parece ser un problema para la producción de forraje por la concentración presente de estos elementos en el cultivo.

**Palabras clave:** purín vacuno, purín de porcino, fertilidad, acumulación cobre, cinc.

## INTRODUCCIÓN

Tradicionalmente en Galicia los purines han sido utilizados por su valor fertilizante en macro y micro-nutrientes (N, P, K, Ca, Mg, B, S, Cu, Fe, Mn, Mo y Zn) que son esenciales para mantener el rendimiento de los cultivos. Además, pueden ser una fuente importante de elementos traza (As, Cu, Mn, Ni y Zn) puesto que los alimentos ingeridos en la dieta de los animales contienen Co, Cu, Fe, Mn y Zn para mantener varios procesos fisiológicos y prevenir desórdenes de salud en los animales. Estos elementos son asimilados por los animales en cantidades bastante inferiores a las aportadas y, en consecuencia, se ha observado un incremento de la concentración de tales elementos en los purines. Aunque el contenido de elementos traza es mucho menor en purines que en lodos su aplicación continua puede producir a largo plazo acumulación en la capa superficial del suelo alcanzando niveles tóxicos para las plantas. Además, la lixiviación y escorrentía superficial puede transpor-

---

\* Dpto. de Pastos y Cultivos. CIAM-INGACAL. Apdo. 10, 15080, A Coruña (España)  
[dolores.baez.bernal@xunta.es](mailto:dolores.baez.bernal@xunta.es)

tar estos elementos a las aguas superficiales y profundas provocando graves problemas de contaminación. Nicholson *et al.* (2003) apuntan que los estiércoles y purines de los animales pueden ser la causa de incrementos de elementos traza, especialmente Cu y Zn, en suelos próximos a las explotaciones.

El objetivo del trabajo es investigar en un cultivo de pradera el efecto a medio plazo de aplicaciones continuas de purín de vacuno y porcino en las propiedades químicas del suelo y en la acumulación metales pesados en suelo y planta.

## MATERIAL Y MÉTODOS

El ensayo se llevó a cabo en la finca experimental del CIAM situada en la localidad de Abegondo (A Coruña, zona costera atlántica de Galicia, lat.: 43° 14' 5", lon.: 8° 15' 45", 97 m de altitud) con suelos de textura franco-limosa y clima templado-húmedo. Al comienzo del experimento (septiembre 2004) la parcela de ensayo había sido sembrada con una mezcla de raigrás inglés (*Lolium perenne* L.), trébol blanco (*Trifolium pratense* L.) y trébol violeta (*Trifolium repens* L.). El diseño experimental fue de bloques al azar con tres repeticiones y los siguientes tratamientos de fertilización resultado de la combinación de dos tipos de purín y dos métodos de aplicación: VB, purín de vacuno aplicado superficialmente en bandas, VI, purín de vacuno inyectado en la capa superficial del suelo, PB, purín de porcino aplicado superficialmente en bandas, PI, purín de porcino inyectado en la capa superficial del suelo. Además, a efectos comparativos, fueron añadidos un tratamiento con aporte de fertilizante inorgánico (M: nitrato amónico cálcico 27%) y un tratamiento control (C) sin aporte de purín ni de fertilizante nitrogenado, tan sólo P y K para igualar entre tratamientos los aportes de estos elementos a la salida del invierno. El tamaño de la parcela fue de 96 m<sup>2</sup>.

Las cantidades de purín aplicados se definieron teniendo en cuenta el contenido total de N en los mismos, de forma que el aporte de N durante el primer año fuera en torno a 100 kg/ha en las aplicaciones de primavera (2 en cada año) y 60 en el otoño; y en años posteriores de 80 kg N/ha en los aportes de primavera y 60 kg N/ha en el otoño. Para inyectar los purines se utilizó una cisterna provista de un sistema de discos que realizaban un corte vertical en el suelo de 3-6 cm de profundidad y 15 cm entre filas donde se depositaba el purín y para la aplicación en bandas se utilizó la misma cisterna retirando los discos de corte y eliminando la presión de los tubos de salida sobre el suelo. En la *Tabla 1* se muestran las fechas de aplicación de los purines y las cantidades (m<sup>3</sup>/ha) aplicadas en el periodo 2005-2009. En el tratamiento M la cantidad de N aportado fue el mismo que en los tratamientos de purín y fue aplicado en las mismas fechas. La composición media de materia seca (MS), materia orgánica (MO), pH, N, P y K fue de 3,9%, 64,3% de MS, 8,3, 70,9 g/kg de MS, 19,0 g/kg de MS y 34,6 g/kg de MS respectivamente en el purín de porcino y, 7,7%, 78,6% de MS, 8,4, 41,8 g/kg de MS, 8,3 g/kg de MS y 47,0 g/kg de MS respectivamente en el purín de vacuno. Los elementos traza en los purines no fueron analizados debido a que el objetivo inicial del experimento fue estudiar las transferencias de N en el sistema suelo-planta.

Se recogieron muestras de suelo en diferentes capas: 0-10 cm, 10-30 cm, 30-60 y 60-90 cm el 26/09/2005 (año 1 del experimento), el 11/03/2008 (año 4) y el 26/11/2009 (año 5). En la capa de 0-10 cm se determinó (métodos oficiales MAPA 1994) el pH, la conductividad eléctrica (CE), contenido de MO, C total (C), N total, elementos asimilables: P (Olsen), K (extracción con acetato amónico 1 N, pH 7), y elementos en el complejo de cambio: Ca, Mg, Na, K y acidez de cambio (AC). En estas muestras de suelo también se determinaron metales (Fe, Cu, Mn, Zn, Cd, Cr, Ni, Pb, S) utilizando para ello una extracción con ácidos fuertes (3 vol HCl/ 1 vol HNO<sub>3</sub>) (norma ISO 11466) y posterior detección con espec-



Tabla 1. Fechas y cantidades de purín (m<sup>3</sup>/ha) aportadas en el periodo 2005-2009

Trat	2005			2006			2007			2008		2009	
	06-abr	27-may	13-oct	09-mar	28-abr	18-oct	21-mar	24-may	02-oct	13-mar	21-may	28-sep	
VB	30	40	15	28	33	19	28	30	30	19	19	21	
VI	30	40	15	28	33	19	28	30	30	19	19	21	
PB	30	60	50	52	54	21	23	23	23	40	40	30	
PI	30	30	50	52	54	21	23	23	23	40	40	30	

V: Vacuno, P: Porcino, B: Localización en bandas, I: Inyección superficial.

troscopia de plasma. En muestras de pradera recogidas el 25/05/2005, 26/04/2006 y 15/05/2007 se determinó la humedad (estufa a 70 °C, 16h) y varios nutrientes. La determinación de N total se realizó utilizando la técnica de combustión y para determinar las concentraciones de P, K, Ca, Mg, S, Fe, Cu, Mn, Zn y B se utilizó la técnica de espectroscopia de plasma (ICP-AES) una vez digerida el material en horno microondas con HNO<sub>3</sub>.

Se llevó a cabo un análisis de la varianza (GLM) utilizando el paquete estadístico SPSS versión 15.0 y para la separación de medias se utilizó el test de Duncan utilizando un nivel de significación  $p < 0,05$ .

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Propiedades químicas del suelo

A lo largo de los años se observó un descenso generalizado en los valores de pH del suelo, con una evolución de los valores medios de 5,68 a 5,33 (Tabla 2); especialmente este descenso tuvo lugar en los tratamientos C y M, presentando un valor final en 2009 de

Tabla 2. Evolución de las propiedades químicas del suelo (0-10 cm) tras el aporte de diferentes tipos de fertilizantes

Fecha	Trat	pH	Materia orgánica				Elementos asimilables								SA	
			CE	<sup>3</sup> MO	C	N	<sup>3</sup> C/N	<sup>2</sup> AC	Ca	Mg	Na	K	<sup>3</sup> CCE	P		K
			dS/m	g/kg				cmol/kg								g/100 g
26-09-05	C	5,68	0,06c	47,35	20,35	2,23c	9,15	1,00	5,74	0,68	0,00c	0,69	6,19	34	271	16,08
	M	5,49	0,10a	50,95	23,10	2,42bc	9,53	0,95	3,73	0,73	0,07b	0,77	6,29	35	299	15,35
	VB	5,75	0,09ab	56,13	25,67	2,71abc	9,49	0,53	5,37	1,00	0,15a	0,79	7,85	33	309	7,33
	VI	5,65	0,10a	59,07	26,53	2,82ab	9,37	0,70	5,09	0,94	0,16a	0,82	7,70	33	320	9,25
	PB	5,64	0,09ab	63,63	29,07	3,11a	9,35	0,83	4,92	1,12	0,14a	0,79	7,82	36	309	11,58
	PI	5,81	0,08b	51,87	22,97	2,49bc	9,21	0,53	5,42	0,98	0,13ab	0,54	7,61	34	211	7,76
	Media	5,68	0,09	55,54	24,98	2,67	9,35	0,73	4,83	0,94	0,12	0,73	7,37	34	287	10,66
	<sup>2</sup> Sig. p	NS	**	NS	NS	*	NS	NS	NS	**	NS	NS	NS	NS	NS	NS
11-03-08	C	5,35c	0,13ab	48,90c	21,32b	2,24	9,50	1,05b	3,85c	0,71c	0,00b	0,73b	6,43b	40bc	283b	16,70b
	M	5,15d	0,11b	54,20bc	22,63b	2,43	9,31	1,85a	3,18c	0,76c	0,00b	0,42c	6,27b	37c	163c	29,17a
	VB	5,82a	0,14ab	58,77ab	25,42ab	2,79	9,12	0,37c	5,78ab	1,25b	0,15a	1,13a	8,66a	38c	440a	4,19c
	VI	5,63ab	0,17a	62,20a	27,02a	2,88	9,39	0,47c	5,48b	1,22b	0,16a	1,11a	8,48a	37c	435a	5,81c
	PB	5,55b	0,16a	63,27a	27,78a	2,92	9,51	0,47c	5,70ab	1,44a	0,16a	0,58b	8,36a	60ab	226bc	5,92c
	PI	5,78a	0,15aab	60,40ab	27,08a	2,79	9,70	0,27c	6,57a	1,50a	0,15a	0,44c	8,92a	73a	172c	3,09c
	Media	5,58	0,15	58,76	25,61	2,72	9,42	0,66	5,29	1,20	0,12a	0,76	8,04	49	294	9,30
	Sig. p	***	*	**	*	NS	NS	***	***	***	***	***	**	**	***	***
26-11-09	C	5,05b	0,26	53,25b	22,45b	2,39d	9,44	1,25a	3,31b	0,74c	0,13c	0,93a	6,36c	43b	363a	120,00a
	M	5,05b	0,24	53,80b	22,70b	2,56cd	9,10	1,27a	3,53b	0,98b	0,14bc	0,59c	6,52c	37b	230c	19,67a
	VB	5,41a	0,26	59,83ab	26,30a	2,89ab	9,09	0,33b	5,54a	1,33a	0,16ab	0,99a	8,37a	36b	388a	4,17b
	VI	5,40a	0,31	63,37a	27,83a	3,11a	8,96	0,33b	5,74a	1,39a	0,15bc	0,89ab	8,50a	41b	350ab	3,88b
	PB	5,35a	0,24	58,91ab	25,17ab	2,80abc	8,97	0,50b	5,10a	1,41a	0,17ab	0,55c	7,72b	48ab	214c	6,43b
	PI	5,54a	0,24	57,80ab	24,83ab	2,73bc	9,07	0,27b	5,54a	1,37a	0,19a	0,63bc	8,00ab	61a	247bc	3,54b
	Media	5,33	0,26	58,37	25,16	2,77	9,08	0,58	4,96	1,25	0,16	0,77	7,72	45	299	8,34
	Sig. p	**	NS	*	*	*	NS	***	**	***	**	*	***	*	*	***

<sup>1</sup>Trat: C: Control, M: Mineral, V: Vacuno, P: Porcino, B: Bandas, I: Inyección superficial. <sup>2</sup>Sig.:\*\*\* (p<0,001); \*\* (p<0,01); \* (p<0,05); ns, no sig.

Para cada parámetro valores seguidos por letras diferentes son significativamente diferentes a  $p < 0,05$  según el test de Duncan.

<sup>3</sup>MO: Materia orgánica, C/N: Relación Carbono/Nitrógeno, AC: Acidez de Cambio, CCE: Capacidad de Cambio Efectiva, SA: Saturación por Acidez.

Tabla 3. Evolución de la concentración total de minerales (0-10 cm) tras el aporte de diferentes tipos de fertilizantes

Fecha	<sup>1</sup> Trat	Fe	Cu	Mn	Zn	Cd	Cr	Ni	Pb	S
mg/kg										
26-09-05	C	32775	31	827	71b	0,0	29	23	18	236
	M	32145	31	828	74b	0,1	29	23	19	276
	VB	32617	30	809	73b	0,1	29	21	21	308
	VI	32553	32	847	72b	0,0	29	22	20	313
	PB	33537	30	814	74b	0,1	30	23	20	341
	PI	32810	31	824	81a	0,1	29	24	19	278
	Media	32774	31	824	75	0,1	29	22	19	297
<sup>2</sup> Sig p		NS	NS	NS	*	NS	NS	NS	NS	NS
11-03-08	C	37191	28b	822	68b	0,3	38	26	12	238c
	M	35597	28b	803	69b	0,3	35	24	16	254bc
	VB	35693	28b	876	70b	0,3	35	22	18	299ab
	VI	36250	29b	895	72b	0,3	34	23	13	323a
	PB	37043	32ab	871	103a	0,4	34	23	14	322a
	PI	36196	38a	871	109a	0,3	33	23	12	321a
	Media	36320	31	862	84	0,3	35	23	14	299
<sup>2</sup> Sig p		NS	*	NS	***	NS	NS	NS	NS	*
26-11-09	C	31631	28b	780	76b	<1	29	23	32	269b
	M	30860	28b	741	77b	<1	29	21	34	272b
	VB	30623	29b	778	80b	<1	30	21	39	334a
	VI	31154	29b	835	80b	<1	30	22	34	355a
	PB	32849	32a	793	107a	<1	32	23	40	328a
	PI	31371	33a	799	112a	<1	30	22	31	322a
	Media	31436	30	791	90	<1	30	22	35	319
<sup>2</sup> Sig p		NS	***	NS	***	NS	NS	NS	NS	**

<sup>1</sup>Trat: C: Control, M: Mineral, V: Vacuno, P: Porcino, B: Bandas, I: Inyección superficial.

<sup>2</sup>Sig.:\*\*\* (p<0,001); \*\* (p<0,01); \* (p<0,05); ns, no sig.

Valores seguidos por letras diferentes son significativamente diferentes a p<0,05 según el test de Duncan.

5,05. Un pH de 5,0 corresponde a un suelo ácido donde puede existir toxicidad para el Al y Mn. Además, cuanto menor sea el pH del suelo, mayor será el riesgo de paso de metales pesados tóxicos a la solución del suelo.

En todos los años se observó un incremento de MO, C total y N total en aquellos tratamientos con aporte de purín respecto a los tratamientos C y M lo que sugiere que la aplicación de purines puede incrementar el secuestro de C en suelo, con la consiguiente repercusión positiva en el cambio climático. Además, un incremento en la MO del suelo podría reducir la movilidad de metales pesados y su disponibilidad para las plantas y microorganismos (Mantovi *et al.*, 2003). Con la aplicación de purín de vacuno las diferencias en C y N con respecto a los tratamientos C y M son más notables con el paso del tiempo indicando un cierto efecto acumulativo de las aplicaciones, efecto que no se aprecia tan claramente con el purín de porcino. Eghball (2002) determina que un 25% del C aplicado (10,42 t/ha) con purín de vacuno puede permanecer en el suelo después de 4 años de aplicación. Salvo en el tratamiento C la relación C/N del suelo tendió a disminuir.

En cuanto al complejo de cambio se observó un incremento de los cationes Ca<sup>2+</sup> y Mg<sup>2+</sup> con el aporte de ambos tipos de purín, y de K<sup>+</sup> con el purín de vacuno lo que llevó a un in-

cremento en la suma de bases en el complejo. Por el contrario, con aporte de purines, se produjo una disminución muy marcada en la acidez de cambio ( $H^+ + Al$ ), lo que indica una reducción importante de las necesidades de encalado respecto a la fertilización con fertilizante mineral (nitrato amónico cálcico).

### Concentración de minerales en suelo

La aplicación de purines durante cinco años no afectó de forma significativa la acumulación de Fe, Mn, Cd, Cr, Ni y Pb (Tabla 3). Por el contrario, la fertilización con purín de cerdo produjo un incremento significativo en los niveles de Cu y Zn respecto a la aplicación de purín de vacuno, M y C. También, el aporte de ambos purines produjo un incremento en los contenidos de S en suelo.

El incremento experimentado en los niveles de Cu fue del 16% (de 28 en C frente a 32,5 mg/kg). Aunque pueda haber una cierta lixiviación de Cu en el perfil del suelo hacia capas más profundas (Novak *et al.*, 2004), según Benke *et al.* (2008) la mayor acumulación de Cu se produce en la capa superficial del suelo. De la misma forma que el Cu, el contenido total de Zn también aumentó en esta capa con el aporte de purín de cerdo en un 44% (de 76 en C frente a 109,5 mg/kg). Otros autores (Berenguer *et al.*, 2008) también observaron incrementos de estos elementos en suelo (32% y 11% para el Cu y Zn respectivamente) tras seis años de aplicación de 51 m<sup>3</sup>/ha de purín de cerdo a un cultivo de maíz. Cabe destacar que aunque los valores que aparecen son inferiores a los que marca la directiva europea (directiva 86/278/EEC), a la vista de la acumulación experimentada en cinco años con este elemento, puede existir a más largo plazo problemas de toxicidad con el Zn.

### Concentración de minerales en planta

En la tabla 4 se muestra la composición química de la pradera en dos de los cortes de forraje efectuados en la primavera del primer y del tercer año del experimento.

Tabla 4. Evolución de la concentración de nutrientes en planta tras el aporte de diferentes tipos de fertilizantes

Fecha	<sup>1</sup> Trat	N	P	K	Ca	Mg	S					
								Fe	Cu	Mn	Zn	B
g/kg								mg/kg				
25-05-05	C	10,12	1,82	19,43	4,79	1,02	1,47	144,75	4,25	141,50	22,00b	6,25
	M	12,39	1,92	23,98	3,43	1,09	1,54	91,00	4,00	120,75	21,75b	4,00
	VB	10,61	1,80	19,28	4,21	0,97	1,34	105,17	3,83	149,17	17,33b	4,83
	VI	10,81	1,80	18,86	4,33	0,98	1,32	105,50	3,33	174,17	19,66b	3,42
	PB	12,58	2,00	21,96	4,20	1,11	1,51	151,33	4,67	141,50	27,00a	4,50
	PI	10,86	1,90	19,91	4,09	1,01	1,37	128,67	4,67	138,67	21,16b	5,13
	Media	11,23	1,87	20,43	4,18	1,03	1,42	121,47	4,13	145,94	21,44	4,63
<sup>2</sup> Sig p	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	*	NS
14-05-07	C	17,43a	3,62a	28,22a	8,45a	1,62	2,90a	253,00	6,50	226,75a	25,25bc	6,50
	M	12,65b	2,40c	25,38c	3,46b	1,23	1,36d	96,25	4,75	140,00b	20,50c	2,25
	VB	13,60b	2,98b	27,68ab	4,52b	1,39	2,01b	165,00	5,83	92,83bc	22,50c	3,17
	VI	13,44b	2,99b	27,42ab	3,92b	1,37	1,89b	171,67	5,50	105,50bc	21,00c	1,50
	PB	12,90b	2,90b	25,81bc	4,03b	1,43	1,56cd	195,50	5,33	96,00bc	34,33ab	1,50
	PI	14,00b	3,08b	26,13bc	4,21b	1,46	1,66c	172,17	5,83	80,50bc	40,67a	1,25
	Media	13,87	2,99	26,77	4,62	1,42	1,87	175,72	5,63	116,13	27,94	2,48
<sup>2</sup> Sig p	**	***	*	***	NS	***	NS	NS	**	**	NS	

<sup>1</sup>Trat: C: Control, M: Mineral, V: Vacuno, P: Porcino, B: Bandas, I: Inyección superficial.

<sup>2</sup>Sig.:\*\*\* (p<0,001); \*\* (p<0,01); \* (p<0,05); ns, no sig.

Valores seguidos por letras diferentes son significativamente diferentes a p<0,05 según el test de Duncan.

En el tratamiento C (que no recibe aporte de N, tan sólo de P y K) cambios sustanciales en la composición de la pradera en favor de un mayor porcentaje de trébol provocaron diferencias notables en la composición química de la planta respecto a los tratamientos de fertilización con NAC y purines. La aplicación de ambos tipos de purín incrementó respecto a M la concentración de P y S en planta (corte 14/05/2007), el aporte de purín de vacuno la concentración de K y el de porcino la concentración de Zn. Estos resultados son acordes a los obtenidos por otros autores, donde el aporte de purín de porcino también provocó un exceso de Cu y Zn en suelo, y en consecuencia un aumento de la concentración de estos elementos en planta (Lipoth y Schoenau, 2007). No obstante, la concentración de elementos traza en los cortes de forraje se encuentran en el rango descrito en la bibliografía como adecuados para alimentación animal (Blanco Penedo *et al.*, 2009) y lejos de las concentraciones que pueden resultar tóxicas para la planta (Lipoth y Schoenau, 2007, Mantovi *et al.*, 2003).

## CONCLUSIONES

La aplicación de purines al suelo durante cinco años bajo condiciones de clima húmedo mejoró las propiedades químicas del suelo. Los resultados sugieren incrementos en la MO, el C y N total en la capa del suelo de 0-10 cm. Además se observó un incremento de bases en el complejo de cambio y disminución de la saturación por acidez. A lo largo del tiempo se produjo una acumulación de Cu y Zn en suelo con aporte de purín de porcino que no parece ser un problema en cuanto al forraje producido dada la concentración presente de estos elementos en cultivo. No obstante, con este tipo de purín el estudio de la evolución de estos elementos en suelo ayudará a definir a más largo plazo planes de fertilización sin riesgo a producir contaminaciones.

## Agradecimientos

Los autores agradecen la financiación recibida por el INIA (Proyecto RTA 04-156) y la Xunta de Galicia (Consellería de Medio Rural, Acción de Transferencia de Tecnología Agroforestal, protocolo 09/27). Así mismo, al Laboratorio Agrario y Fitopatológico de Galicia por los análisis efectuados.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BENKE, M. B.; INDRARATNE, S. P.; HAO, X.; CHANG, C.; GOH, T. B., 2008. Trace element changes in soil after long-term cattle manure applications. *J. Environ. Qual.*, **37**, 798-807.
- BERENQUER, P.; CELA, S.; SANTIVERI, F.; BOIXADERA, J.; LLOVERAS, J., 2008. Copper and Zinc soil accumulation and plant concentration in irrigated maize fertilized with liquid swine manure. *Agron. J.*, **100**, 1056-1061.
- BLANCO PENEDO, I.; SHORE, R. F.; MIRANDA, M.; BENEDITO, J. L.; LÓPEZ APLONSO, M., 2009. Factors affecting trace element status in calves in NW Spain. *Livestock Science*, **123**, 198-208.
- EGHBALL, B., 2002. Soil properties as influenced by phosphorus- and nitrogen-based manure and compost applications. *Agron. J.*, **94**, 128-135.
- LIPOTH, S. L.; SCHOENAU, J. J., 2007. Copper, zinc, and cadmium accumulation in two prairie soils and crops as influenced by repeated applications of manures. *J. Plant Nutr. Soil. Sci.*, **170**, 378-386.
- MANTOVI, P.; BONAZZI, G.; MAESTRI, E.; MARMIROLI, N., 2003. Accumulation of copper and zinc from liquid manure in agricultural soils and crop plants. *Plant Soil*, **250**, 249-257.
- NICHOLSON, F. A.; SMITH, S. A.; ALLOWAY, B. J.; CARLTON-SMITH, C.; CHAMBERS, B. J.,

2003. An inventory of heavy metals inputs to agricultural soils in England and Wales. *Sci. Total Environ.*, **311**, 205-219.

NOVAK, J. M.; WATTS, D. W.; STONE, K. C., 2004. Copper and zinc accumulation, profile distribution, and crop removal in Coastal plain soils receiving long-term, intensive applications of swine manure. *Trans. ASAE*, **47**, 1513-1522.

## **SOIL PROPERTIES AND CONCENTRATIONS OF TRACE ELEMENTS IN SOIL AND PLANT TISSUE AFTER SLURRY APPLICATION IN GRASSLAND**

### **SUMMARY**

Slurry recycling in order to increase crop yield has been a traditional practice in the agricultural Galician systems (NW Spain). Nevertheless, nowadays there exist a social worry regarding its utilization and the pollution of soils, waters and atmosphere. The aim of this work was to investigate the effect of fertilization type: mineral (ammonium calcium nitrate), cattle slurry or pig slurry in the evolution of the soil and plant chemical composition after continuous application of fertilizers during five years. The slurries were applied using two techniques: band spreading vs surface injection. Slurry application to the soil improved the chemical properties. The organic matter, total C and N in soil increased; also it was seen an increase of the percentage of bases in the exchange complex and a decrease in the acidity of change. Throughout the time with pig slurry it was observed an accumulation of Cu and Zn in soil that it does not seem to be a problem for the forage production as reflected the concentration of these elements in the plant.

**Keywords:** cattle slurry, pig slurry, soil fertility, copper and zinc accumulation.



## PARTE SEGUNDA

# PRODUCCIÓN VEGETAL DE PASTOS







## CAPITULO INTRODUCTORIO

### LA DEHESA: REFLEXIONES DE UN GANADERO

L. OLEA MÁRQUEZ DE PRADO

#### RESUMEN

La dehesa es un ecosistema singular y único en el mundo. La palabra dehesa proviene de “defesa” y aparece por primera vez en 924 d.C. en un fuero a Córdoba dado por Alfonso X El Sabio. La dehesa es el resultado de la presión ganadera. Los sistemas de mejora y manejo se basan fundamentalmente en las leguminosas, el fósforo como fertilizante y el pastoreo continuo diferido. Existe la necesidad de practicar la agricultura entre el 15 y el 20 % de su superficie, para así aproximarse al autoabastecimiento. Avena forrajera y triticale son los cultivos forrajeros más recomendados. Las razas autóctonas son imprescindibles en la dehesa. La PAC ha provocado ciertos desordenes de los censos ganaderos de la dehesa. Entre las debilidades de la dehesa, desde el punto de vista del ganadero, destacan su descapitalización, la falta de regeneración en numerosas dehesas, el exceso de procesos burocráticos, las plagas y enfermedades, la descompensación de los precios productor-consumidor, la desaparición casi total de caza menor, etc. Entre las fortalezas se resaltan su alta diversidad y la calidad de sus productos, además de su alto nivel de secuestro de carbono. Por todo ello se propone un mayor apoyo y protección a nuestro ecosistema y la petición para la dehesa del SO de la Península Ibérica de la catalogación de Patrimonio de la Humanidad.

**Palabras clave:** pastoreo extensivo, ovino, vacuno, cerdo, *Quercus*

#### INTRODUCCIÓN

La dehesa es uno de los ecosistemas más singulares y característicos de la cuenca mediterránea, tal vez el mejor equilibrio natural entre naturaleza y hombre, entre la explotación de sus recursos naturales y su sostenibilidad. El vocablo dehesa procede del latín “defesa”, aludiendo a un territorio determinado en su limitación, que es “defendido” o “acotado” para dedicarlo a pastos herbáceos que alimenten a los animales domésticos dedicados principal y antiguamente a ser animales “de tiro”. Por primera vez puede encontrarse el término “dehesa” en el 924 d.c., según el Diccionario de Corominas, en un fuero que el Rey Alfonso X el Sabio concede a la ciudad de Córdoba. De forma casi paralela en el tiempo podemos encontrar historias de la dehesa boyal de Extremadura, donde se practica el mismo proceso (Schnabel *et al.*, 2001; Olea y San Miguel, 2006). Pero tal vez el origen real de la dehesa se remonta al periodo romano, ya que éstos tenían la costumbre de mantener amplias áreas en terrenos marginales controladas por un solo propietario; esto es lo que parece ser el ori-

---

<sup>1</sup> Ganadero. Departamento de Ingeniería del Medio Agronómico y Forestal. Escuela de Ingenierías Agrarias. Universidad de Extremadura. (Badajoz) [lolea@unex.es](mailto:lolea@unex.es)

gen de este singular ecosistema (Gómez-Gutiérrez, 1992). Incluso existen referencias al vocablo “dehesa” en las leyes visigodas refiriéndose al acotamiento de terrenos o fincas, el llamado “*pratum defesum*” que seguramente adoptaran de los romanos (Parra, 1988).

Una cuestión es la etimología del vocablo dehesa y otra su origen real. En los paisajes, principalmente extremeños y andaluces, este tipo de ecosistema, resultado del manejo antrópico del bosque durante la Edad Media, fue muy fomentado durante la dominación árabe con la importancia que se le dio a la agronomía, y más quizás, gracias al control ejercido por la “Mesta” donde los ganaderos transhumantes y estantes aprovechaban los pastos de las dehesas (López Sáez *et al.*, 2004). Por tanto, ante el gran número de definiciones de dehesa, nos quedamos con la nuestra (Olea *et al.*, 2005): “Ecosistema pastoral-silvoagrario donde conviven, en un ambiente semiárido mediterráneo, especies herbáceas, arbustivas y arbóreas, pudiendo estar limitada la presencia de las arbustivas, que contribuyen a la alimentación de animales domésticos (ovino, vacuno, porcino, etc.) y silvestres (ciervo, jabalí, perdiz, conejo, etc.) en régimen extensivo, con respeto al medioambiente (sistemas sostenibles)”.

La dehesa se extiende principalmente, de forma discontinua, por el SO de la Península Ibérica (Extremadura, Andalucía occidental, Alentejo, suroeste de Castilla la Mancha y sur de Castilla y León), siendo también difícil cuantificar su superficie. El proyecto ejecutado bajo la coordinación de la SEEP entre los años 2000 y 2005 contribuyó, sin lugar a dudas, al mejor conocimiento de la superficie que ocupa la dehesa. Puede cifrarse en 2,8 millones de ha de dehesa en el SO de la Península Ibérica, correspondiendo a Extremadura la mayor parte con 1,32 millones de ha.

La dehesa se desarrolla en un ambiente semiárido mediterráneo templado (Le Houerou, 1975) con gran irregularidad pluviométrica y termométrica a lo largo del año y entre años (Olea *et al.*, 1989). El conjunto de la dehesa tiene pluviometría media anual entre 450 y 850 mm y frío invernal que oscila entre valores medios de 2° C a 5°C (medias de las temperaturas mínimas diarias del mes más frío del año) (Le Houerou, 1975). Los suelos de la dehesa son en general de baja fertilidad (especialmente en P y Ca), profundidad limitada y pendientes apreciables, asentándose sobre rocas madres de pizarras (62 %) y granitos (32 %).

## CREACIÓN, MEJORA, MANEJO Y GANADERÍA DE LA DEHESA

La dehesa es el resultado de la lucha continua del hombre y su ganado contra la sucesión ecológica para evitar la invasión de la vegetación leñosa, arbustiva y herbácea de mala calidad. Es pues el resultado del manejo y de la presión ganadera. En la creación de la dehesa se recorren las etapas siguientes (Olea *et al.*, 1989):

- Aclarado del bosque
- Control de la vegetación leñosa (arbórea excesiva y arbustiva) y estabilización de estrato herbáceo
- Mejora del pasto

Todo ello da lugar a un ecosistema multiproductivo con la presencia de los tres estratos vegetales (herbáceo, arbóreo y arbustivo) y caracterizado por:

1. Poseer carácter pastoral-silvo-agrario.
2. Tener una base territorial pascícola, forestal y agrícola, con suelos de fertilidad limitada, clima semiárido mediterráneo y con producciones extensivas.
3. Manejar comunidades vegetales diversas, y no individuos.
4. Utilizar el producto final como herramienta de transformación y mejora del sistema (reutilización).
5. Garantizar la perpetuidad (sistemas sostenibles)

La vegetación de la dehesa se caracteriza por la existencia de los estratos siguientes:

**Herbáceo:** especies pratenses, abundancia de gramíneas y leguminosas, con papel regulador de otras familias. Abundancia de las anuales.

**Arbóreo:** especies del género *Quercus* de gran perennidad; densidad variable (25 a 60 pies/ha) y contribuyen a la alimentación de la ganadería, doméstica y cinegética, con los frutos y la fracción ramoneable; alto interés ambiental.

**Arbustivo:** situaciones de presencia limitada, a veces excesivamente limitada, frente (problemas de regeneración del arbolado), valor alimenticio, cinegético y ambiental.

## MEJORA Y MANEJO

Las producciones medias de la dehesa (cantidad y calidad) se indican en la *Tabla 1*. Estas producciones permiten mantener una carga ganadera media que oscila entre 1,2 y 4 ovejas "tipo"/ha.

*Tabla 1. Producciones medias de la dehesa*

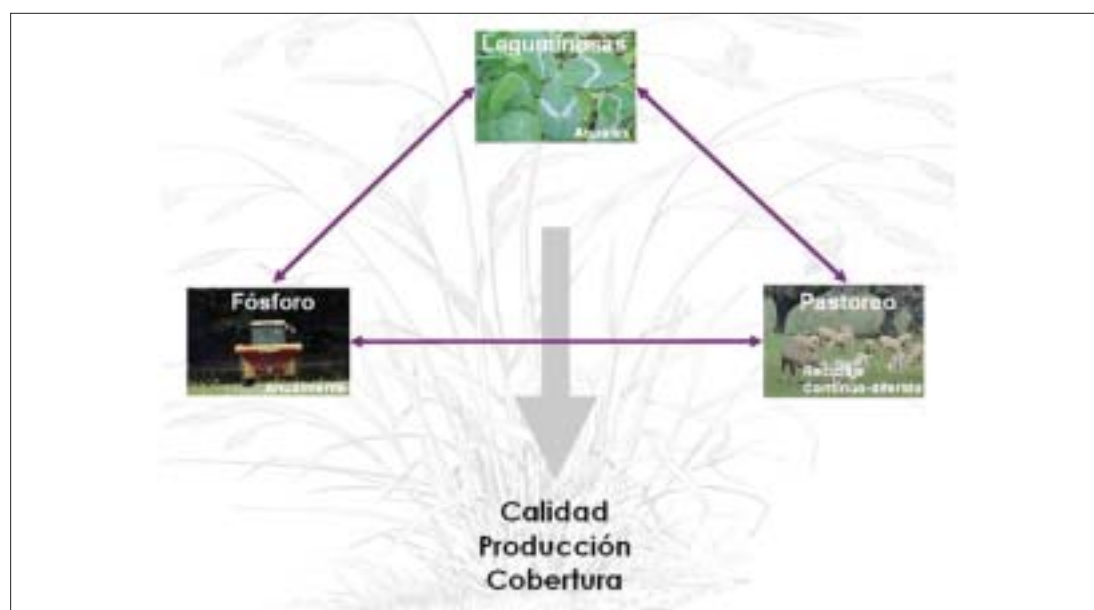
Estrato vegetal	Biomasa (kg MS/ha)	% Proteína Bruta	DMO (%)
Herbáceo (pasto)	1.400 – 2.800	12,8	56
Arbóreo (fruto)	200 – 400	5,2	70
Fracción ramoneable	100 – 200	7	40
Total	1.700 – 3.400		

Las bajas producciones (tanto en cantidad como en calidad) son generalizadas en las dehesas sin mejorar y con manejo deficiente; pero diferentes trabajos de investigación y aplicaciones reales, demuestran el potencial productivo, aunque diverso, de estos territorios.

La mejora y el manejo de la dehesa deben realizarse en base a los principios siguientes:

- 1.- Máxima utilización de los recursos naturales.
- 2.- Mínima salida de nutrientes del ecosistema.
- 3.- Mínima dependencia del exterior (autoabastecimiento)
- 4.- Conservación del medio (sostenibilidad)

A su vez, la mejora y el manejo (gestión) se basa en los pilares siguientes (*Figura 1*): leguminosas, fósforo y pastoreo.

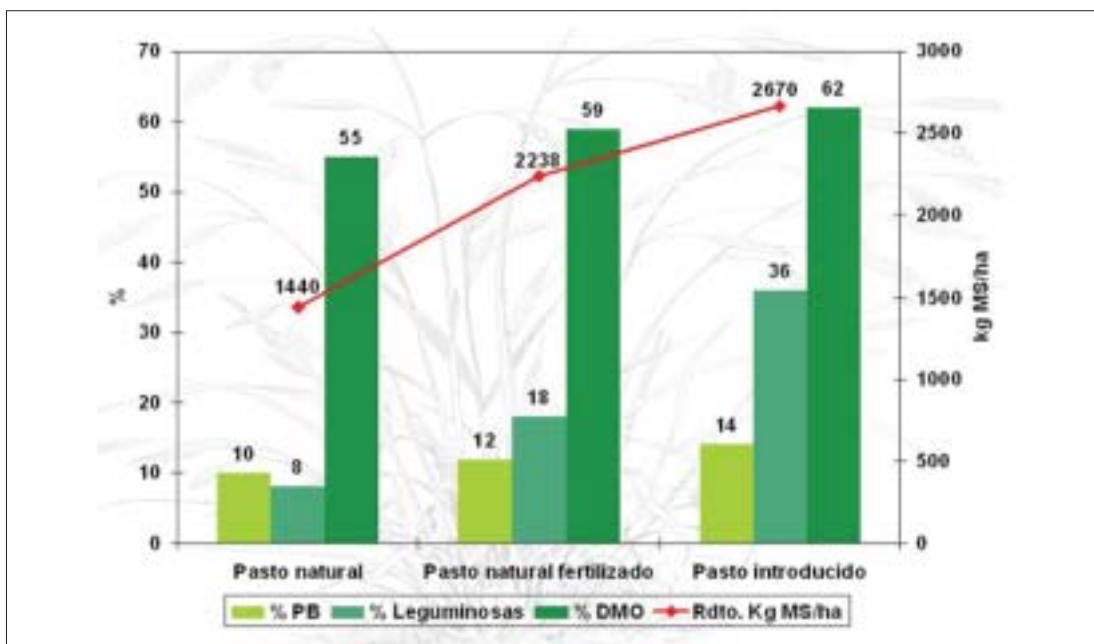


*Figura 1. Pilares de gestión de la dehesa.*

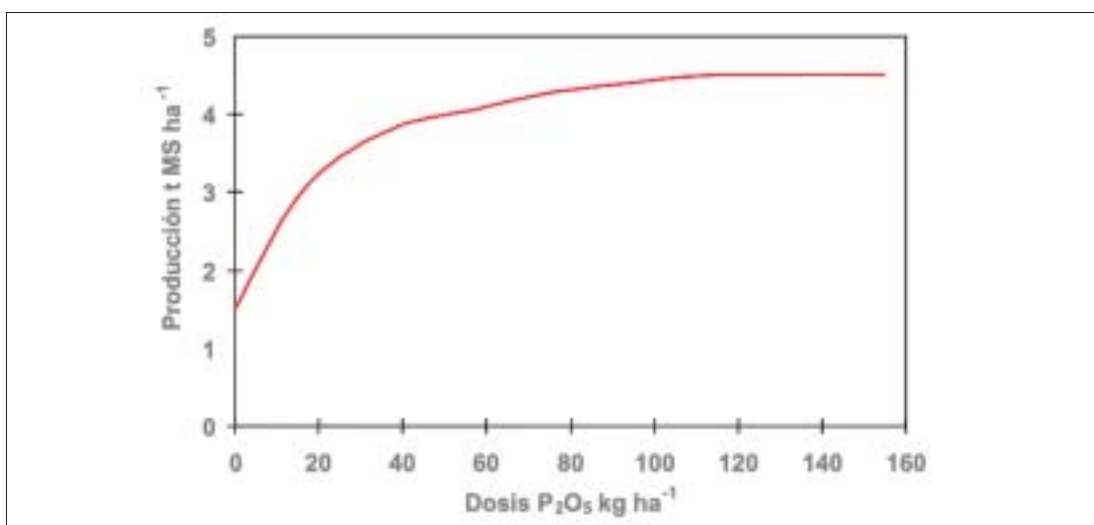
Trabajos de investigación y experiencias prácticas (Olea *et al.*, 1989; Olea *et al.*, 2005; Crespo, 2006; Barradas, 2009) nos indican la posibilidad de dos tipos de mejora de los pastos herbáceos, que a más largo periodo de tiempo repercutirán positivamente en el estrato arbóreo:

- Fertilización y manejo correcto de las plantas naturales (fomento de las leguminosas y gramíneas con aportaciones anuales de fósforo y manejo correcto).
- Introducción de praderas en base a leguminosas anuales y gramíneas, con fertilización y manejo correcto.

Los resultados para las condiciones de la dehesa del SO de la Península Ibérica se muestran en la *Figura 2*. Se aprecia el incremento importante de la producción tanto en cantidad con en calidad con estas mejoras.



*Figura 2.* Producción y calidad del pasto con diferentes estrategias de mejora.

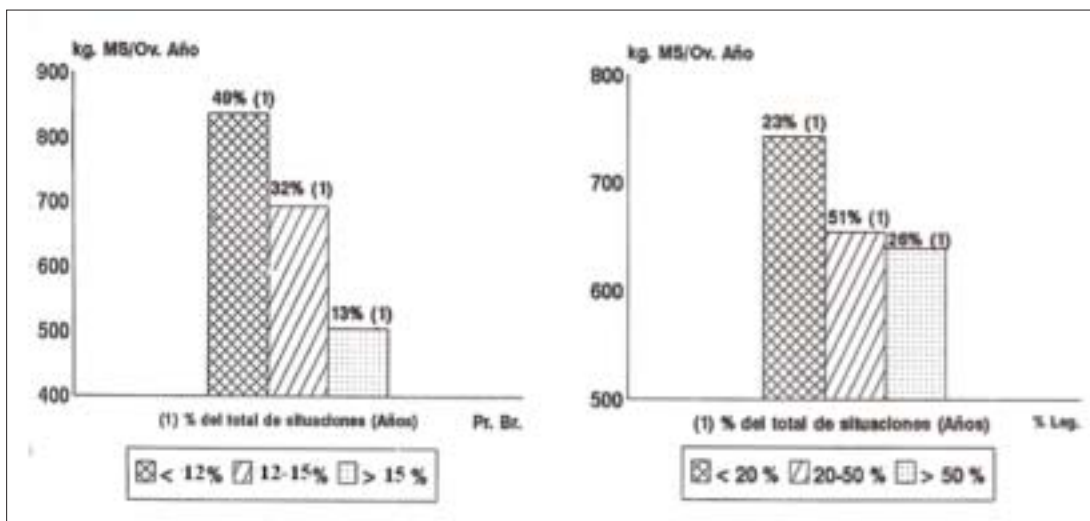


*Figura 3.* Respuesta del pasto al fósforo.

El fósforo es el elemento fertilizante más importante en el ecosistema dehesa; partiendo de un suelo con bajos niveles de fósforo, de entre 0 y 4 ppm en P asimilable, es necesario incrementar los valores hasta 10-14 ppm, si se desea un fomento de leguminosas y gramíneas.

La respuesta media de aplicaciones de los pastos herbáceos de la dehesa al P se representa en la *Figura 3*. Confirma las recomendaciones de aportaciones anuales del orden de las 35 a 45 UF de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha.año (80% del potencial productivo).

En estas mejoras en la dehesa, es tan importante el incremento en cantidad de la biomasa, como en calidad (Olea y Viguera, 1988). En la *Figura 4* se aprecia la necesidad de una "oferta" de biomasa de casi el doble en cantidad cuando ésta es de baja calidad.



*Figura 4.* Influencia de la proteína bruta y del % de leguminosas en las "ofertas" de biomasa a los animales. (Olea et al., 1988).

La respuesta del arbolado a estas mejoras tanto en frutos (bellotas) como en fracción ramoneable, así como en corcho en el caso del alcornoque, no está suficientemente evaluada, puesto que existen muy pocas investigaciones que las cuantifiquen; aunque todo parece indicar que las respuestas son favorables.

El manejo y gestión de la dehesa es complicado especialmente por su gran diversidad, por sus características edafoclimáticas, por su historial (gran influencia de la vocación propia de la zona), por la gran irregularidad climática entre años y en el año, etc. Todo ello unido a peculiaridades de su vegetación nos permite hacer las consideraciones siguientes:

1. Un pastoreo continuo diferido con la mayor permanencia posible de los animales en el territorio. Excepción pueden ser las otoñadas tardías y con escasa pluviometría y las primaveras cortas en el tiempo. La superproducción de primavera (>70%) permite una alta producción de semillas.
2. Máxima calidad en las superproducciones de primavera que permiten su utilización como biomasa seca en verano.
3. Preferencia de la utilización de la bellota de encinas y/o alcornoque por el ganado porcino.
4. Disponer de cercados de dimensiones variadas, con abrevaderos en todos ellos.
5. Carga ganadera correcta de acuerdo con la productividad media a esperar. Las cargas ganaderas excesivas o las muy bajas son inadecuadas por su impacto en la sostenibilidad del ecosistema.

6. Importancia del estrato arbustivo como garante de la persistencia del arbóreo. La presencia del estrato arbustivo crea una problemática muy irregular y contradictoria en la dehesa; si la presencia es muy abundante la producción herbácea es limitada, mientras que una presencia muy reducida condicionará la persistencia del arbolado. El término medio debe conseguirse con el pastoreo adecuado.
7. Coincidencia, en la medida de lo posible, de las máximas necesidades alimenticias del ganado con las épocas de mayor producción de biomasa.

De acuerdo con estas consideraciones y con la curva de crecimiento medio de los pastos herbáceos de la dehesa (*Figura 5*), además de la mejora de los pastos, es necesario, para acercarnos lo más posible al autoabastecimiento, no olvidar cierta actividad agrícola en la dehesa. Esta actividad permite reducir los déficits productivos especialmente en verano, por la sequía (de 3 a 5 meses) y en invierno, por efecto del frío y por la reserva de las zonas de producción de bellota para el ganado porcino, que hacen que todos los empresarios ganaderos tengan que adquirir sus suplementaciones en las mismas épocas.

Esta práctica de utilización de cultivos forrajeros debe de llevarse a cabo en zonas con pendientes menores del 10%, con la menor densidad de árboles, con el mayor potencial productivo (suelos más ricos y profundos, etc.) y con el menor riesgo de erosión posible. Esto permitirá reducir costes, sobre todo en los momentos de gran incremento en el precio de los cereales y las leguminosas de grano, intentando acercarnos al autoabastecimiento.

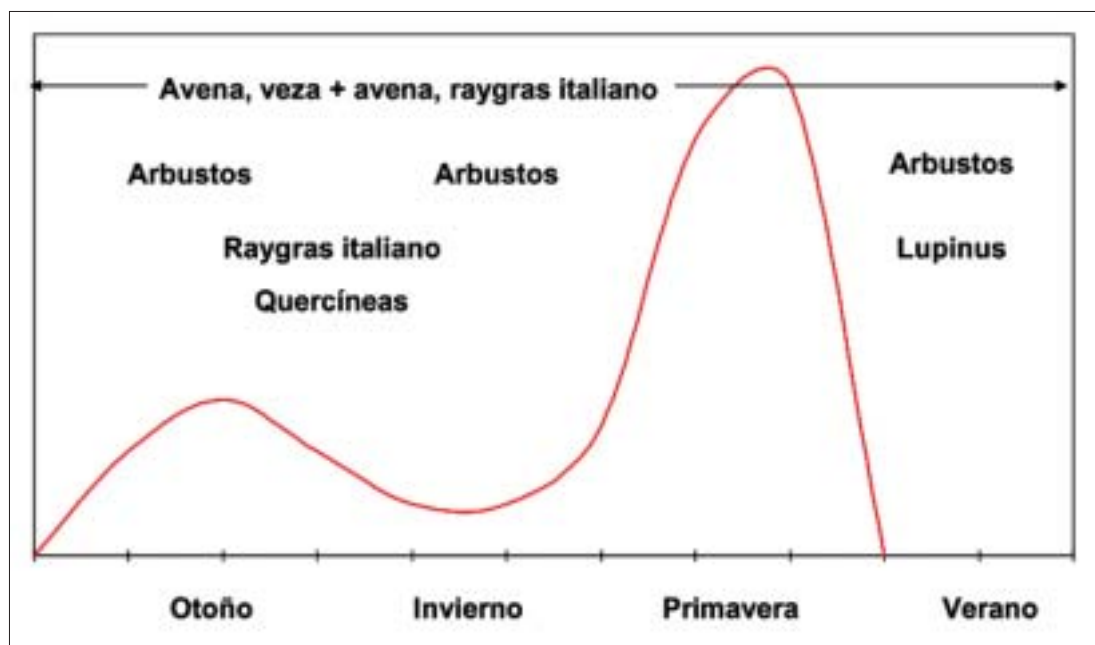


Figura 5. Curva de producción de biomasa herbácea en la dehesa. Estrategias de apoyo a la producción

Entre los cultivos forrajeros más utilizados como apoyo a la producción de pastos, pueden citarse:

- Avena forrajera: conservada su biomasa puede utilizarse todo el año.
- Veza-avena: conservada su biomasa puede utilizarse todo el año.
- Raigrás italiano (variedades anuales): doble utilización, en otoño-invierno en pastoreo y conservación de biomasa al final de la primavera.
- *Lupinus luteus*: para aprovechamiento en pastoreo en verano.

Además, los frutos y la fracción ramoneable de los árboles (*Quercus* sp) y arbustos también contribuyen a la alimentación de los rumiantes de la dehesa.

Resultados de investigación recientes (Pinheiro *et al.*, 2009; Rodrigo *et al.*, 2010) confirman la importancia de los cultivos forrajeros con variedades de doble aptitud de *Avena sativa* y triticale (Figura 6). Se experimentó con cuatro cultivares de triticales y tres variedades de *Avena sativa*. Las mayores producciones, tanto en años de primaveras secas, como en primaveras lluviosas se dan con cultivares de triticales. Las producciones de invierno son limitadas, pero de gran valor por la época en la que se aportan.

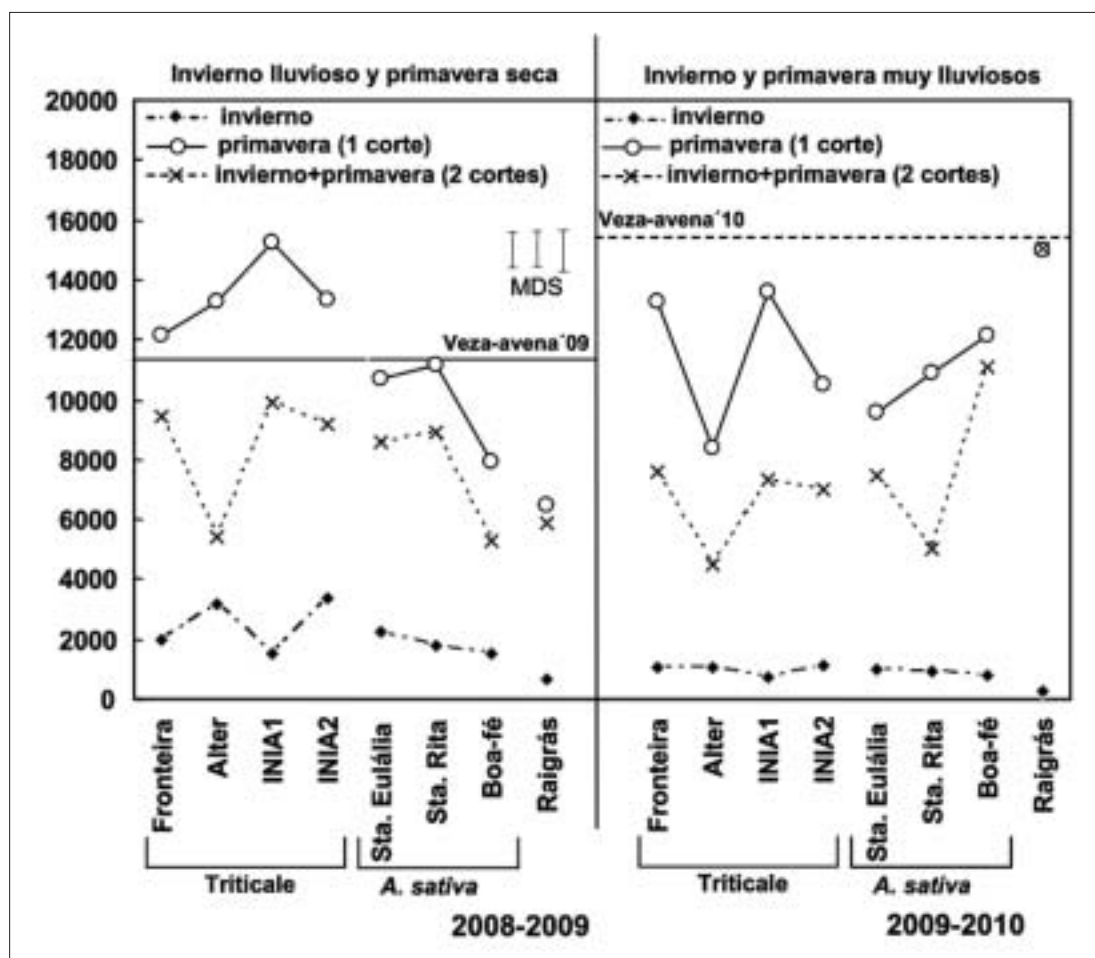


Figura 6. Producción de biomasa herbácea con diferentes alternativas de cultivos forrajeros.

## Ganadería de la dehesa

La ganadería de la dehesa, con sus peculiares características de irregularidad, baja productividad y sistemas extensivos, tiene en las razas autóctonas de aptitud cárnica sus principales huéspedes. La ganadería doméstica con rumiantes de tipo bovino y ovino principalmente y caprino en un plano mucho menor, son los principales especies animales. Las razas de Retinto y Negra Avileña en bovino, y Merino en ovino, son las más adecuadas y extendidas por su adaptación al medio, aunque para su producción se cruce con machos de mayor aptitud cárnica, como Limousine o Charolais en bovino; y Merino Precoz, Berrichon du Cher o Ille de France en ovino.

En el caso del ganado bovino se intenta una programación reproductiva de un parto/año, mientras que en ganado ovino se practica la programación de 3 partos/2 años, siempre intentando que coincidan en lo posible las mayores necesidades alimenticias de las madres con la mayor oferta estacional de biomasa herbácea.

La dehesa es el resultado de la presión ganadera de muchos siglos, por lo que si desaparece el ganado rumiante de la dehesa, o baja mucho su carga ganadera, este ecosistema dejará de ser como es. Preocupa, por tanto, la retirada de animales del territorio (forestación programada a 20 años sin animales), y los impactos que en los 15 ó 17 años últimos está provocando la política agraria común (PAC) en la dehesa (*Tabla 2*).

*Tabla 2. Evolución de la cabaña ganadera de la dehesa (madres reproductoras)*

Tipo de ganado	Variación en % de 1990→1994 <sup>1</sup>	Variación en % de 2007→2010 <sup>2</sup>
Bovino	+31	+4,6
Ovino	+39	-19,1

<sup>1</sup> Provocado por la entrada de la PAC

<sup>2</sup> Provocado por el desacoplamiento total (pago único de la PAC)

El gran aumento del censo ganadero por la entrada de la PAC (Política Agraria Común) fue sin lugar a duda un “blanqueo” de efectivos. Sin embargo, el impacto en el ganado ovino de la dehesa, por motivos de “desacoplamiento” de la PAC, provocó una disminución alarmante del – 19,1 % que aun está en sus inicios, (*Tabla 2*). Además la ganadería de ovino (que es la más adecuada para la dehesa) disminuía ya cada año debido a la dificultad de su manejo y a la falta de pastores. No obstante, el ligero aumento del vacuno no compensa esta disminución de los efectivos de ovino.

El ganado porcino de tronco ibérico (ibérico puro o mezcla con Duroc), calificado por muchos como el “rey de la dehesa”, es una especie que utiliza en régimen extensivo los frutos de los árboles (aproximadamente el 70 % de su dieta es bellota) y la biomasa herbácea (aproximadamente el 30% de la dieta es biomasa herbácea) entre el 1 de noviembre y 1 de febrero. Es el que mejor aprovecha estos recursos y el de más alta transformación, por lo cual en el manejo se indica su prioridad en esta época.

La alimentación (dieta diaria de al menos el 70% de bellota durante 2 o 3 meses), la genética (ibérico puro el de mayor calidad), el manejo (recorrido diario en “montanera” entre 6 y 10 km) y el proceso industrial (muy concreto y tecnificado) son los parámetros que influyen en la calidad de sus piezas nobles (jamones, lomos y paletas).

Los métodos de control de calidad en vigor o en tiempos pasados recientes (analítica de ácidos grasos, densidad de grasas, etc.) han demostrado poca fiabilidad por lo que cada día se recurre más a la valoración de la “montanera” (métodos de aforo de “montanera”) y las visitas de inspección de técnicos especialistas. Los inventarios de dehesas con sus cuantificaciones, así como la evaluación de cada “montanera”, contribuyen al mejor control de la calidad para el consumidor.

Trabajos de investigación recientes (Gonzalo-Langa, 2010) indican la variabilidad espacial de la producción y de la carga ganadera de “montanera” en Extremadura, que es extrapolable a todo el SO de España. Dentro de Extremadura, la carga de “montanera” más alta corresponde a la zona de Jerez de los Caballeros (Badajoz) con 0,7 animales/ha, donde se producen una media de 100.000 cerdos de “montanera”/año. Las variables climáticas que más influyen en la producción de bellota son las temperaturas mínimas del final del invierno y principio de la primavera (correlación positiva) y las máximas de final de la primavera y verano (correlación negativa). La fecha de las últimas heladas, si son después del 1



de marzo, tienen una influencia negativa en la producción de cerdos de "montanera". Todo ello contribuye a la irregularidad espacial y entre años de la carga de "montanera".

El ganado porcino de la dehesa (especialmente el de "montanera") está muy influenciado por los precios del mercado al productor, y no ha tenido ninguna influencia la PAC. La variación del número de cerdos de "montanera" provocada por el impacto del desplome de precios al productor se aprecia si cuantificamos el número de efectivos en el año agrícola 2003/04 con precios altos y el 2009/10 con precios bajos al productor. En el 2003/04 se produjeron en la provincia de Badajoz 201.610 cerdos de "montanera", mientras que en el 2009/2010, con unas "montaneras" evaluadas como similares en producción de bellota, se produjeron 160.510 cerdos de montanera; es decir, que se produjo una disminución del 20,4%. Esto unido al aumento de los precios de los cereales y las leguminosas de grano, indica que la producción de los cerdos de tronco ibérico de pienso también ha disminuido drásticamente, lo que puede dar lugar a una grave problemática de abastecimiento de estos productos (sobretodos de los frescos), pero aun más será el impacto en nuestro ecosistema por la disminución de su huésped más representativo.

## ESTADO ACTUAL Y PERSPECTIVAS FUTURAS DE LA DEHESA. LA VISIÓN DE UN GANADERO

Se pretende poner de manifiesto, por parte del ganadero y como consecuencia de lo expuesto, la problemática actual y las perspectivas futuras de nuestro ecosistema, a modo de debilidades y fortalezas en su gestión y conservación.

### Debilidades

- **Descapitalización:** la explotación de dehesa está muy descapitalizada por muchos años de baja o nula rentabilidad, unido a la problemática de la crisis del país. En este sentido destacan los sectores del ovino (aumentado por sus problemas específicos) y del porcino ibérico de "montanera".
- **Regeneración del arbolado:** problemas de sostenibilidad del ecosistema motivados por el exceso de cabaña ganadera (puntualmente muy grande) afectan directamente a la regeneración del arbolado; aspectos muy interrelacionados y graves, especialmente en dehesas sobre suelos graníticos con ganado vacuno. Las reforestaciones realizadas, cuyo objetivo es formar una dehesa, tal como se desprende de la utilización de especies del género *Quercus* (encinas y alcornoques), parece ir encaminados a constituir un bosque, ya que se implantan obligatoriamente de 400 a 500 plantas/ha que a partir del año 15 "no caben", y a partir del 20 es necesario entresacar (todo ello aumentado por la ausencia de pastoreo en esos 20 años). Experiencias reales, realizadas "no oficialmente" por ganaderos, hacen recomendar que a partir del año 12 ó 15, según dehesas, deba pastorearse en épocas y con especies ganaderas concretas.
- **Burocracia:** los procesos y requerimientos administrativos están acompañados de una extensa burocracia, que si no es de dificultad insalvable para muchos ganaderos, sí son de gran dedicación por parte de éste. Un trabajo realizado por la Escuela de Ingenierías Agrarias de la Universidad de Extremadura cuantificaba que el ganadero tiene que dedicar a estos procesos burocráticos una media de entre un 30 y 35 % de su tiempo. En esta misma línea es importante destacar que el ganadero de dehesa cuando recibe las inspecciones de control es tomado por los técnicos como el "enemigo a batir", siendo esta situaciones generalizadas en todas las Autonomías y en los correspondientes Ministerios, además de ser realizadas por técnicos en el inicio de su profesión, pertenecientes a empresas contratadas al respecto y no por fun-

cionarios experimentados. A pesar de todo, es el ganadero el que mejor quiere defender y hacer perdurar su ecosistema.

- **Precios:** los precios al productor (en valor relativo) de ovino, vacuno y porcino son prácticamente los mismos de hace 8 ó 10 años, incluso en el porcino de "montanera" aún menores, mientras que los precios al consumidor son mucho más elevados. Como curiosidad podemos indicar que el importe al consumidor de las dos paletas de un cordero paga el cordero al productor, o que con el importe de un jamón de "montanera" se paga el cerdo al ganadero de la dehesa. Es pues urgente revisar estas diferencias de cotizaciones.
- **Plagas y enfermedades:** los problemas fitosanitarios de encinas y alcornoques, en un ambiente más vulnerable y con falta de regeneración en muchos casos, son alarmantes. La denominada "seca de la encina" y el *Cerambix* ponen en peligro amplias zonas de dehesa en todo el SO de la Península Ibérica, especialmente en Extremadura. La cantidad de árboles perdidos en la dehesa por la "seca" alcanza el medio millón. Las posibles soluciones deben contemplar la complejidad y diversidad del sistema, y se precisan actuaciones a largo plazo con implicación de la administración, donde la sostenibilidad del ecosistema y compensación de la merma de rentabilidad, deben ser los objetivos prioritarios.
- **El censo del ganado ovino de la dehesa:** por la falta de pastores competentes y por la presión debido a la baja rentabilidad, ha hecho que en los últimos 20 ó 25 años se haya pasado de la práctica de pastoreo directo por pastores ( $\approx$  300 ovejas/pastor), a sistemas más extensivos con animales con permanencia máxima en cerramientos bien estructurados, corrales de manejo adecuados y alimentación mejor (800 a 1000 ovejas/pastor). La alimentación y el avance tecnológico han sido fundamentales para estas nuevas formas de manejo del ovino en la dehesa.
- **El ganado ovino:** es el que mejor va a nuestro ecosistema (por el modo de aprovechamiento de la biomasa, mayor reciclaje de nutrientes, menos daño al arbolado, etc.),. Sin embargo desde hace muchos años se ha cambiado a ganado vacuno, pudiendo decirse que hoy día el rumiante de la dehesa es mayoritariamente vacuno (manejo con menos requerimientos de mano de obra y menos especializada). Estos cambios se han visto acelerados por el impacto de los pagos compensatorios de la PAC y sobre todo por la evolución a "pago único"-
- **El consumo de carne de ovino:** principal destino del ovino de la dehesa, ha bajado y sigue haciéndolo en estos momentos y la diferencia de valor del producto entre productor (ganadero) y consumidor, es tal, que resulta insostenible. En este sentido, las denominaciones de origen en el ganado ovino tienen un gran interés, sobre todo si se corrigen determinados inconvenientes, como puede ser entre otros la imposición actual de sacrificios en Extremadura para el caso de "Corderos de Extremadura" (Corderex).
- **El ganado vacuno:** ha sustituido al ovino en gran parte de la dehesa, sin embargo el impacto de la PAC y de los pagos únicos de la misma ha provocado un ligero aumento, inferior a la disminución del ovino.
- **El ganado caprino:** tiene poca representación en la ganadería de la dehesa. La opinión generalizada del ganadero es que, salvo en situaciones muy concretas, como el desbroce de arbustos en su inicio y poco más, el ganado caprino no tiene cabida en la gran mayoría de las dehesas del SO de la Península Ibérica, por sus efectos sobre el arbolado, por su difícil manejo y por su necesidad de mano de obra muy especializada.
- **Los precios del porcino de "montanera":** desde el año 2007 han bajado un 30%

al productor, al mismo tiempo que se ha producido un gran aumento de los precios de los cereales y las leguminosas de grano, productos imprescindibles para llevar animales de lechones hasta el inicio de la "montanera" (de 25 kg a 90-110 kg P.V.). Esto ha hecho que el censo de "montanera" en Extremadura haya disminuido en un 20,4% entre 2003-04 y 2009-10.

- **La "Norma de calidad del cerdo ibérico"**: es el sistema más generalizado de control de dicha calidad. Existen grandes dudas por parte del ganadero de la fiabilidad de las formas de controlar la calidad. Los métodos de densidad de la grasa, de punto de fusión de la grasa y la más moderna analítica de proporción de ácidos grasos (principalmente del oleico), no han resultado de interés. La aparición de piensos engrasados y la no demasiada viabilidad del proceso, han puesto en duda todos estos métodos. Por ello el ganadero tiene claro que las visitas periódicas de inspección es lo más correcto. Las denominaciones de origen actuales del porcino son: Dehesa de Extremadura, Huelva, Guijuelo y Valle de los Pedroches. Cada una tiene sus particulares características, pero mejoran mucho los controles, especialmente en las dos primeras, siempre basadas en la inspección "*in situ*" a lo largo de la "montanera".
- **La ganadería cinegética**: de la dehesa, que ha sido muy importante por su contribución a los ingresos del ganadero, se ha basado siempre, por sus peculiares características, en la caza menor. La caza mayor necesita mayor presencia de arbustos y manchas. Cuando se disminuye la densidad de cabaña ganadera doméstica y se deja prosperar el estrato arbustivo para introducir la caza mayor, se puede llegar al peligro de convertir la dehesa en un pasto arbustivo o en pasto de arbolado ralo.
- **La caza menor de la dehesa**: podemos afirmar que prácticamente ha desaparecido, especialmente en la dehesa extremeña. Una ley de caza de Extremadura impositiva, inoperante y de gran burocracia para todo, junto con la protección de "alimañas" y los controles imposibles de depredadores, ha hecho prácticamente desaparecer la caza menor de la dehesa (la nueva ley de caza extremeña está en la misma línea de la anterior). En Andalucía occidental la problemática es similar. Se fomenta ciertos depredadores de la caza menor, mientras comienzan a desaparecer especies muy típicas de nuestro ecosistema como la perdiz, la chocha perdiz, la liebre, etc.
- **La dehesa desde los tiempos de la Mesta**: nos atrevemos a decir que no ha pasado una etapa más negativa que la actual.

## Fortalezas

- **La dehesa es un ecosistema único** (así lo define la ponencia del Senado del 26/11/2010) en el mundo con una alta biodiversidad y con importantes acervos de valores ambientales, culturales y estéticos. Nuestro ecosistema tiene en su entorno una alta consideración vocacional que imprime a su territorio características peculiares que llegan a trascender a la forma de vida de sus habitantes.
- **Sostenibilidad y perennidad de la dehesa** la dehesa, a pesar de los diferentes problemas, cambios de enfoque y modelos productivos que ha sufrido a lo largo de los muchos siglos de existencia sigue siendo un modelo de sostenibilidad, perdurando a lo largo de los siglos. Como resultado que es de la presión ganadera, la carga ganadera debe ser correcta: la excesiva es tan negativa como la baja. No podemos tampoco imaginarnos la dehesa solo para contemplar la cigüeña negra o el águila.
- **Calidad de las producciones de la dehesa** la dehesa es un modelo de producción de alimentos de élite y calidad. El porcino extensivo, la carne a pastos de ovino y vacuno, el espárrago, la criadilla de tierra, los hongos, la miel, etc. son algunos de los manjares producidos en este sistema.

- La **ganadería ovina de la dehesa** ha sufrido una transformación de manejo muy importante y vital para su persistencia. Debido a la falta de pastores competentes y a su baja rentabilidad, se ha pasado de la práctica de pastoreo directo por el hombre hace 20 o 25 años (unas 300 ovejas/pastor) a sistemas más extensivos con animales con permanencia máxima en cerramientos bien estructurados, corrales de manejo adecuados y alimentación mejor (800 a 1000 ovejas/pastor). La alimentación y el avance tecnológico han sido fundamentales para estas nuevas formas de manejo del ovino en la dehesa.
- El **turismo rural y el agroturismo** están aumentando cada día más en el entorno de la dehesa. Se trata de una "producción" de gran interés. Una buena planificación y control son fundamentales si no se quiere que afecte a su mantenimiento y conservación.
- **Singularidad de razas ganaderas:** la singularidad de las explotaciones de dehesa con una ganadería extensiva de razas autóctonas en base a pastos de gran biodiversidad, es otra de las muchas características interesantes de este ecosistema tan peculiar.
- La **dehesa es un ecosistema extensivo de gran belleza**, de contrastes admirables, de ambientes irrepetibles que imprime sensaciones espléndidas a los que la visitan, al mismo tiempo que proporciona a sus habitantes una alta calidad de vida.
- El **secuestro del carbono** es actualmente un tema de preocupación general, con el aumento de los gases de efecto invernadero. Numerosos y recientes estudios (Lal, 2005; Jandl *et al.*, 2007; Schulp *et al.*, 2008) centran su interés en el secuestro de carbono que las zonas rurales hacen a la atmósfera para reducir ese efecto. Jandl *et al.* (2007) y Turrión *et al.* (2009) indican en sus trabajos que son los bosques o zonas arboladas los de mayor capacidad de secuestro de carbono atmosférico, por encima de zonas de tierras de labor. Además según Ramachandran *et al.* (2010), los ecosistemas donde la diversidad en árboles, arbustos y herbáceas es mayor, son los que más carbono secuestran y es ahí donde la dehesa española adquiere vital importancia como sumidero de carbono. Un buen uso y manejo de estas zonas adeshadas aumenta sustancialmente su capacidad de secuestro, mejorando la calidad del aire de la zona y por tanto también la calidad de vida.

Por todo lo expuesto, y haciendo hincapié no sólo en el valor ecológico, biodiverso y multifuncional de la dehesa, sino también en su capacidad para purificar el aire y, sobre todo, contemplando la influencia que la dehesa tiene en el comportamiento y el sentir de la población que habita estas áreas del SO de la Península Ibérica, y sabiendo que es un ecosistema de gran tradición e irrepetible, consideramos que debe ser protegido, apoyado y mantenido por sus valores, igual que cualquier otro monumento y por eso, proponemos que se inicie el proceso de declaración de la dehesa del SO de la Península Ibérica **Patrimonio de la Humanidad**.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARRADAS, A., 2010. *Efecto de la mejora de pastos naturales en cuatro tipos de suelos mediterráneos*. Tesis doctoral. UEx. Badajoz
- CRESCO, D.G., 2006. Melhoramento de pastagens no montado. En: *Gestión ambiental y económica del ecosistema dehesa en la Península Ibérica*. M. ESPEJO *et al.* Junta de Extremadura. Mérida, 155-164.
- GÓMEZ GUTIÉRREZ, J.M., 1992. *El libro de las dehesas salmantinas*. Junta de Castilla y León. Salamanca
- GONZALO-LANGA, J., 2010. *Producción de cerdo de montanera en la provincia de Badajoz*. Tesis doctoral. UEX. Badajoz

- JANDL, R.; LEDNER, M.; VESTERDAL, L.; BAUWENS, B.; BARITS, R.; HAGEDORN, F.; JHONSON, D.W.; MINKKINEN, K.; BYRNE, A., 2007. How strongly can forest management influence soil carbon sequestration? *Geoderma*, **137**, 253-268.
- L'HOUREOU, 1975. Bioclimatología de la región mediterránea. Seminario. La Orden, CRIDA 08. Badajoz
- LAL, R., 2005. Forest soils and carbon sequestration. *Forest Ecology and Management*, **220**, 242-258.
- LÓPEZ SÁEZ, J.A.; LÓPEZ GARCÍA, P.; LÓPEZ MERINO, L.; CERRILLO CUENCA, E.; GONZÁLEZ CORDERO; PRADA GALLARDO, A., 2004. Origen prehistórico de la dehesa en Extremadura: Una perspectiva paleoambiental. *Journal of Iberian Archaeologie*, **6**,
- OLEA, L.; LÓPEZ-BELLIDO, R.; POBLACIONES, M.J., 2005. Europe types of silvopastoral systems in the Mediterranean area: dehesa. En: *Silvopastoralism and sustainable Land Management*. M.R. Mosquera *et al.* (Eds). CABI Publishing, Wallingford, Oxfordshire, UK, 30– 35
- OLEA, L.; SAN MIGUEL-AYANZ, A., 2006. The Spanish dehesa. A traditional Mediterranean silvopastoral system linking production and nature conservation. *Proceeding of the 21st General Meeting of the European Grassland Federation*. Badajoz, Spain., 3-10.
- OLEA, L.; VIGUERA, F.J., 1988. Pastizales y cultivos. En: *La dehesa: aprovechamiento sostenible de los recursos naturales*. C. HERNÁNDEZ (Ed). Ed. Agrícola Española S.A. Madrid, 95-115
- OLEA, L.; PAREDES, J.; VERDASCO, P., 1989. Características productivas de los pastos de dehesa del S.O. de la Península Ibérica. *Pastagens e Forragens*, **10**, 147-172
- PARRA, F., 1988. *La dehesa y el olivar*. Enciclopedia de la Naturaleza de España. Ed. Debate. Madrid
- PINHEIRO, N.; POBLACIONES, M.J.; COUTINHO, J.; RODRIGO, S.; OLEA, L.; MAÇAS, B. E.; SANTAMARÍA, O., 2009. Produção de biomassa para produção animal em regime extensivo. *Vida Rural*, nº **1749**: 30-33.
- RODRIGO, S.; POBLACIONES, M.J.; PINHEIRO, N.; OLEA, L.; MAÇAS, B.; SANTAMARÍA, O.; GARCÍA-WHITE, T., 2010. Dinámica productiva de forrajes de diferentes cultivares de triticales y avenas como suplemento de los pastos de dehesa y pastizales del S.O. de la Península Ibérica. *4ª Reunión Ibérica de pastos y forrajes*. Pastos: fuente natural de energía. Zamora: 183-188.
- RAMACHANDRAN, P.K.; VIMALA, D.N.; KUMAR, B.M.; HAILE, S.G., 2009. Soil carbon sequestration in tropical agroforestry systems: a feasibility appraisal. *Environmental Science and Policy*, **12**, 1099-1111.
- SCHNABEL, S.; GONZÁLEZ, F.; MURILLO, M.; MORENO, V., 2001. Different techniques of pasture improvement and soil erosion in a wooded rangeland in SW Spain. En: *Land degradation*. A. CONACHER (Ed). Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 241-257.
- SCHULP, C.J.E.; VERBURG, P.H., 2009. Effect of land use history and site factores on spatial variation of soil organic carbon across a physiographic region. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, **133**, 86-97.
- TURRIÓN, M.B.; SCHNEIDER, K.; GALLARDO, J.F., 2009. Carbon accumulation in Umbrisols under *Quercus pyrenaica* forests: Effects of bedrock and annual precipitation. *CATENA*, **79**, 1-8.

## THE DEHESA: FARMER'S REFLECTIONS

### SUMMARY

The *dehesa* is a singular ecosystem, unique in the world. The word *dehesa* comes from the term “*defesa*” and appears for the first time in 924 A.D. in a privilege given to Cordoba by

Alfonso X "The Learned". The *dehesa* is the result of the presence of livestock. The improvement and management systems are mainly based on legumes, phosphorus fertilizer and continuous grazing with rest periods. There is a need to practice agriculture in between 15 and 20% of its surface, thus leading to some self-sufficiency. Oat and triticale are the most recommended forage crops. Native breeds are essential in the *dehesa*. The CAP has led to certain disorders of the *dehesa* livestock census. Among the weaknesses of the *dehesa*, from the farmer's point of view, include loss of capital, lack of regeneration in many *dehesas*, excessive bureaucratic procedures, pests and diseases, the great differences between producer's-consumer's prices, the almost total disappearance of shooting, etc. Among the strengths highlighted their high diversity and quality of its products, in addition to its high level of carbon sequestration. Therefore we propose a greater support and protection to our ecosystem and the request to class the SW Iberian Peninsula *dehesa* as World Heritage.

**Key words:** extensive grazing, ovine, bovine, pig, *Quercus*

## EVALUACIÓN DEL ATAQUE DE *HELMINTHOSPORIUM TURCICUM* EN MAÍZ FORRAJERO

M.J. BANDÉ-CASTRO<sup>1,2</sup>, A. PRIETO FERNÁNDEZ<sup>3</sup> y J. PIÑEIRO-ANDIÓN<sup>1,2</sup>

### RESUMEN

En el sector ganadero de vacuno de leche gallego existe una creciente preocupación por conocer la sensibilidad mostrada por las diferentes variedades de maíz forrajero al tizón del norte, enfermedad foliar ocasionada por el hongo *Helminthosporium turcicum* Pass. y distribuida por todo el mundo. Esta preocupación es mayor en la comarca del Xallas (A Coruña), donde la enfermedad ha ocasionado daños económicos considerables en los últimos años, ya que, aunque con aparición esporádica, limita mucho el rendimiento y la calidad del forraje en los años en que se manifiesta con más intensidad. El progreso de la enfermedad se ve favorecido por una alta humedad atmosférica durante el periodo de crecimiento, condición que no se da todos los años. Para conocer la sensibilidad a *H. turcicum* de las variedades presentes en el mercado, se estableció un ensayo con 50 variedades. A pesar de que las condiciones meteorológicas, de escasas precipitaciones en verano, no fueron propicias para un ataque intenso de la enfermedad, se observaron diferencias significativas entre genotipos que habrá que confirmar en futuras siembras, antes de establecer conclusiones definitivas. El ensayo ha permitido, por otro lado, observar la presencia de un ataque fuerte de roya en muchas variedades, lo que abre un nuevo campo de estudio sobre un problema que no estaba previamente identificado.

**Palabras clave:** *Zea mays* L., enfermedad, hongo, tizón del norte, roya.

### INTRODUCCIÓN

En los últimos años el maíz forrajero (*Zea mays* L.), que representa el cultivo de verano más utilizado en las explotaciones de vacuno de leche de Galicia (Fernández-Lorenzo *et al.*, 2009), sobre todo en aquellas zonas más aptas para el cultivo del maíz, se está viendo afectado por una serie de enfermedades que disminuyen los rendimientos y la calidad de la producción.

Una alta humedad ambiental durante el período de crecimiento del maíz, que tiene lugar en la estación cálida, es sin duda favorable a la difusión de los patógenos causantes de las enfermedades. En este ambiente, el maíz puede ser atacado por un gran número de pató-

<sup>1</sup> Centro de Investigacións Agrarias de Mabegondo (CIAM), Instituto Galego de Calidade Alimentaria (INGACAL). Apartado 10. E-15080 A Coruña.

<sup>2</sup> Departamento de Producción Vexetal. Universidade de Santiago de Compostela. Campus Universitario s/n. E-27002 Lugo.

<sup>3</sup> Cooperativa Feiraco. Ponte Maceira-Agron, Ames. E-15864 A Coruña.

genos que, dependiendo del alcance y la gravedad de las enfermedades, pueden llegar a causar importantes daños económicos. Si la enfermedad se establece antes de la floración, se pueden producir pérdidas de hasta el 50% en el rendimiento de grano (Shurtleff *et al.*, 1980).

Algunas enfermedades son universales y ocurren en casi todos los ambientes en que se cultiva el maíz. Entre ellas están los tizones, las royas y las manchas de las hojas y del tallo (Paliwal, 2001).

Las enfermedades foliares son las más visibles en la planta de maíz y, por lo tanto, a primera vista más alarmantes. Muchas enfermedades foliares avanzan desde las hojas inferiores hacia las superiores a medida que los azúcares se desplazan de las hojas a las mazorcas. Las enfermedades más importantes que se encuentran en las hojas del maíz son los tizones y las royas, ambas producidas por hongos. Todas estas enfermedades matan una parte importante del área foliar y reducen de este modo la actividad fotosintética. Por lo general, no cubren toda la superficie de las hojas de la planta y ésta no muere, continuando con su acción fotosintética en las partes de la hoja que permanecen verdes y libres de la enfermedad. Como consecuencia, la actividad fotosintética general se reduce y la producción desciende. En el caso del maíz forrajero, la producción total de materia seca disminuye tanto en hoja como en tallo y mazorca, y la calidad del forraje es menor debido a una disminución de la digestibilidad y, consecuentemente, de la concentración energética del ensilado.

El tizón del norte es una típica enfermedad policíclica y necrotrofica a nivel mundial, causada por el hongo *Helminthosporium turcicum* (Syn. *Exserohilum turcicum*), ocurre particularmente en zonas de mucha humedad ambiental y temperaturas moderadas, de entre 18 y 27 °C, durante el período de crecimiento.

Uno de los primeros síntomas de la enfermedad consiste en la aparición en las hojas inferiores, de manchas estrechas fusiformes y alargadas en la dirección de los nervios, de hasta 15 cm de largo, progresando después hacia las superiores. Estas manchas se unen unas con otras y crecen en forma alargada como lesiones necróticas, de color castaño gris ceniza, con bordes definidos, aumentando a medida que la planta crece. En estas manchas aparecen, en tiempo húmedo, cuerpos fructíferos marrón oscuro para originar nuevas infecciones. En el caso de infecciones intensas, la presencia de muchas manchas origina la desecación prematura de las hojas y un aspecto semejante al provocado por el daño de las heladas o la sequía.

La conservación del patógeno durante el invierno, se hace en forma de micelio y conidios sobre el rastrojo y en la semilla, y se disemina por el viento. Está presente en el sorgo y en un amplio rango de hospedantes. Además tiene un largo período de latencia, lo que potencia su dispersión.

Los trabajos de Petitprez (1989) muestran que el comportamiento del patógeno difiere dependiendo del material genético de los híbridos. En un híbrido sensible, el agente infeccioso destruye el parénquima de las hojas y obstruye los vasos del xilema, por lo que el flujo de agua y de la savia bruta se reduce y la planta se seca rápidamente. En un híbrido tolerante, el proceso de desarrollo del hongo en los tejidos se retrasa y no hay colonización del xilema. En un híbrido resistente, con el gen de resistencia Ht, hay una reacción de hipersensibilidad que impide el crecimiento del hongo con la muerte rápida de algunas células. La resistencia y la tolerancia varietales son medios eficaces para limitar la enfermedad.

El objetivo de este trabajo fue evaluar la sensibilidad de 50 variedades comerciales de maíz forrajero a esta enfermedad, dando respuesta a una demanda del sector ganadero de vacuno de leche gallego formalizada a través de la Cooperativa Feiraco (Negreira, A Coruña).

## MATERIAL Y MÉTODOS

El ensayo se localizó en la parroquia de Mazaricos, que pertenece a la comarca del Xallas (A Coruña), donde la enfermedad ha ocasionado daños económicos considerables en



las explotaciones en los últimos años.

Se hizo una preparación del suelo y la posterior incorporación de los fertilizantes ( $150 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $250 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$  y  $125 \text{ kg ha}^{-1}$  de N). El abonado se complementó en cobertera con  $50 \text{ kg ha}^{-1}$  de N. Antes de la siembra del maíz forrajero, se aplicaron al suelo  $40 \text{ kg ha}^{-1}$  de un insecticida comercial con una riqueza del 5% en clorpirifos, para el control de gusanos del suelo. Para prevenir la aparición de malas hierbas o adventicias se llevó a cabo una aplicación de  $3,75 \text{ L ha}^{-1}$  de un herbicida comercial con una riqueza (peso/volumen) del 45% en acetocloro y del 21,4% en terbutilazina.

El diseño experimental del ensayo fue en bloques al azar con seis repeticiones.

El tamaño de parcela consistió en una línea de 4 m de longitud por variedad en cada uno de los bloques, mientras que la distancia fue de 60 cm. Al comienzo y final de cada bloque se sembró una línea extra que actuó de borde. La siembra se realizó el 19 de mayo de 2010.

Las 50 variedades comerciales de maíz forrajero evaluadas se eligieron entre las que están siendo evaluadas a nivel agronómico en los ensayos de campo en la red de evaluación de variedades de maíz forrajero en Galicia, 33 de las cuales fueron las establecidas en los ensayos de evaluación agronómica este año 2010 y las restantes 17 se seleccionaron entre las ya evaluadas en años anteriores y que están siendo utilizadas por las cooperativas y agricultores.

La relación de variedades usadas en el ensayo fue la siguiente: Mas 33.A, Mas 23.B, Es Sensor, Es Sigma, Happi, BC 244, Jumbo 48, Castelli, Mamilla, GW 001, Ginko, Manacor, GW 480093, Stern, Lemoro, Marcello, Amanatidis, DKC 4888, DK 315, Anjou 456, Album, Automat, Phileaxx, Alexandra, Gladi, Codisud, Columbia, Altius, ZP 305, ZP 409, Lucan, Fortim, LG 33.85, Jennifer, Bonpi, Delli, Francisco, Organza, Goldigest, Atlético, Josquin, Rulexx, Dixmo, Brandy, Es Fortress, LG 32.77, LG 32.64, Galacti y una variedad sensible precoz y otra sensible tardía.

El método usado para la evaluación de la infección o para caracterizar el nivel relativo de la sensibilidad de los híbridos al tizón foliar causado por *Helminthosporium turcicum*, fue la escala de valoración preparada por Ullstrup *et al.* (1945) (Figura 1).

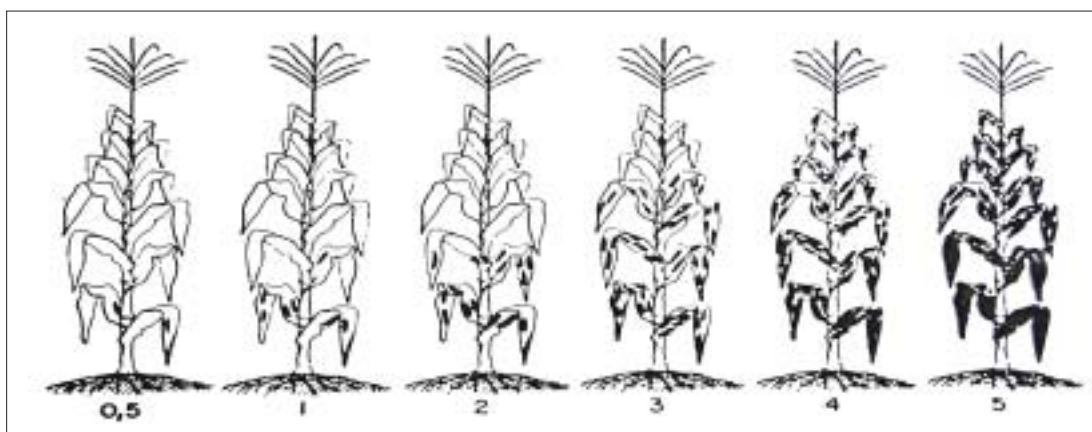


Figura 1. Escala de valoración del tizón de la hoja causado por *Helminthosporium turcicum* (Ullstrup *et al.*, 1945).

- 0,5. Infección muy escasa.- 1 o 2 pequeñas lesiones en las hojas inferiores.
- 1. Infección escasa.- pocas lesiones diseminadas en las hojas inferiores.
- 2. Infección leve.- número moderado de lesiones en las hojas inferiores.
- 3. Infección moderada.- lesiones abundantes en las hojas inferiores y pocas en las hojas medias.
- 4. Infección fuerte.- lesiones abundantes en las hojas inferiores y medias y se extienden a las hojas superiores.
- 5. Infección muy fuerte.- lesiones abundantes en todas las hojas, las plantas pueden morir antes de tiempo.

Se le asigna una puntuación de 0 a un híbrido inmune; la nota 0,5 corresponde a un ataque muy leve, la nota 3 a la presencia de manchas en las inmediaciones de la hoja de la mazorca, la nota 5 a un ataque extremo.

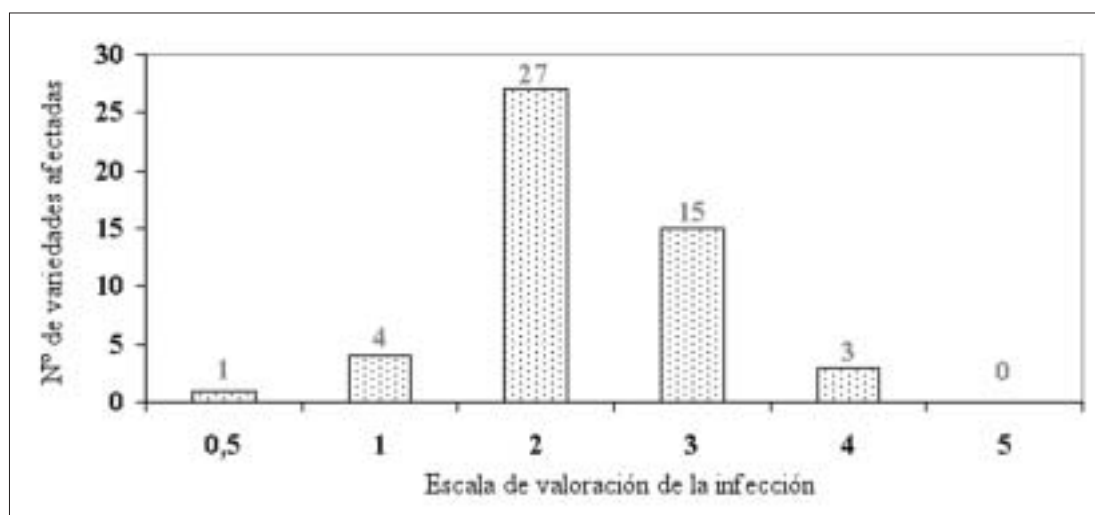
La expresión de los síntomas de tizón, por lo general, comienza en las hojas inferiores, cuando el inóculo proviene de los residuos del cultivo de la parcela (fuente endógena), pero puede comenzar a veces en las hojas superiores cuando las esporas son dispersadas por el viento desde el primer hospedador (fuente exógena). Por su simetría, la escala propuesta se adapta a los dos tipos de ataques: cuando la infección se inicia desde arriba, hay que utilizar la negativa de la *Figura 1* (la parte blanca representa entonces las manchas necróticas y la parte negra indica la parte verde de las hojas) y, por supuesto, hay que invertir las notas de ataque (Naibo, 2002).

Las anotaciones del grado de ataque se hicieron en cada parcela el 21 de septiembre de 2010, siguiendo la escala antes comentada. En la siguiente fecha prevista de calificación se decidió no tomar notas, ya que un fuerte y generalizado ataque de roya (*Puccinia sorghi* Schw.) había enmascarado por completo los síntomas del ataque de *H. turcicum* y además, algunas de las variedades ensayadas estaban ya al final del ciclo, lo que podría hacer que las manchas necróticas se multiplicasen.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis estadístico detectó diferencias significativas entre híbridos, sobre su sensibilidad al tizón foliar (*Figura 2*). A pesar de ello, y dado que las condiciones climáticas del año 2010 no fueron las más adecuadas para que se hubiese producido un ataque intenso de la enfermedad, se ha optado por no presentar los datos de todas y cada una de las variedades, en espera de volver a sembrarlas en un nuevo ensayo para ver si se confirman los resultados. Con ello se trata de evitar dar una información que se estima provisional pero que podría dañar innecesariamente la imagen de algunas variedades, si se publicasen sus datos antes de que se confirmen con nuevos ensayos.

En la *Figura 2* se resumen los resultados, representando el número de variedades afectadas por la infección causada por *H. turcicum* en cada uno de los niveles de la escala de



*Figura 2.* Valoración del tizón de la hoja causado por *Helminthosporium turcicum* en 50 variedades comerciales de maíz forrajero.

0,5: Infección muy ligera; 1: Poca infección; 2: Infección leve; 3: Infección moderada; 4: Infección fuerte; 5: Infección muy fuerte.

calificación de la infección, considerando los valores medios de ataque para cada uno de los híbridos.

Se observa que más de la mitad (27) de los híbridos evaluados, fueron atacados por la enfermedad originando en la planta una infección leve con un número moderado de lesiones en las hojas bajas. El 30% de las variedades (15) fueron atacadas por el hongo provocando una infección moderada con abundantes lesiones en las hojas inferiores y pocas en las hojas medias, y en el 6% de los genotipos (3) el ataque provocó una infección fuerte, con lesiones abundantes en las hojas inferiores y medias y extendiéndose hacia las superiores.

## CONCLUSIONES

La información analizada permite concluir que:

- A pesar de que las condiciones meteorológicas, de escasas precipitaciones en verano, no fueron favorables para un ataque intenso de la enfermedad, se observaron diferencias entre genotipos que habrá que confirmar en futuras siembras antes de establecer conclusiones definitivas.
- La roya, otra enfermedad de origen fúngico, también es importante en el maíz forrajero, ya que en el ensayo se observó la presencia de un ataque fuerte en muchas variedades, llegando a enmascarar los síntomas del ataque de *H. turcicum*, factor importante a tener en cuenta en próximos ensayos.

## Agradecimientos

Las actividades han sido financiadas dentro del proyecto de transferencia tecnológica con el nº de protocolo 10/68 y título "Valor agronómico convencional e sensibilidad a o tizón do norte das variedades comerciais de millo forraxeiro" del Plan Gallego de Transferencia Tecnológica 2010. Se agradece, asimismo, la colaboración de la cooperativa Feiraco.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- FERNÁNDEZ-LORENZO, B.; DAGNAC, T.; GONZÁLEZ-ARRÁEZ, A.; VALLADARES, J.; PEREIRA-CRESPO, S.; FLORES, G., 2009. Sistema de producción de leche en Galicia. Evolución y estado actual. *Pastos*, **39** (2), 251-299.
- NAÍBO, B., 2002. Helminthosporiose chez le maïs: intérêt de la tolérance variétale. *Perspectives Agricoles*, **280**, 92-97.
- PALIWAL, L.P.; GRANADOS, G.; MARATHÉE, J.P., 2001. *El Maíz en los Trópicos: mejoramiento y producción*. FAO, 376 pp. Roma (Italia).
- PETITPREZ, M., 1989. *Pouvoir pathogène et épidémiologie d'Exserohilum turcicum parasite du maïs*. Thèse du doctorat ès sciences. Institut National Polytechnique Toulouse, 177 pp. Toulouse (Francia).
- SHURTLEFF, M.C.; HOLDEMAN, O.; WENDELL HORNE, C.; KOMMEDAHL, T.; MARTINSON, C.A.; NELSON, R.R.; SCHIEFLE, G.C.; WEIHING, J.L.; WILKINSON, D.R.; WOLF, G.L.; WYSONG, D.S.; SMITH, H.E., 1973. *A Compendium of Corn Diseases*. The American Phytopathological Society, 64 pp. St. Paul, Minnesota (EEUU).
- ULLSTRUP, A.J.; HOPPE, P.E.; ELLIOT, C., 1945. *Report of the committee on methods for reporting corn disease ratings*. Division of Cereal, Crops and Diseases. Bureau of Plant Industry, Soils, and Agricultural Engineering. USDA, 5pp. Washington D.C. (EEUU).

## EVALUATION OF FORAGE MAIZE SUSCEPTIBILITY TO *HELMINTHOSPORIUM TURCICUM*

### SUMMARY

A growing concern for the susceptibility of forage maize varieties to *Helminthosporium turcicum* Pass., a world wide disease, is shown at present by Galician (NW Spain) dairy farmers. This concern is concentrated in the region of Xallas, located in the middle west of A Coruña province, where the disease attacks are severe from time to time, and limits yield and quality of forage maize leading to considerable economic losses. Mild temperatures and high air humidity during the growth season favor the disease. To investigate the susceptibility to *H. turcicum* of the forage maize varieties marketed at present, a trial with 50 varieties was established in the region of Xallas. Rainfall was low during summer and the disease attack was moderate, nevertheless significant susceptibility differences among varieties were found but new trials should be made before having sound conclusions. A generalized severe attack of rust was detected showing a new, not previously identified, field of work to be investigated in Galicia.

**Key words:** *Zea mays* L., disease, fungus, northern leaf blight, rust.

## REDISEÑO DEL MARCO DE SIEMBRA EN MAÍZ FORRAJERO

BLAS MORENTE<sup>1,2</sup>, P. BARREIRO ELORZA<sup>2</sup>, G.S. DIAS DA COSTA<sup>1,2</sup>, H. GRIEPENTROG<sup>3</sup> y C.G. HERNÁNDEZ DÍAZ-AMBRONA<sup>1\*</sup>

### RESUMEN

El marco de siembra tradicional del maíz forrajero está condicionado por el ancho de las ruedas del tractor, en el cual la separación entre filas de siembra es cinco veces la separación entre plantas, lo que genera una baja competencia con malas hierbas ya que el cultivo tarda en cubrir completamente el suelo. Los nuevos prototipos de micro-máquinas que se están diseñando para los tratamientos herbicidas de post-emergencia en maíz facilitarían la modificación del marco de siembra. El objetivo es comprobar la eficacia de nuevos marcos de siembra. Durante 2010 se realizaron ensayos de siembra de maíz forrajero en Madrid y Copenhague. El tratamiento principal fue el marco de siembra: tradicional de 75 cm x 15 cm y de 75 cm x 13 cm; y marco nuevo más cuadrado de 37,5 cm x 30 cm y 32 cm x 32 cm, respectivamente en Madrid y Copenhague; considerándose dos sub-tratamientos: aplicación y no aplicación de herbicida en preemergencia. En ambos casos la producción de biomasa de la parte aérea fue mayor en el nuevo marco. Además, el nuevo marco mostró una mayor eficacia en el control de las malas hierbas por lo que podría reducirse el uso de herbicidas en su cultivo. Habrá que poner a punto las nuevas máquinas para que estos marcos puedan llevarse a cabo en fincas comerciales.

**Palabras clave:** *Zea mays*, herbicidas, malas hierbas, robótica.

### INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L.) es hoy en día el cultivo forrajero más importante para vacuno en Europa (Bertoia, 2010). Pero independientemente de los distintos climas, y por tanto manejos, en los que el maíz forrajero es cultivado, hay un factor bastante común: el marco de siembra. Dicho marco se basa en una separación entre líneas de cultivo de 70 cm a 80 cm, y entre plantas de 12 cm a 15 cm, para obtener densidades que varían entre 7 y 12 plantas por metro cuadrado (densidades mayores se alcanzan con los nuevos híbridos con formas más erectas). Pero, ¿es dicho marco el óptimo para el crecimiento y rendimiento final

<sup>1</sup> Grupo de Sistemas Agrarios AgSystems, Departamento de Producción Vegetal: Fitotecnia. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos, Universidad Politécnica de Madrid, Ciudad Universitaria s/n, E-28040 Madrid (España).

<sup>2</sup> Physical Properties and Advanced Technology in Agrofood, Departamento de Ingeniería Rural. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos, Universidad Politécnica de Madrid.

<sup>3</sup> Faculty of Life Sciences (LIFE), University of Copenhagen (KU), Dinamarca.

\* [carlosgregorio.hernandez@upm.es](mailto:carlosgregorio.hernandez@upm.es)

del maíz forrajero? Con marcos de siembra más cuadrados Maddonni *et al.* (2001) han demostrado un incremento de la intercepción de la radiación solar, lo mismo que consiguieron Begna *et al.* (2001) con una reducción de la separación entre líneas. Se han obtenido resultados similares en otros factores como eficiencia de absorción de nutrientes por la planta (Cox y Cherney, 2001) o la absorción de agua del suelo (Mohammed y Gumbs, 1982). Los marcos cuadrados y con menos distancia entre líneas han demostrado una mayor eficiencia en la lucha contra malas hierbas mediante competencia (Smith *et al.*, 2004; Acciaresi y Chidichimo, 2007), observándose también mejoras en el rendimiento y producción forrajera del cultivo (Bullock *et al.*, 1988; Barbieri *et al.*, 2008). Por lo que esos nuevos marcos pueden ser interesantes en una agricultura de bajos insumos y más respetuosa con el medio ambiente.

El objetivo de este estudio será demostrar si un nuevo marco de plantación más cuadrado puede afectar positivamente al crecimiento y productividad final del cultivo de maíz forrajero.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Durante la primavera-verano de 2010 se llevaron a cabo dos experimentos en campo con maíz forrajero en dos zonas climáticas bien diferenciadas Madrid (España) y Copenhague (Dinamarca). El experimento de Madrid fue realizado en los Campos de Prácticas de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos de la Universidad Politécnica de Madrid (40° 26' 31''N, 3° 44' 29'' O, 594 msnm), y el de Copenhague fue realizado en la Campos de Prácticas de la *Faculty of Life Sciences* de la *University of Copenhagen* (55° 40' 04''N, 12° 18' 25''E, 25 msnm).

En Madrid se establecieron dos marcos de siembra, un marco tradicional con las medidas de 75 cm entre líneas de cultivo y de 15 cm entre plantas; y otro, el nuevo marco de siembra más cuadrado, colocando una nueva fila entre líneas, es decir basándose en una separación entre líneas de 37,5 cm y entre plantas de 30 cm, en ambos casos la densidad de siembra fue de 8,9 plantas/m<sup>2</sup>. En Dinamarca el marco tradicional fue de 75 cm de separación entre líneas y 13 cm entre plantas, y el nuevo marco cuadrado fue de 32 cm entre líneas y 32 cm entre plantas, con una densidad de siembra de 10,3 plantas/m<sup>2</sup> y 9,8 plantas/m<sup>2</sup> respectivamente. Se dieron dos tratamientos en el manejo de herbicidas con mochila: aplicando el herbicida de forma tradicional (una aplicación en preemergencia y otra en post-emergencia del cultivo) y otro reduciendo el número de aplicaciones de herbicidas (una única aplicación de post-emergencia del cultivo en Madrid y ninguna en Copenhague). Las características del itinerario tecnológico se presentan en la *Tabla 1*. Para cada zona se habilitaron cuatro parcelas: marco tradicional con uso de herbicidas (T-herb), marco tradicional con reducción en el uso de herbicidas (T-mh), marco nuevo con uso de herbicidas (N-herb) y marco nuevo con reducción en el uso de herbicidas (N-mh).

En Copenhague la superficie total del ensayo fue de 1224 m<sup>2</sup> (60 m de largo y 20,4 m de ancho). La variedad utilizada fue 'NK Bull', de Syngenta, ciclo FAO 200. Durante las nueve primeras semanas de cultivo, se recogieron en las cuatro parcelas datos semanales de temperatura de suelo (entre líneas y entre plantas), humedad (entre líneas y entre plantas), altura de la planta, nivel de nutrientes, número de hojas por planta y número de malas hierbas por metro cuadrado, recogiendo tres muestras al azar en cada uno de los tratamientos. En la cosecha se obtuvieron los datos correspondientes a la biomasa total de la parte aérea.

En Madrid la superficie total del ensayo fue de 450 m<sup>2</sup> (30 m de largo por 15 m de ancho). La variedad utilizada fue 'PR33Y74', de la empresa Pioneer de Dupont, con ciclo FAO 600. Se tomaron datos de temperatura del aire, precipitación y radiación solar, se realizaron fotografías de la evolución de las plantas en cada parcela durante las primeras siete

**Tabla 1. Itinerario tecnológico de labores en el cultivo de maíz forrajero realizado en los experimentos de campo de Copenhague y Madrid durante 2010**

Labor	Fecha	Maquinaria	Dosis	Características y descripción
<b>Copenhague</b>				
Siembra	4-mayo	Sembradora precisión	10,25 plantas/m <sup>2</sup>	Todas las parcelas marco 75x13 cm Repicado manual para dejar 32x32
Fertilización	26-mayo	Abonadora monograno	400 kg/ha	NPK 20-10-0
Fertilización	14-junio	Abonadora monograno	400 kg/ha	NPK S Mg 21-3-10-4-1
Herbicidas	15-junio	Pulverizador hidráulico	50 L/ha	Postemergencia: Foramsulfuron 300 + iodosulfuron 10 g, en T-herb y N-herb
Cosecha	06-octubre	Cosechadora Stanhay		
<b>Madrid</b>				
Siembra	12-mayo	Sembradora precisión	8,9 plantas/m <sup>2</sup>	En marco tradicional 75 x 13 cm, y siembra manual en 37,5 x 26 cm
Fertilización	13-mayo	Manual	350 kg/ha	NPK 13-11-18
Riego	semanal	Cobertura total	15 mm	Por aspersión, dos veces por semana hasta cosecha
Herbicidas	20-mayo 15-junio	Pulverizador de mochila	4 L /ha 60 g/ha	Preemergencia: Acetocloro 41% + Terbutilazina 19,5% en T-herb y N-herb Postemergencia: Rimsulfuron, en todas las parcelas
Cosecha	28-septiembre	Cosechadora maíz		

semanas, para un posterior análisis de imagen de evolución de cobertura vegetal mediante el programa MATLAB 7.0 (Mathworks Inc). El 28 de septiembre se procedió a la cosecha y análisis de biomasa, altura, peso en grano y malas hierbas, tomado tres muestras aleatorias de un metro cuadrado en cada uno de los tratamientos y recolectando 10 plantas en cada uno de ellos.

Los resultados del rendimiento de biomasa seca de Madrid y Copenhague se sometieron al análisis de varianza ANOVA mediante el programa STATISTICA 6.0 (StatSoft Inc, Tulsa USA).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La producción de forraje fue mayor en los nuevos marcos de siembra. En Madrid el marco nuevo alcanzó una producción media de forraje de 26 010 kg de materia seca/ha, mientras el marco tradicional se quedó en 20 130 kg/ha, siendo el efecto marco de siembra, según el análisis ANOVA (Tabla 2), significativo ( $F= 11,7$ ;  $p<0,01$ ). En Copenhague también el nuevo marco dio más producción, 13 804 kg/ha frente a 11 774 kg/ha del tradicional ( $F= 6,8$ ;  $p<0,05$ ).

El tratamiento con aplicación de herbicidas en Madrid alcanzó una producción media de 26 033 kg/ha mientras el tratamiento con reducción de herbicidas fue de 20 107 kg/ha ( $F= 11,9$ ;  $p<0,01$ ). En Copenhague el tratamiento con herbicidas dio una producción de 15 688 kg/ha y la producción en el tratamiento sin aplicar herbicidas fue de 9 890 kg/ha ( $F= 55,7$ ;  $p <0,01$ ).

En Copenhague el tratamiento que alcanzó el mayor rendimiento de biomasa seca por hectárea se corresponde con el ensayo del nuevo marco de plantación con aplicación de herbicidas (N-herb= 16 023 kg/ha), mientras que el menor valor obtenido corresponde al marco tra-

dicional sin uso de herbicidas (T-mh= 8 195 kg/ha) duplicándose la diferencia entre ambos (Figura 1). Al igual que en Copenhague, el nuevo marco con aplicación de herbicidas logró el máximo rendimiento en Madrid (N-herb= 34 127 kg/ha), siendo una vez más el tradicional con reducción de herbicidas el que presentó peores resultados (T-mh= 20 845 kg/ha).

Tabla 2. Resultados del análisis de varianza (ANOVA) para la producción de biomasa seca en maíz forrajera obtenida en Copenhague y Madrid durante 2010

Componente	Copenhague		Madrid	
	F	p	F	p
Marco de siembra	6,8	*	11,7	**
Tratamiento herbicida	55,7	**	11,9	**
Marco x tratamiento	3,1	ns	2,9	ns

ns, no significativo; \* p<0,05; \*\* p<0,01.

Los resultados de Copenhague mostraron un incremento del 41% de producción en materia seca de la biomasa aérea (kg/ha) en el marco nuevo respecto al tradicional cuando no se aplican herbicidas, y del 4% más cuando se emplean herbicidas. Sin embargo, en Madrid hubo un 40% más de producción en el tratamiento del nuevo marco con herbicidas, y de un 17% en el tratamiento del nuevo marco con reducción en la aplicación de herbicidas.

Los resultados obtenidos concuerdan con los obtenidos por Bullok *et al.* (1988), donde se obtuvo igualmente un incremento en biomasa del cultivo de maíz con marcos más cuadrados. También, coinciden con los mostrados por Barbieri *et al.* (2008) que presentó un significativo aumento en biomasa seca con marcos separados 35 cm respecto a los separados por 75 cm. En cambio se observan diferencias con los resultados de Cox *et al.* (1998) donde el incremento del rendimiento en marcos cuadrados, con separación de 38 cm, fue sólo del 4% y con los de Beres *et al.* (2008), que no obtuvieron un cambio significativo al reducir la separación entre líneas de cultivo.

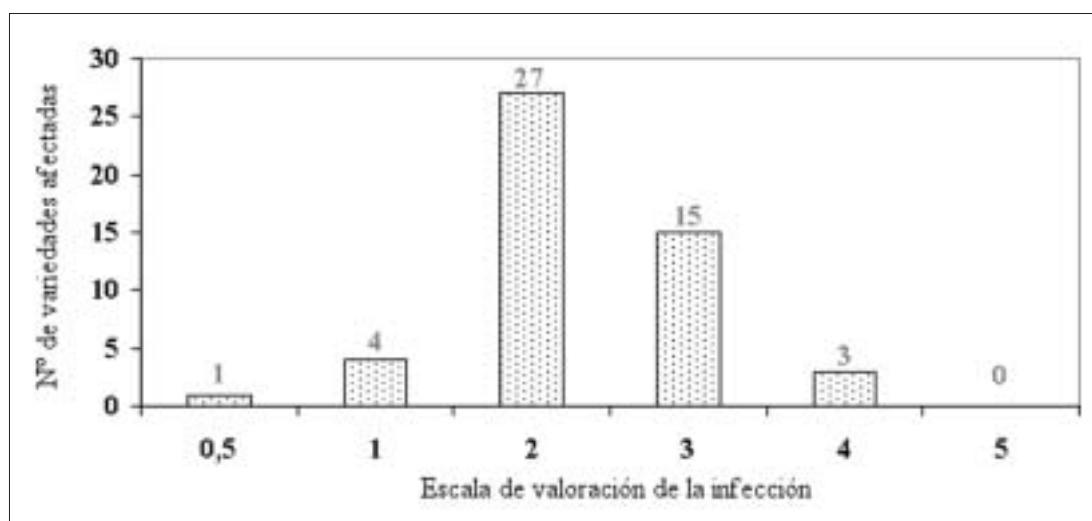


Figura 2. Producción de biomasa total de la parte aérea del maíz en materia seca (kg/ha) en Madrid y Copenhague. Para los tratamientos: tradicional con herbicida (T-herb), tradicional con reducción de herbicidas (T-mh), nuevo con herbicida (N-herb) y nuevo con reducción de herbicida (N-mh), las barras de error recogen el intervalo de confianza al nivel de probabilidad del 0.95.



La selección de los marcos actuales de siembra es resultado del proceso de mecanización actual que puede ser superado en un futuro a medio plazo si resulta viable la construcción de pequeñas máquinas autónomas inteligentes (robots), capaces de desplazarse por el cultivo en marcos más estrechos, aplicando estrategias de escarda selectiva más respetuosas con el medio ambiente.

## CONCLUSIONES

Los resultados demuestran que los patrones de siembra más cuadrados favorecen significativamente la producción de biomasa aérea del cultivo de maíz forrajero en condiciones muy diversas, comparado con los marcos tradicionales rectangulares. Los experimentos de campo llevados a cabo simultáneamente en Madrid y Copenhague en 2010 muestran un claro incremento de biomasa aérea seca en maíz forrajero en los nuevos marcos. El uso de herbicidas resultó más necesario en el marco tradicional que en el nuevo, donde el maíz compite en mejores condiciones con las malas hierbas, dado que afectan a condiciones micro-climáticas como temperatura y humedad del suelo a nivel de planta. Este aspecto será abordado en próximos estudios.

## Agradecimientos

El programa de ERASMUS ha facilitado la estancia de Alejandro Blas en la *Faculty of Life Sciences* de la *University of Copenhagen* para la realización de su trabajo fin de carrera (máster). Agradecimiento también al personal de campo que ha participado en este estudio y a las empresas Dupont Ibérica y Syngenta por facilitar el material. Proyecto de la Comunidad de Madrid AGRISOST S2009/AGR-1630.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACCIARESI, H. A.; CHIDICHIMO, H. O., 2007. Spatial patten effect on corn (*Zea mays*) weeds competition in the humid Pampas of Argentina. *International Journal of Pest Management*, **53**, 195-206.
- BARBIERI, P.A.; ECHEVERRÍA, H. E.; SAÍNZ ROZAS, H. R.; ANDRADE, F.H., 2008. Nitrogen use efficiency in maize as affected by nitrogen availability and row spacing. *Agronomy Journal*, **100**, 1094-1100.
- BEGNA, S. H.; HAMILTON, R. I.; DWYER, L. M.; STEWART, D. W.; CLOUTIER, D.; ASSEMAT, L.; FOROUTAN-POUR, K.; SMITH, D. L., 2001. Weed biomass production response to plant spacing and corn (*Zea mays*) hybrids differing in canopy architecture. *Weed Technology*, **15**, 647-653.
- BERES, B.L.; BREMER, E.; VAN DASSELAAR, C., 2008. Response of irrigated corn silage to seeding rate and row spacing in souhtern Alberta. *Canadian Journal of Plant Science*, **88**, 713-716.
- BERTOIA, L. M., 2010. *Algunos conceptos para el cultivo de maíz para ensilaje*. Biblioteca la gran comunidad lacteal, Infortambo, Buenos Aires (Argentina). Disponible en <http://www.infortambo.com.ar> verificado 14 mayo 2010.
- BULLOCK, D. G.; NIELSEN, R. L.; NYQUIST, W.E., 1988. A growth analysis comparison of corn grown in conventional and equidistant plant spacing. *Crop Science*, **28**, 254-258.
- COX, W.J.; CHERNEY, D. jr., 2001. Row spacing, plant density, and nitrogen effects on corn silage. *Agronomy Journal*, **93**, 597-602.
- COX, W.J.; CHERNEY, D. jr.; HANCHAR, J. J., 1998. Row spacing, hybrid, and plant density effects on corn silage yield and quality. *Journal of Production Agriculture*, **11**, 128-134.
- MADDONNI, G.A.; CHELLE, M.; DROUET, J.-L.; ANDRIEU, B., 2001. Light interception of contrasting azimuth canopies under square and rectangular plant spatial distributions:

simulations and crop measurements. *Field Crops Research*, **70**, 1-13.

MOHAMMED, A.; GUMBS, F.A., 1982. The effect of plant spacing on water runoff, soil erosion and yield of maize (*Zea mays* L.) on a steep slope of an ultisol in Trinidad. *Journal of Agricultural Engineering Research*, **27**, 481-488.

SMITH, C. W.; BETRÁN, J.; RUNGE, E.C.A., 2004. *Corn: Origin, History, Technology, and Production*. John Wiley y Sons, INC., Hoboken, New Jersey (EE.UU.).

## REDESIGN OF SOWING PATTERN IN FORAGE MAIZE

### SUMMARY

The traditional sowing of forage maize depend on equipment type, where sowing rows is five times the separation between plants, which generates a bad competition with weeds since the crop delayed to cover the soil. The new prototypes of micro-machines that are designing for post-emergence treatments in maize would facilitate the modification of the sowing patterns. The objective is to verify the effectiveness of new patterns of sowing. The experiment was carried out in Madrid and Copenhagen during 2010. A completely randomized design was used with a 2 x 2 factorial arrangement based on two sowing seed patterns: traditional (rectangular) and new (square) and two weed managements. The main treatment was the sowing patterns: one traditional of 75 cm x 15 cm and the new of 37.5 cm x 30 cm in Madrid; and 75 cm x 13 cm and the new of 32 cm x 32 cm in Copenhagen; and two herbicides management with application of herbicides in pre and post emergence and with application only in post-emergence. In both cases and locations the production of aerial biomass was greater in the new seed patterns. In addition the new pattern showed a greater effectiveness in the control of weeds, by this reason the use of herbicides could be reduced. It will be necessary to complete the new machines so that the new patterns can be carried out in farms.

**Key words:** *Zea mays*, herbicides, weeds, robotics.

## EVALUACIÓN AGRONÓMICA DE VARIEDADES LOCALES DE MAÍZ EN UN SISTEMA DE AGRICULTURA SOSTENIBLE

L. CAMPO RAMÍREZ, A.B. MONTEAGUDO y J. MORENO-GONZÁLEZ\*

### RESUMEN

Siguiendo con los estudios presentados en el año 2010 se ha desarrollado un ensayo dónde se han evaluado treinta y dos genotipos de maíz en tres sistemas de producción (SP): laboreo convencional con fertilización mineral (LC) y manejo sostenible fertilizado con purín de vacuno (PV) y purín de cerdo (PC), a fin de comparar los efectos del SP en la producción y los caracteres agronómicos de los genotipos evaluados, evaluar la interacción genotipo x año y determinar los mejores genotipos. En la evaluación del año 2010 han destacado por sus altas producciones de materia seca (PMS) en los tres SP los genotipos "Berastegui", "Guernika" y "Azpeitia". En el análisis combinado la más alta PMS fue para LC, 12,9 t/ha, seguido de PV con 11,5 t/ha y PC con 10,7 t/ha, con diferencias significativas entre el laboreo convencional y el manejo sostenible fertilizado con purín de cerdo. "Oia", "Covelo" y "Mondariz", junto a "Berastegui", "Guernika" y "Azpeitia" (evaluadas sólo un año), parecen ser una buena alternativa forrajera en una agricultura sostenible. Las variaciones fenotípicas encontradas entre los años para los parámetros de producción deben ser atribuidas a efectos ambientales.

**Palabras clave:** *Zea Mays* L., purín, producción de materia seca.

### INTRODUCCIÓN

La complicada situación actual de las explotaciones ganaderas generada por los bajos precios de la leche ha forzado al sector a la reducción de costos y a aprovechar al máximo los recursos propios de la explotación. La utilización de los residuos orgánicos generados en la propia explotación ganadera como fertilizante constituye una oportunidad para transitar hacia la sostenibilidad ambiental y económica (Mangado *et al.*, 2009). Se impone la búsqueda de forrajes altamente energéticos para los periodos donde el pasto es escaso y la reducción de costos para su producción. La utilización de variedades locales (VL) de maíz adaptadas a las condiciones edafoclimáticas propias de la región húmeda del Norte de España, su fácil multiplicación para la obtención de semilla y sus costes de producción razonables, hace que sean una alternativa válida en una agricultura sostenible.

Partiendo de estas premisas en el año 2009 (Campo *et al.*, 2010), se evaluaron va-

---

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

riedades locales y material más avanzado de mejora a fin de encontrar genotipos competitivos en un manejo sostenible utilizando los propios recursos generados en la explotación, los purines. En el año 2010 se han evaluado 29 variedades locales adicionales con el fin de llevar a cabo los siguientes objetivos: (1) realizar una evaluación agronómica y de producción en un sistema de laboreo convencional fertilizado con abono inorgánico y dos sistemas de manejo sostenible y fertilización orgánica, (2) determinar los mejores genotipos en los tres SP y (3) estudiar los distintos tipos de interacción: año x genotipo, SP x genotipo y año x SP.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Los ensayos se realizaron en una finca de Mabegondo (A Coruña) en los años 2009 y 2010, en un sistema con una carga ganadera de aproximadamente 2 vacas/ha. El diseño experimental fue un Split-plot con tres repeticiones donde las parcelas principales (460 m<sup>2</sup>) representaron el sistema de producción: laboreo convencional fertilizado con abono mineral (LC), manejo sostenible fertilizado con purín de vacuno (PV) y manejo sostenible fertilizado con purín de cerdo (PC). Las subparcelas (12,8 m<sup>2</sup>) fueron los genotipos de maíz. En el año 2009 se evaluaron 16 genotipos y en el año 2010, 32 genotipos de maíz (29 VL y 3 híbridos comerciales utilizados como testigos). Ocho de ellos pertenecientes a la colección nuclear de variedades de maíz de la Unión Europea, EUMLCC. Los híbridos testigos y siete de las VL evaluadas fueron comunes en ambos años (Tabla 1).

El cultivo precedente en el año 2009 fue de una mezcla de guisante-triticale (Campo *et al.*, 2010) y en el año 2010 permaneció en barbecho por circunstancias meteorológicas adversas a la siembra. El abonado mineral en LC en el año 2010 se realizó mediante dos aplicaciones, 125 kg N/ha en siembra (triple 15-15-15) y 75 kg N/ha en cobertera (urea 46%), cuando la planta de maíz tenía de 4 a 5 hojas. El herbicida que se aplicó en siembra fue Lanceiro (acetocloro 45% + terbutilazina 21,4%) a una dosis de 4 l/ha.

Tabla 1. Procedencia y pedigree de los genotipos evaluados en el año 2010

Genotipo	Origen	Genotipo	Origen
Izoria*	Variedad local BG CIAM Alava	Arzúa	Variedad local BG CIAM A Coruña
Pontearreas*	Variedad local BG CIAM Pontevedra	Teo	Variedad local BG CIAM A Coruña
NK THERMO*	Testigo oficial OEVV	Aranga	Variedad local BG CIAM A Coruña
ANJOU 290*	Testigo oficial OEVV	Monfero	Variedad local BG CIAM A Coruña
Oia*	Variedad local BG CIAM Pontevedra	Irixoa	Variedad local BG CIAM A Coruña
Mondariz*	Variedad local BG CIAM Pontevedra	Begonte	Variedad local BG CIAM Lugo
Lira*	Variedad local BG CIAM A Coruña	Sarria	Variedad local BG CIAM Lugo
Covelo*	Variedad local BG CIAM Pontevedra	Amurrio	Variedad local BG CIAM Alava
H1*	Híbrido experimental CIAM.	Llodio	Variedad local BG CIAM Alava
Ataún*	Variedad local BG CIAM Guipuzcoa	Fika	Variedad local BG CIAM Vizcaya
Aranga	Variedad local BG CIAM A Coruña	Azpeitia	Variedad local BG CIAM Guipuzcoa
Boimorto	Variedad local BG CIAM A Coruña	Guernika	Variedad local BG CIAM Vizcaya
Berastegui	Variedad local BG CIAM Guipuzcoa	Markina	Variedad local BG CIAM Vizcaya
Camariñas	Variedad local BG CIAM A Coruña	Dumbria	Variedad local BG CIAM A Coruña
Negreira	Variedad local BG CIAM A Coruña	Sendelle	Variedad local BG CIAM A Coruña
San Sadurniño	Variedad local BG CIAM A Coruña	Forcarei	Variedad local BG CIAM Pontevedra

\*genotipos evaluados en 2009 y 2010.

En función de las dosis de purín aplicadas, las aportaciones de abono orgánico en el manejo sostenible, fueron las siguientes:

PV: Purín de vacuno aplicado a una dosis de 57 m<sup>3</sup>/ha en la siembra e inyectado a 25-30 cm de profundidad. La fertilización final fue de 180 kgN/ha, 69 kgP<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha y 213 kgK<sub>2</sub>O/ha.

PC: Purín de cerdo aplicado a una dosis de 85 m<sup>3</sup>/ha en la siembra e inyectado a 25-30 cm de profundidad. La fertilización final fue de 200 kgN/ha, 69 kgP<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha y 197 kgK<sub>2</sub>O/ha.

En ninguno de estos dos SP se aplicaron herbicidas o insecticidas. Para el control de malas hierbas se realizó un gradeo con grada de púas "Verticator" cuando la planta de maíz tenía una altura de 4-5 cm y una posterior escarda con cultivador "Guerra" cuando la altura de la planta era de 15 a 20 cm.

La siembra se realizó con una sembradora de precisión con una densidad final de 9 pl/m<sup>2</sup>. En la fase vegetativa se tomaron datos de vigor tardío (VTA) en una escala de 1(peor) a 5(mejor), floración femenina y masculina en días transcurridos desde la siembra hasta la floración (FFEM y FMAS). En la cosecha se tomaron los datos de producción de materia seca (PMS) en t/ha. El contenido de materia seca (MS) se determinó por desecación en estufa de aire forzado a 80°C durante 16 h en una muestra de 300g.

En el análisis estadístico se realizó un análisis combinado para los dos años, los diez genotipos comunes y los tres SP utilizando el programa PROC GLM del programa SAS 9.2 (SAS, 2008). Los años, los genotipos y las repeticiones fueron considerados efectos aleatorios mientras que los SP fueron evaluados como efecto fijo. La separación de medias entre SP y genotipos se realizó mediante el test LSD cuando se obtenía un test F significativo (p<0,05) en el ANOVA.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el análisis estadístico del año 2010 (*Tabla 2*), encontramos diferencias significativas entre los SP en el vigor tardío y materia seca y no en las floraciones ni en la producción de materia seca. La mayor producción se alcanza con LC (10,09 t/ha), seguido de PV, con 8,83 t/ha y por último PC con 8,73 t/ha, aunque las diferencias entre SP no fueron significativas, lo que confirma que el descenso en la producción en las parcelas fertilizadas con purín frente a las de abonado químico tiende a atenuarse en función de los años que se lleve aplicando regularmente el abono orgánico. Mijancos *et al.* (2010) tampoco encontraron diferencias significativas entre el abonado orgánico con purín de vacuno y el abono mineral e incluso consiguieron mayores producciones en el primer caso. En otros estudios también se ha encontrado unas producciones ligeramente inferiores en fertilizaciones con purín de vacuno frente al mineral en pastos (Mangado *et al.*, 2009) y maíz (Campo *et al.*, 2010).

*Tabla 2.* Caracteres agronómicos y de producción en tres sistemas de producción (SP)

	2010 (32 genotipos)					2009-2010 (10 genotipos)				
	LC	PC	PV	LSD	s.e	LC	PC	PV	LSD	s.e
<b>VTA</b>	3,07 b	3,22 b	3,75 a	0,42	*	3,43	3,58	3,73	-	ns
<b>FFEM</b>	74,41	74,75	72,99	-	ns	77,30	77,23	77,22	-	ns
<b>FMAS</b>	71,55	71,41	70,21	-	ns	76,23	75,56	75,98	-	ns
<b>MS</b>	26,20 b	31,48 a	31,21 a	1,71	**	31,10	34,99	32,33	-	ns
<b>PMS</b>	10,09	8,73	8,83	-	ns	12,94 a	10,72 b	11,48 ab	1,88	**

VTA: vigor tardío (escala 1 a 5); FFEM, FMAS: floración femenina y masculina (días); MS: materia seca (%); PMS: producción de materia seca (t/ha). LC: laboreo convencional fertilizado con abono inorgánico; PC y PV: manejo sostenible fertilizado con purín de cerdo y vacuno respectivamente. LSD: mínimas diferencias significativas entre SP (P<0,05; \*\* P<0,01; \*\*\* P<0,001); ns: no significativo (P>0,05).

En la *Tabla 3* se presentan los datos de PMS en cada SP, siendo el testigo “Nkthermo” el que obtuvo mejores producciones en los tres SP. En PV “Nkthermo” con 14,3 t/ha y “Berastegui” con 12,9 t/ha no fueron significativamente diferentes y en tampoco las diferencias fueron significativas entre “Nkthermo” (12,9 t/ha) y las VL “Guernika”, “Berastegui” y “Azpeitia”, todas ellas con producciones superiores a las 11 t/ha. En los tres SP han destacado por sus altas PMS las VL “Berastegui”, “Guernika” y “Azpeitia”.

*Tabla 3.* Producción de materia seca (t/ha) de 32 genotipos de maíz bajo tres sistemas de producción. Año 2010

Genotipos	LC	PV	PC	Genotipos	LC	PV	PC
Aranga	11,14	10,66	9,67	Amurrio	9,75	10,55	10,36
Boimorto	7,29	6,48	6,90	Llodio	9,98	8,31	7,42
Berastegui	12,55	12,88	11,37	Ataun	11,44	9,82	9,38
Camarillas	7,98	7,08	7,14	Fika	9,19	9,62	8,50
Negreira	9,28	9,32	9,66	Anjou 290	12,11	9,51	11,52
San Sadurniño	10,16	8,27	8,85	Azpeitia	12,42	10,65	11,02
Nkthermo	15,07	14,32	12,94	Guernika	12,58	10,70	11,72
Arzia	8,25	5,74	7,14	Markina	10,61	8,34	9,21
Teo	7,38	7,66	6,51	Dumbria	7,84	6,63	8,08
Lira	10,12	8,45	8,76	Sendelle	9,17	9,48	8,63
Aranga-Vila	9,27	5,34	6,49	Ponteareas	10,83	8,60	9,12
Monfero	7,11	6,06	6,14	Forcarei	8,79	8,24	7,14
Irixoa	9,56	9,25	6,93	Mondariz	13,08	10,88	8,05
Begonte	9,44	7,56	6,97	Covelo	9,28	7,80	8,29
Sarría	8,39	8,51	8,04	H1	11,71	6,93	9,21
Izoria	11,83	9,72	8,54	Oia	9,19	9,19	9,77
Media VL	10,19	8,92	8,79	s.e	***	***	***
Media híbridos	12,96	10,25	11,22	LSDg	1,98	2,47	1,96

LC: sistema de producción convencional fertilizado con abono inorgánico; PC y PV: sistema de manejo sostenible fertilizado con purín de cerdo y vacuno respectivamente. VL: variedades locales, s.e: significación estadística \*\*\* $p < 0,001$ . LSDg: mínimas diferencias significativas entre genotipos ( $p < 0,05$ )

### Análisis combinado

En el análisis combinado de los dos años sólo hallamos diferencias significativas entre los SP para PMS y la interacción SP x genotipo fue significativa para VTA y PMS ( $p < 0,05$ ) (*Tabla 4*). La producción más alta se alcanzó en el LC (12,9 t/ha), seguido de PV (11,5 t/ha) y, por último, PC con 10,7 t/ha (*Tabla 2*), siendo las diferencias significativas entre el laboreo convencional y el manejo sostenible fertilizado con purín de cerdo. El vigor y las floraciones fueron similares en los tres SP. La MS fue ligeramente más alta en los sistemas de fertilización orgánica, aunque las diferencias entre SP no fueron significativas, ya que la interacción año x SP es altamente significativa para este carácter. Martínez *et al.* (2009) también encontraron diferencias significativas en la producción de híbridos de maíz en un sistema convencional frente a un sistema ecológico fertilizado con estiércol y no hallaron interacción significativa año x SP en la producción.

Las diferencias entre los genotipos no son significativas ni para VTA, ni PMS (*Tabla 4*) pero si encontramos diferencias significativas entre los años, lo que indica que las variaciones fenotípicas observadas para estos caracteres deben ser atribuidas en gran medida a efectos ambientales. Las interacción más importante encontrada en todos los caracteres evaluados han sido Año\*genotipo y Año\*Sp. La interacción SP\*genotipo fue significativa en VTA y PMS lo que indica que ciertos genotipos tienen mayor producción y vigor en unos SP que en otros.

Tabla 4. Cuadrados medios de la producción de materia seca (PMS) y los caracteres agronómicos de diez genotipos de maíz

Fuente variación	gl	VTA	FFEM	FMAS	MS	PMS
Año	1	54,45 ***	154,94 ns	12,27 ns	2296,0 ***	422,47 ***
Repetición(año)	4	0,87 *	11,24 *	13,24 *	46,11 ***	8,73 *
SP	2	1,35 ns	0,12 ns	6,81 ns	236,52 ns	76,14 **
Genotipo	9	4,99 ns	213,89 *	215,74 ***	68,85 *	14,14 ns
SP*genotipo	18	0,89 *	6,09 ns	5,76 ns	6,87 ns	8,37 *
Año*SP	2	0,95 *	31,61 ***	40,84 **	188,21 ***	9,46 **
Año*genotipo	9	2,26 ***	65,88 ***	31,20 ***	26,08 **	14,20 ***
Error	134	0,41	5,94	6,01	9,63	3,92
LSD		-	6,12	4,21	3,85	-

VTA: vigor tardío (escala 1 a 5); FFEM, FMAS: floración femenina y masculina (días); MS: materia seca (%); PMS: producción de materia seca (t/ha). SP: sistema de producción. LSD: mínimas diferencias significativas entre genotipos ( $P < 0,05$ ). Niveles de significación: \*  $P < 0,05$ ; \*\*  $P < 0,01$ ; \*\*\*  $P < 0,001$ ; ns: no significativo ( $P > 0,05$ ). gl: grados de libertad.

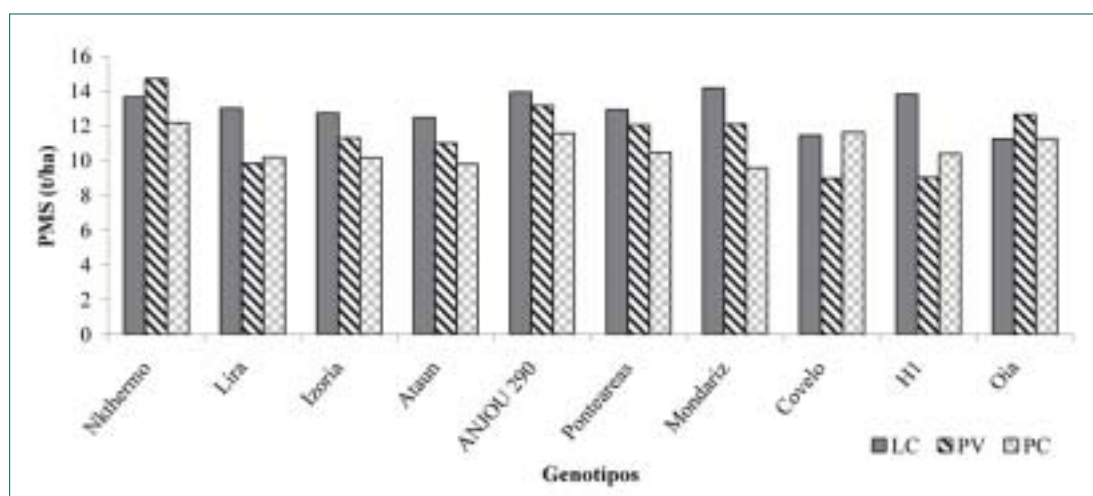


Figura 1: Producción de materia seca de diez genotipos de maíz evaluados en dos sistemas de producción sostenible (PV y PC) y un sistema de laboreo convencional (LC) en dos años.

Al analizar la PMS en los tres sistemas y los dos años observamos que "Mondariz" con 14,2 t/ha, obtiene mayor producción que el mejor de los híbridos testados ("Anjou250" con 13,9 t/ha) en LC (Figura 1). En la fertilización orgánica la más alta PMS fue en ambos casos para el híbrido "Nkthermo" con 14,7 y 12,2 t/ha en PV y PC respectivamente, aunque en ninguno de los casos las diferencias fueron significativas entre los genotipos. En PV las VL más productivas fueron, "Oia" con 12,7 t/ha y "Mondariz" y "Pontearreas" con 12,1 t/ha en ambos casos. En PC "Covelo" obtuvo una PMS de 11,6 t/ha, "Oia" 11,3 t/ha y "Pontearreas" 10,5 t/ha.

## CONCLUSIONES

En la evaluación de variedades locales del año 2010 "Berastegui", "Guernika" y "Azpeitia" han alcanzado producciones superiores a 10,5 t/ha en los tres SP, siendo las diferencias entre genotipos significativas.

Tanto en el año 2009, 2010, como en el análisis combinado de los dos años, existe una tendencia de mayor producción y menor contenido de materia seca en laboreo conven-

cional frente a manejo sostenible. Estas diferencias son significativas para PMS pero no para MS debido a la alta interacción Año\*SP.

Las variaciones fenotípicas encontradas entre los años para los parámetros de producción deben ser atribuidas a efectos ambientales. La interacción significativa SP\*genotipo en la producción de materia seca indica diferente comportamiento de los genotipos en los tres SP.

Varias variedades locales han obtenido producciones similares a los híbridos testados, por lo tanto, pueden ser una buena alternativa para la producción de forraje en una agricultura sostenible.

## Agradecimientos

Los autores agradecen la financiación recibida de las Acciones de Transferencia de Tecnología Agroforestal (09/08 y 10/36) de la Xunta de Galicia y al proyecto RFP2008-00005 del INIA.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CAMPO, L.; MONTEAGUDO, A.B.; MORENO-GONZÁLEZ, J., 2010. Evaluación agronómica de genotipos de maíz forrajero para su introducción en cultivo ecológico. En: *Pastos: Fuente natural de energía*, A. CALLEJA SUÁREZ et al. (Eds.). Universidad de León. León (España), 127-133.
- MANGADO, J.M.; OIARBIDE, J.; BARBERÍA, A.; GRANADA, A., 2009. Eficiencia y efecto residual del nitrógeno contenido en el purín del vacuno de leche aportado sobre prados en ambiente atlántico. En: *La multifuncionalidad de los pastos: Producción ganadera sostenible y gestión de los ecosistemas*, R. REINÉ et al. (Eds.). Gráficas Alós. Huesca (España), 205-212.
- MARTINEZ-MARTINEZ, A.; PEDROL, N.; MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ, A., 2009. Maíz para ensilar cultivado en sistemas de producción convencional o ecológica. En: *La multifuncionalidad de los pastos: Producción ganadera sostenible y gestión de los ecosistemas*, R. REINÉ et al. (Eds.). Gráficas Alós. Huesca (España), 391-397.
- MIJANCOS, I.; GARBISU, C.; EPELDE, L.; GONZÁLEZ, J.A.; ALBIZU, I., 2010. Evolución de la producción de maíz forrajero y las propiedades biológicas del suelo durante cinco años bajo no laboreo y abonado con purín. En: *Pastos: Fuente natural de energía*, A. CALLEJA SUÁREZ et al. (Eds.). Universidad de León. León (España), 149-154.
- SAS Institute Inc., 2008. *SAS/Stat User's Guide, Version 8*, Cary INC: SAS Institute Inc.

## AGRONOMIC EVALUATION OF MAIZE LANDRACES IN A SYSTEM OF SUSTAINABLE AGRICULTURE

### SUMMARY

Following the studies presented in 2009, it has been developed a procedure where 32 genotypes were evaluated in three production systems (TS): conventional tillage with mineral fertilization (CT) and sustainable management fertilized with dairy slurry (DS) and pig slurry (PS). The aims of this work were, to compare the effects of TS on the yield and agronomic traits of genotypes, to evaluate the interaction genotype x environment, and to determine the best genotypes. Significant differences were found between years, but not among genotypes for dry matter yield. Three genotypes "Berastegui", "Guernica" and "Azpeitia" were distinguished in 2010 for dry matter yield over all TS. The average dry matter yield was 12.9 t/ha for CT, 11.5 t/ha for DS with and 10.7 t/ha for PS, differences between TS were significant. "Oia", "Covelo" and "Mondariz" with "Berastegui", "Guernica" and "Azpeitia" (assessed only a year) seem to be a good alternative forage in sustainable agriculture.

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



# COMPARACIÓN EN MAÍZ FORRAJERO DE LA FERTILIZACIÓN TRADICIONAL CON LOS NUEVOS FERTILIZANTES NITROGENADOS

M.I. GARCÍA POMAR, D. BÁEZ BERNAL, A. LOURO LÓPEZ y J. CASTRO INSUA\*

## RESUMEN

En los últimos años han aparecido nuevos fertilizantes nitrogenados, como son abonos con inhibidores de la nitrificación y abonos de liberación lenta, existiendo un gran desconocimiento sobre los mismos por parte de los agricultores y ganaderos. Para conocer en las explotaciones agroganaderas gallegas la efectividad de estos fertilizantes frente a los fertilizantes tradicionales (orgánicos y minerales), se estableció durante dos años un ensayo de abonos nitrogenados en maíz forrajero. El diseño del ensayo fue en bloques al azar con tres repeticiones. Hubo un testigo con 0 UF de N/ha, y el resto de los tratamientos con 200 UF de N/ha fueron: dos fertilizantes minerales tradicionales: 15-15-15 + urea y urea, dos fertilizantes orgánicos: purín de vacuno inyectado y purín de cerdo inyectado, dos fertilizantes con inhibidores de la nitrificación: DMPP y DCD y dos fertilizantes de liberación lenta.

El primer año sólo se encontraron diferencias significativas de producción y calidad con el tratamiento testigo, en el segundo año aparte de diferencias con el testigo, se encontraron diferencias significativas entre algunos de los tratamientos, tanto en producción como en calidad, comprobándose que las tendencias fueron semejantes a las del primer año.

**Palabras clave:** fertilizante mineral, fertilizante orgánico, purín, fertilizante de liberación lenta, inhibidor de la nitrificación.

## INTRODUCCIÓN

El sector del ganado vacuno lechero tiene una gran importancia en Galicia, siendo la primera comunidad autónoma productora de leche, con un 38 % del total nacional -2 304 millones de litros de leche- (Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, 2010). Dicha producción está asociada en la mayoría de los casos al uso en la alimentación de concentrados comprados y de forrajes producidos en la propia explotación (pradera y maíz forrajero). La fertilización de estos forrajes está basada en el uso de fertilizantes minerales y del purín generado en la explotación

En el proyecto europeo "Green Dairy" (Interreg IIIB nº 100) finalizado en el año 2006, en el que participaron 139 explotaciones ganaderas de vacuno de leche representativas de once regiones del Arco Atlántico, se constató en las explotaciones gallegas los segundos ma-

---

\* Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo. INGACAL. Xunta de Galicia, Apartado 10, 15080 A Coruña

yores excesos en el balance de nitrógeno con 349 kg/ha (Raison *et al.*, 2006; García *et al.*, 2007). Dichos excesos suponen cantidades importantes de nitrógeno que quedan en la explotación, con lo que se incrementan los riesgos de contaminación de las aguas.

En este contexto de un exceso en el uso de nitrógeno en las explotaciones encontramos un interés de las casas comerciales en la venta de abonos de liberación lenta e inhibidores de la nitrificación con un mayor coste que los fertilizantes minerales tradicionales, en un momento en que el margen económico del ganadero disminuyó entre otras causas por un incremento en el precio de los fertilizantes y por una bajada en el precio de la leche.

Los posibles beneficios del uso de estos nuevos fertilizantes en el maíz forrajero no está comprobado, y conviene compararlos desde un punto de vista técnico, económico y medioambiental no sólo con los fertilizantes minerales tradicionales, sino también con el purín que es un fertilizante orgánico con una liberación lenta de los nutrientes a lo largo del tiempo y que está de manera directa a disposición del ganadero.

El objetivo de este trabajo es determinar la efectividad de estos nuevos fertilizantes nitrogenados desde un punto de vista técnico, viendo cómo afectan a la producción y a la calidad del maíz forrajero.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Para alcanzar este objetivo se estableció un ensayo de abonos nitrogenados en el Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo, durante los años 2008 y 2009. La localización varió de un año a otro, ambos años el suelo era de textura franco-limosa, y en los primeros 30 cm presentaba una materia orgánica del 7,25% y 8,12%, un pH de 5,6 y 5,9, un porcentaje de saturación de aluminio de 7,25 y 10,02, un contenido en P(Olsen) de 8,5 y 11 ppm y un contenido en K (nitrato amónico) de 163 y 101 ppm, para los años 2008 y 2009, respectivamente.

El diseño del ensayo fue en bloques al azar con tres repeticiones. El cultivo utilizado fue maíz forrajero, y los tratamientos que se realizaron fueron:

- T1 0 UF de N/ha.
- T2 Fertilizante mineral 15-15-15+ urea.
- T3 Entec 20-10-10 con DMPP (Compo)
- T4 20-12-8/20-8-6 con DCD ((DelAgro).
- T5 20-10-5/18-7-5 con tecnología DURAMON (Fertesa-Agrimartin).
- T6 D-Coder 14-7-12 /15-8-5 (Timac AGRO).
- T7 Urea.
- T8 Purín vacuno inyectado.
- T9 Purín cerdo inyectado (sólo segundo año).

Para todas las parcelas se aplicó una fertilización por hectárea consistente en 200 UF de N (excepción con el T1), 100 UF de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y 250 UF de K<sub>2</sub>O aplicada en fondo, excepto el tratamiento T2 que llevaba 125 UF de N/ha en fondo en forma de 15-15-15 y 75 UF de N/ha en cobertera en forma de urea. Para igualar las unidades fertilizantes de todos los tratamientos algunos tuvieron que ser complementados con superfosfato del 18% y/o con cloruro potásico del 60%.

El purín se analizó para conocer su valor fertilizante (Tabla 1).

La variedad utilizada fue la DKC3745, que se sembró el día 22 de mayo en los dos años de ensayo.

Las parcelas elementales tenían una superficie de 45 m<sup>2</sup> (6 líneas de cultivo con una separación de 75 cm), salvo las parcelas donde aplicamos los purines que tenían el doble de superficie por facilitar la aplicación con la máquina inyectora. Las dos líneas laterales de

Tabla 1. Características químicas de los purines empleados en el ensayo

Purín	Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	pH	MS(%)	MO <sup>(*)</sup>	N <sup>(*)</sup>	P <sup>(*)</sup>	K <sup>(*)</sup>	Ca <sup>(*)</sup>	M g <sup>(*)</sup>
Vacuno 08	1,01	8,19	7,30	814,0	42,0	8,6	44,1	23,1	6,1
Vacuno 09	1,04	8,40	6,57	769,0	43,3	9,2	47,3	19,8	6,9
Porcino 09	1,01	8,40	2,22	623,0	110,3	27,8	83,2	28,2	1 4 , 7

(\*) Cantidades expresadas en g/kg peso seco.

cada parcela se consideraron líneas bordes, realizando los controles de producción en las dos líneas centrales. En cada una de ellas se cortaron con una hoz las plantas presentes en 7 m lineales, a unos 20 cm desde el nacimiento de las raíces y se pesaron en su totalidad. En 10 de dichas plantas se pesaron por separado las mazorcas (sin las espigas) y las hojas con los tallos. Estas partes se picaron por separado cogiéndose unas muestras de 300 g para determinación de humedad, las cuales se molieron posteriormente para analizarlas cualitativamente mediante la técnica de espectroscopía de reflectancia en el infrarrojo próximo (NIRS Win ISI 1.5).

Los parámetros objeto de control en cada una de las parcelas fueron la producción y la calidad de la planta en el momento de la recolección.

Los valores medios de los parámetros se analizaron mediante ANOVA, considerando el tipo de fertilización como tratamiento. Para la comparación de medias se utilizó el test de Student-Neuman-Keul.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la campaña del 2008 (Tabla 2) no hubo diferencias significativas en producción en fresco (total, paja (tallos+hojas) y mazorca) entre los distintos fertilizantes aplicados, tan sólo hubo diferencias significativas del tratamiento control (T1 con 0 UF de N/ha) con el T4 (20-12-8 con DCD) y el T7 (urea) que presentaron las mayores producciones. En el año 2009 (Tabla 3) el tratamiento control (T1 con 0 UF de N/ha) fue significativamente menor en producción que el resto de los tratamientos, y entre los demás destacó el T4 (20-8-6 con DCD) con producciones en fresco significativamente superiores al resto. El porcentaje de materia seca de mazorca y paja (tallos+hojas) no presentó diferencias significativas ningún año de

Tabla 2. Producción de forraje en fresco y seco en el año 2008

IN-08	kg mazorca /ha	kg paja /ha	kg totales /ha	M.seca mazorca (%)	M. seca paja (%)	Mazorca (kg de m.s./ha)	Paja (kg de m.s./ha)	RMS <sup>(1)</sup> (kg/ha)	Peso paja/ mazorca
T1	17414 b	25719 b	43133 b	52,30	23,99 ab	9067 b	6134	15200 b	0,68
T2	18539 ab	27726 ab	46265 ab	52,70	22,23 c	9734 ab	6182	15916 ab	0,63
T3	19470 ab	29380 ab	48850 ab	53,79	22,91 bc	10422 a	6726	17149 ab	0,64
T4	20820 a	33134 a	53954 a	52,50	21,24 c	10885 a	7019	17904 a	0,64
T5	19624 ab	31196 ab	50820 ab	51,93	22,34 c	10185 ab	6971	17156 ab	0,69
T6	18554 ab	29033 ab	47587 ab	52,08	21,93 c	9629 ab	6369	15998 ab	0,66
T7	20830 a	33890 a	54720 a	51,27	21,92 c	10650 a	7428	18080 a	0,69
T8	20430 a	29070 ab	49500 ab	53,82	24,57 a	10910 a	7201	18120 a	0,65
MEDIA	19459	29893	49352	52,55	22,64	10186	6754	16940	0,66
CV (%)	6,16	9,52	7,59	2,45	4,04	6,21	8,57	6,44	6,45
SIGN.	**	*	**	NS	**	**	NS	**	NS

Diferencias significativas: p>99% \*\*, p>95% \*; diferencias no significativas: NS.

<sup>(1)</sup> RMS: Rendimiento de planta entera en materia seca.

Tabla 3. Producción de forraje en fresco y seco en el año 2009

IN-08	kg mazorca /ha	kg paja /ha	kg totales /ha	M.seca mazorca (%)	M. seca paja (%)	Mazorca (kg de m.s./ha)	Paja (kg de m.s./ha)	RMS <sup>(1)</sup> (kg/ha)	Peso paja/mazorca
T1	13391 c	32829 c	46220 c	50,37	21,01 b	6771 c	6888 c	13660 c	1,03
T2	20456 ab	45542 b	65998 b	51,80	21,21 b	10604 ab	9642 b	20246 b	0,91
T3	21056 ab	46949 b	68005 b	52,55	22,40 ab	11047 ab	10483 ab	21531 b	0,95
T4	23474 a	54908 a	78382 a	52,12	21,18 b	12236 a	11605 a	23840 a	0,95
T5	21038 ab	48619 b	69657 b	51,16	20,90 b	10789 ab	10161 ab	20950 b	0,95
T6	21913 ab	46489 b	68402 b	51,72	21,99 ab	11330 ab	10215 ab	21545 b	0,90
T7	19353 b	44676 b	64029 b	51,32	21,70 ab	9931 b	9642 b	19573 b	0,97
T8	20382 ab	42192 b	62574 b	52,94	23,39 a	10789 ab	9842 ab	20631 b	0,91
T9	20338 ab	44982 b	65320 b	53,60	22,53 ab	10865 ab	10130 ab	20995 b	0,94
MEDIA	20156	45243	65398	51,96	21,81	10485	9845	20330	0,95
CV (%)	6,20	7,12	6,09	2,69	3,51	7,15	7,01	6,31	7,21
SIGN.	**	**	**	NS	*	**	**	**	NS

Diferencias significativas: p>99% \*\*, p>95% \*; diferencias no significativas: NS.

<sup>(1)</sup> RMS: Rendimiento de planta entera en materia seca.

ensayo, aunque fue ligeramente superior en los tratamientos que llevaban purín, el porcentaje de materia seca en paja si presentó diferencias significativas entre tratamientos destacando con un mayor porcentaje de materia seca los tratamientos que llevaban purín. Estos datos nos indican que los tratamientos con purines acortan ligeramente el ciclo, madurando con una mayor antelación.

En producción total en seco en el año 2008 debido al mayor porcentaje de materia seca de los tratamientos que llevaban purín, las mayores producciones se obtienen para los tratamientos T4 (20-12-8 con DCD), T8 (purín de vacuno) y T7 (urea), aunque con diferencias significativas sólo con el tratamiento control (T1 con 0 UF de N/ha). En el año 2009 las mayores producciones se obtienen para T4 (20-8-6 con DCD) con diferencias significativas respecto al resto de los tratamientos que sólo se diferenciaban significativamente con el tratamiento control.

Tabla 4. Valor nutritivo de la mazorca en el año 2008

IN-08	MO % sobre MS)	PB % sobre MS)	FAD % sobre MS)	FND % sobre MS)	DMO % sobre MS)	CNET % sobre MS)	CSA % sobre MS)	Almidón % sobre MS)
T1	98,14 a	5,89 b	8,25 b	21,64	84,83	66,18	8,24	55,98 a
T2	97,80 b	7,05 a	8,70 ab	23,06	84,82	64,29	7,99	55,03 ab
T3	97,92 b	6,68 a	8,29 b	22,02	85,74	66,06	8,03	56,09 a
T4	97,93 b	6,62 a	8,56 ab	22,23	85,25	64,94	7,88	55,79 a
T5	97,92 b	6,65 a	8,42 b	22,17	84,83	64,98	7,94	56,06 a
T6	97,94 b	6,79 a	8,98 ab	23,15	85,12	64,60	7,89	54,31 ab
T7	97,97 b	6,76 a	9,31 a	24,35	84,70	63,19	8,18	53,33 b
T8	97,94 b	6,52 a	8,70 ab	21,76	85,39	66,30	7,68	55,70 a
MEDIA	97,95	6,62	8,65	22,55	85,09	65,068	7,98	55,309
CV (%)	0,10	4,50	4,47	5,29	1,01	2,20	4,50	1,86
SIGN.	*	**	*	NS	NS	NS	NS	*

Diferencias significativas: p>99% \*\*, p>95% \*; diferencias no significativas: NS.

MO: Materia orgánica. MS: Materia seca. PB: Proteína bruta. FAD: Fibra ácido detergente. FND: Fibra neutro detergente. DMO: Digestibilidad de la materia orgánica in vitro. CNET: Carbohidratos no estructurales. CSA: Carbohidratos solubles en agua.

En la calidad de mazorca, tanto en el año 2008 (*Tabla 4*) como en el año 2009 (*Tabla 5*), hubo diferencias significativas en el tratamiento control con un menor porcentaje de proteína bruta, y con una mayor materia orgánica en el año 2009, aunque la digestibilidad de dicha materia orgánica fue de las menores. El tratamiento T7 (urea) presentó la fibra ácido detergente más alta con diferencias significativas en el año 2008, y un contenido en almidón de los más bajos, con diferencias significativas en el año 2008.

*Tabla 5. Valor nutritivo de la mazorca en el año 2009*

IN-09	MO (% sobre MS)	PB (% sobre MS)	FAD (% sobre MS)	FND (% sobre MS)	DMO (% sobre MS)	CNET (% sobre MS)	CSA (% sobre MS)	Almidón (% sobre MS)
T1	98,52 a	4,63 b	9,79	26,96 ab	82,42	69,44	8,74	51,49
T2	98,05 b	6,33 a	9,72	28,02 ab	84,19	67,69	8,13	51,56
T3	98,21 b	5,72 a	9,44	27,40 ab	84,70	68,62	8,59	52,35
T4	98,02 b	6,46 a	9,88	28,89 ab	84,63	66,59	8,31	51,06
T5	98,07 b	6,32 a	10,24	29,45 ab	84,66	66,70	8,62	50,43
T6	98,02 b	6,47 a	10,11	29,95 a	84,55	66,47	8,61	50,82
T7	98,26 b	5,53 a	10,23	28,81 ab	83,60	67,68	8,57	50,91
T8	98,20 b	5,60 a	9,03	26,11 b	84,48	70,01	7,88	53,96
T9	98,15 b	5,90 a	9,75	28,07 ab	84,33	67,62	8,16	52,11
MEDIA	98,17	5,88	9,80	28,19	84,18	67,87	8,40	51,63
CV (%)	0,10	6,06	7,45	4,66	1,06	2,39	5,01	3,45
SIGN.	**	**	NS	*	NS	NS	NS	NS

Diferencias significativas: p>99% \*\*, p>95% \*; diferencias no significativas: NS.

En la calidad de la paja (hojas+tallos), tanto en el año 2008 (*Tabla 6*) como en el año 2009 (*Tabla 7*), los tratamientos con purín presentaron una mayor materia orgánica, con diferencias significativas, sobre todo en purín de vacuno, pero en digestibilidad de materia orgánica no hubo diferencias significativas. En proteína bruta los mejores valores en los dos años fueron para los tratamientos T2 (15-15-15+urea), T4 (con DCD), T5 (con tecnología DURAMON), T6 (D-Coder) y T7 (urea), con diferencias entre tratamientos, presentando el tratamiento control el menor porcentaje de proteína bruta.

*Tabla 6. Valor nutritivo de la paja (hojas+tallos) en el año 2008*

IN-08	MO (% sobre MS)	PB (% sobre MS)	FAD (% sobre MS)	FND (% sobre MS)	DMO (% sobre MS)	CNET (% sobre MS)
T1	93,93 b	4,79 c	36,95	70,11	61,70	14,83
T2	93,90 b	5,99 ab	37,82	67,30	63,73	15,70
T3	93,74 b	6,17 ab	40,58	71,02	60,34	11,76
T4	93,51 b	6,48 a	40,38	70,14	59,81	12,05
T5	93,94 b	6,14 ab	39,33	69,32	61,63	13,94
T6	94,05 b	6,40 ab	38,49	68,08	62,48	14,77
T7	94,02 b	6,22 ab	38,75	68,35	61,83	15,11
T8	94,99 a	5,38 bc	38,17	68,58	63,76	15,78
MEDIA	94,01	5,95	39,15	69,11	61,91	14,24
CV (%)	0,32	7,86	3,35	2,62	2,87	13,95
SIGN.	**	**	NS	NS	NS	NS

Diferencias significativas: p>99% \*\*, p>95% \*; diferencias no significativas: NS.

Tabla 7. Valor nutritivo de la paja (hojas+tallos) en el año 2009

IN-09	MO (% sobre MS)	PB (% sobre MS)	FAD (% sobre MS)	FND (% sobre MS)	DMO (% sobre MS)	CNET (% sobre MS)
T1	92,95 b	3,35 c	41,39	72,05	61,57	13,44
T2	93,54 ab	5,31 a	41,35	69,93	58,53	13,07
T3	93,79 ab	4,07 bc	40,44	68,43	59,24	16,08
T4	93,93 a	5,11 a	40,70	67,63	58,83	15,00
T5	93,57 ab	5,23 a	41,03	69,04	58,39	13,64
T6	94,13 a	5,35 a	41,18	69,52	58,77	13,85
T7	93,67 ab	4,71 ab	41,20	69,70	59,06	14,17
T8	93,99 a	4,12 bc	41,33	70,42	59,46	14,40
T9	93,84 ab	4,52 ab	41,37	69,96	58,87	13,83
MEDIA	93,71	4,64	41,11	69,63	59,19	14,17
CV (%)	0,37	7,93	3,68	3,07	2,85	18,50
SIGN.	*	**	NS	NS	NS	NS

Diferencias significativas: p>99% \*\*, p>95% \*; diferencias no significativas: NS.

## CONCLUSIONES

En los dos años ensayados el tratamiento control (T1 con 0 UF de N/ha) fue el que presentó la peor producción y calidad, con diferencias significativas respecto al resto de los tratamientos. Entre estos destacó ambos años en producción el T4 (20-12-8/20-8-6 con DCD) con diferencias significativas sólo en el segundo año. En calidad el tratamiento T7 (urea) presentó una peor calidad con un mayor contenido en fibra y un menor contenido en almidón. Entre el resto de los tratamientos las diferencias fueron mínimas, por lo que desde un punto de vista técnico si exceptuamos el tratamiento T4, se recomienda el uso de la fertilización tradicional en base a purines complementada con la fertilización mineral, y evitando la aplicación de toda la urea en fondo por pérdida de calidad en el forraje. Lo que coincide, en general, con los trabajos realizados en Holanda por Ruitjer (2009) que comprobó que cuando los fertilizantes son aplicados siguiendo buenas prácticas agrícolas es cuestionable la obtención de un mejor rendimiento con fertilizantes de liberación lenta o con DMPP.

## Agradecimientos

A la Xunta de Galicia por la financiación del Proyecto O7MRU040503PR: Mejora de la Eficiencia en la Utilización del Nitrógeno en las Explotaciones Ganaderas de Vacuno de Leche y a Emma Rodríguez, M<sup>a</sup> José Bermúdez y M<sup>a</sup> José Casal por los análisis realizados.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- GARCÍA, M.I.; CASTRO, J., NOVOA, R., BÁEZ, D., LÓPEZ, J., 2007. Improving nitrogen mineral balance and conversion rate in farms in Galicia. *XV Nitrogen Workshop*, 401-403.
- MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y MEDIO RURAL Y MARINO, 2010. *Anuario de estadística 2009*. Ed: Secretaría General Técnica. Madrid (España).
- RAISON, C.; PFLIMLIN, A.; LE GALL, A.; 2006. Optimisation of environmental practices in a network of dairy farms of the Atlantic Area. En: *Proceedings of the final seminar of Green Dairy project: Interreg Atlantic Area III B N°100*, 43-65.
- RUIJTER, F.J., 2009. Fertilizers in field vegetables. *XVI Nitrogen Workshop*, 249-250.

## COMPARISON IN CORN OF TRADITIONAL FERTILIZATION WITH NEW NITROGEN FERTILIZERS

### SUMMARY

In recent years new nitrogen fertilizers such as fertilizers with nitrification inhibitors and slow release fertilizers have been developed, although there is great ignorance about them by farmers. Effectiveness of these fertilizers compared to traditional fertilizers (organic and mineral) was studied for two years in Galicia (Northwest Spain) on corn. The trial design was randomized block with three replications. There was a witness with 0 UF of N/ha, and the rest of the treatments with 200 UF of N/ha were: two traditional mineral fertilizers: 15-15-15+urea and urea, two organic fertilizers: injected cattle and pig slurry, two fertilizers with nitrification inhibitors: DMPP and DCD and two other with slow-release fertilizers. The first year there was only significant differences in production and quality with control treatment. In the second year in addition significant differences were found between some of the treatments, both in production and quality, finding that the trends were similar to the first year.

**Key words:** mineral fertilizer, organic fertilizer, slurry, slow-release, nitrification inhibitor.





# EFFECTO DE DOS SISTEMAS DE MANEJO (CONVENCIONAL Y ECOLÓGICO) EN LA PRODUCCIÓN Y PRINCIPIOS NUTRITIVOS DEL MAÍZ FORRAJERO PARA ENSILAR

J. VANEGAS RUÍZ<sup>1</sup>, F. VICENTE<sup>2</sup>, M. GONZÁLEZ ARROJO<sup>2</sup>, A. ARGAMENTERÍA<sup>2</sup>, B. DE LA ROZA-DELGADO<sup>2</sup> y A. MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ<sup>2</sup>

## RESUMEN

Este trabajo se desarrolló en el SERIDA de Villaviciosa (Asturias) en el verano del 2010, con el objetivo de determinar el efecto del tipo de manejo (convencional y ecológico) sobre la producción y evolución del contenido en principios nutritivos de una variedad de ciclo corto de maíz forrajero cv. "Crazy". Se consideraron cinco fechas de muestreo desde el inicio de formación de la mazorca (68 días  $\pm$  2 días de crecimiento desde la siembra) hasta la fecha de cosecha (105 días  $\pm$  2 días de crecimiento) en que el grano alcanzó el estado pastoso vítreo. Los resultados muestran una evolución similar en cuanto a parámetros nutritivos entre ambos manejos, alcanzando porcentajes finales de almidón en torno al 30% MS, para un contenido de materia seca en el momento de la cosecha entre 32% y 37%, para el forraje ecológico y convencional, respectivamente. A igualdad de estado de maduración del grano, las plantas de maíz cultivadas en sistema ecológico presentaron mayor porcentaje de mazorca en el total cosechado. Sin embargo, con este sistema se recogieron menos plantas por hectárea y de menor altura, lo que se tradujo en un menor rendimiento del cultivo (14,6 t MS ha<sup>-1</sup> vs. 16,3 t MS ha<sup>-1</sup>).

**Palabras clave:** Producción ecológica, cultivo de verano, zona húmeda

## INTRODUCCIÓN

La revolución verde, más conocida como convencional, impulsó la utilización de abonos químicos y pesticidas como base del incremento de los rendimientos agrarios, bajo la suposición de que los efectos conseguidos se mantendrían con el tiempo. Sin embargo, la necesidad continuada de aumentar el uso de fertilizantes químicos y de productos fitosanitarios, ha inducido una degradación de los ecosistemas y una modificación de las plantas, alterándose como consecuencia la composición de los alimentos destinados a la alimenta-

---

<sup>1</sup> Unidad de Investigación Científica y Tecnológica, Universidad Técnica Estatal de Quevedo, km 1 1/2 vía Santo Domingo de los Tsáchilas, C.P. 73. Quevedo, Los Ríos, Ecuador.

<sup>2</sup> Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario (SERIDA). Área de Nutrición Animal, Pastos y Forrajes. Apdo. 13. E-33300 Villaviciosa. [admartinez@serida.org](mailto:admartinez@serida.org)

ción animal (Espinosa, 2004). En la actualidad, la perspectiva ha cambiado. La UE, desea una agricultura de conservación y respetuosa con el medioambiente. Esto, implica que se investigue más sobre la agricultura ecológica (AE), como alternativa viable y beneficiosa para la biodiversidad, que produzca alimentos suficientes, sanos y de alto valor nutritivo (COM, 2000). La AE ha crecido significativamente debido a la conciencia tomada por los consumidores, de manera que en los últimos quince años el incremento de superficie destinada a AE se ha situado entre el 25 y 30% anual, convirtiéndose en uno de los sectores agrarios más dinámicos dentro de la UE. En España, la superficie destinada a AE, presentó un incremento de casi un 50% anual desde el 1996 hasta 1999, disminuyendo ligeramente este incremento a partir del año 2000 (Torre, 2001). Del total de superficie destinada a AE en España, (1 317 752 ha en 2008), más de la mitad se encuentra en Andalucía (54,1%). Los pastos, forrajes y cultivos forrajeros ocupan un 60% del total (MAPA, 2008). Sin embargo, a pesar de esta creciente evolución, la superficie destinada a producción ecológica en Asturias en 2008 solo representaba el 5% de la superficie agrícola útil ampliada (SADEI, 2010).

Cabe destacar que a pesar de esta evolución, las producciones ganaderas ecológicas en zonas húmedas de la Cornisa Cantábrica, no acaba de despegar como cabría esperar de acuerdo al potencial de producción de forrajes de estas zonas. En este contexto, los ganaderos que han tomado la decisión de convertir sus granjas a ecológicas, encuentran como principal escollo la dificultad de obtener cosechas rentables de maíz forrajero, debido a la dificultad para resolver los problemas del cultivo, como presencia de malas hierbas y ataques de plagas, prescindiendo del uso de fitosanitarios, principalmente herbicidas (Reglamentos CE, 2007 y 2008). Con este preámbulo, el objetivo del presente trabajo fue el determinar la incidencia del tipo de manejo (convencional y ecológico) sobre la producción y la evolución del contenido en principios nutritivos de maíz forrajero.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se llevó a cabo en el verano de 2010 en la finca experimental del SERIDA de Villaviciosa, colindante con la ciudad del mismo nombre, a 43° 28' 50" lat., 5° 26' 27" long., y 10 msnm (rasa marítima oriental de Asturias). El ensayo se sembró la primera semana de Junio, en dos parcelas semejantes y colindantes de 1,7 ha cada una en manejo ecológico (ME) y convencional (MC) respectivamente, en líneas separadas de 0,75 m y 0,15 m entre planta, con una densidad aproximada de 89 000 semillas ha<sup>-1</sup> de maíz cv. "Crazy". El abonado de las parcelas en MC en presiembra consistió en el aporte de 125 kg ha<sup>-1</sup> de N, 150 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y 250 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O y de 75 kg ha<sup>-1</sup> de N en cobertera cuando las plantas de maíz tenían 20 cm de altura en forma de nitrato amónico cálcico del 27 %, con un 2% de Mg y un complejo 9-18-27. En ME se fertilizó con 45 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> de purín de vacuno (máximo permitido para una carga de 2 UGM ha<sup>-1</sup> según reglamentos CE, 2007 y 2008) procedente de la estabulación del SERIDA con una concentración de 2,7 kg m<sup>-3</sup> de N; 1,4 kg m<sup>-3</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; 5,5 kg m<sup>-3</sup> de K<sub>2</sub>O y 0,7 kg m<sup>-3</sup> de MgO distribuida en tres aplicaciones, la primera en otoño en el momento de la siembra del cultivo de invierno precedente y las dos restantes previas a los cortes para ensilado de primavera. Para el control de malas hierbas y plagas en MC se aplicaron 2 L ha<sup>-1</sup> de un herbicida selectivo para el maíz con acetocloro como materia activa (Harness® Plus) y un insecticida en base a piretrinas. En ME las semillas fueron tratadas con aceite de NEEN al 90% para prevenir los ataques de la mosca de siembra y rosquilla negra. Para el control de malas hierbas se realizaron dos pases de grada-binadora, en post-emergencia con las plantas con cuatro y seis hojas desplegadas respectivamente.

Se delimitaron tres zonas de muestreo en la parte alta, media y baja de cada parcela

que, por estar muy distanciadas entre sí, se consideraron como tres repeticiones independientes de cada tratamiento ME vs. MC. Estas, se muestrearon en cinco fechas desde el inicio de la formación de la mazorca (68 días  $\pm$  2 días desde la siembra) hasta la fecha de cosecha (105 días  $\pm$  2 días) en que el grano alcanzó el estado pastoso vítreo. En cada muestreo las plantas se cortaron a 5 cm del suelo y se obtuvo su peso total en verde. A continuación se homogenizaron, picaron y desecaron en estufa de aire forzado a 60°C durante 24 h, para posteriormente registrar su peso seco y determinar el contenido nutritivo del maíz forrajero tras molienda a 0,75 mm. Para los controles finales (momento de cosecha) se tomaron las plantas existentes en dos líneas a lo largo de dos metros lineales por cada área de muestreo. Fueron separadas forraje y mazorca, pesándose por separado cada fracción. Se determinó el número de plantas y mazorcas por metro cuadrado, peso verde del forraje, peso verde de la mazorca, porcentaje de materia seca de cada fracción y rendimiento de materia seca del cultivo. Coincidiendo con el momento de la cosecha, se muestreó también la flora arvense presente en ambos manejos para determinar las especies adventicias más invasoras en el cultivo. Para el análisis de las muestras, se procedió a determinar valor nutritivo por NIRS de acuerdo con las ecuaciones desarrolladas en el Laboratorio de Nutrición Animal del SERIDA y acreditadas por ENAC (Acreditación N° LE 430/930), y energía metabolizable según ARC (1980). Los datos obtenidos fueron contrastados mediante análisis de varianza (SAS, 1999), según modelo lineal:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \rho_j + \alpha\rho_{ij} + E_{ijk}$$

Donde:  $Y_{ijk}$  = Valor de la variable respuesta;  $\mu$  = Media general;  $\alpha_i$  = Efecto del manejo;  $\rho_j$  = Efecto de la edad de corte;  $\alpha\rho_{ij}$  = interacción manejo y edad de corte;  $E_{ijk}$  = Error experimental.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Producción de maíz forrajero

Con ME las plantas presentaron menor densidad a la recolección (5,6 plantas m<sup>2</sup> vs. 7,1 plantas m<sup>2</sup>), aunque sin diferencia significativa ( $p > 0,05$ ) y menor altura (225 cm vs. 255 cm;  $p < 0,05$ ) que con MC. Estos resultados son similares a los expuestos por Martínez *et al.* (2009) y Campo (2010), quienes manifiestan que en zonas húmedas (Asturias y Galicia) en ME se obtienen menor número plantas de maíz y de menor tamaño. Por el contrario, el número de mazorcas por metro cuadrado fue superior en ME, aunque sin diferencias significativa ( $p > 0,05$ ). El porcentaje de participación total de la mazorca en la producción de maíz forrajero fue significativamente superior en el ME (39,68 % vs. 35,08 %;  $p < 0,05$ ); esto puede deberse a que la menor densidad de plantas en el ME implica menor competencia por la disponibilidad de nutrientes (Nuñez *et al.*, 1994). Los datos obtenidos concuerdan con los obtenidos por Campo (1999) y Martínez *et al.* (2009), quienes mencionan que al incrementar el número de plantas, aumenta la competencia entre ellas y se reduce el número de mazorcas. La participación del forraje en la producción de maíz fue complementaria a la participación de la mazorca, pero en sentido contrario a la referida para las mazorcas con un 64,92 % en el MC y 60,32% en el ME ( $p < 0,05$ ).

La producción final de materia seca del cultivo resultó un 8% inferior en ME (16,3 t MS ha<sup>-1</sup> vs. 14,5 t MS ha<sup>-1</sup> para MC y ME respectivamente) aunque las diferencias no llegaron a ser significativas. Coincide también con los valores obtenidos por Campo (2010) cuando compara la producción de maíz obtenida en MC con ME utilizando purín de vaca como fertilizante orgánico, con diferencias de un 8% en la producción (14,2 t MS ha<sup>-1</sup> y 13,08 t MS

ha<sup>-1</sup>). Cabe destacar que mientras en MC el herbicida fue efectivo para el control de malas hierbas, los medios mecánicos utilizados en ME no resultaron totalmente efectivos detectándose presencia significativa de especies como *Echinochloa crus gali*, *Amaranthus retroflexus*, *Chenopodium album*, *Digitaria sanguinalis* y *Stellaria media*, que compitieron con el maíz por la disponibilidad de nutrientes.

### Principios nutritivos y contenido energético

Como puede verse en la *Tabla 1*, la evolución del contenido en principios nutritivos tanto en MC como ME fue la esperable en el maíz forrajero: aumento progresivo de materia seca (MS) y almidón (ALM) con la consecuente disminución de cenizas (CZ), proteína bruta (PB) y fibras neutro y ácido detergente (FND y FAD). El balance se tradujo en un incremento de digestibilidad (Dvivo) y contenido energético (EM) al avanzar el estado fenológico (días de crecimiento; E). Atendiendo al tipo de manejo (M), el ME presentó menor porcentaje de materia seca que el MC ( $p < 0,001$ ). La interacción M\*E, resultó significativa para la mayoría de las variables. Su sentido general es que la evolución del contenido en principios nutritivos, aún siendo la habitual tanto en MC como ME, no tuvo la misma forma ni intensidad. La velocidad inicial de incremento de MS y ALM fue mayor en el MC. Esto se puso de manifiesto en las diferentes fechas consideradas hasta el momento de la cosecha (18,08 a 37,47 % MS vs. 16,95 a 32,40 % MS; M\*E  $p < 0,05$ ) y (1,27 a 29,55 % ALM vs. 1,41 a 28,59 % ALM; M\*E  $p < 0,05$ ) para MC y ME respectivamente. Sin embargo en el momento de la cosecha, el contenido en almidón resultó similar para ambos manejos de forma concordante a lo observado por Campo (2010), utilizando también purín de vacuno como fertilizante orgánico.

**Tabla 1: Evolución de la calidad nutritiva y contenido energético del maíz forrajero desde el inicio de la formación de la mazorca hasta la fecha de cosecha en dos sistemas de manejo: convencional vs. ecológico**

Manejo	Días de crecimiento	%MS	%CZms	%PBms	%FNDms	%FADms	%ALMms	%Dvivo	EM
Convencional	68 ± 2	18,08 a	5,55 a	7,40 a	59,78 a	32,49 a	1,27 a	68,6 a	10,38 a
	81 ± 2	22,84 a	4,09 a	6,37 a	59,85 a	31,54 a	4,94 a	67,02 a	10,28 a
	93 ± 2	30,13 a	3,27 a	6,09 a	48,86 a	26,30 a	21,41 a	72,68 a	11,25 a
	97 ± 2	30,53 a	3,35 a	5,57 a	50,67 a	26,98 a	19,96 a	71,40 a	11,04 a
	105 ± 2	37,47 a	3,30 a	6,59 a	42,56 a	22,88 a	29,55 a	74,86 a	11,58 a
Ecológico	68 ± 2	16,95 a	4,99 b	5,36 b	61,92 a	31,45 a	1,41 a	68,02 a	10,34 a
	81 ± 2	17,66 b	4,98 b	7,67 b	58,72 a	32,55 a	1,30 a	68,59 a	10,43 a
	93 ± 2	23,43 b	3,68 a	6,31 a	56,86 b	31,03 b	8,75 b	69,06 b	10,65 b
	97 ± 2	27,08 b	3,03 a	6,30 a	48,46 a	25,18 a	19,07 a	72,88 a	11,31 a
	105 ± 2	32,40 b	3,27 a	7,30 a	43,67 a	23,68 a	28,59 a	75,02 a	11,61 a
Manejo (M)		***	NS	NS	NS	NS	**	NS	NS
Días de crecimiento (E)		***	***	*	***	***	***	***	***
M*E		*	**	**	*	NS	*	NS	NS
EE		0,26	0,06	0,12	0,48	0,42	0,57	0,28	0,05

\*  $p \leq 0,05$ ; \*\*  $p \leq 0,01$ ; \*\*\*  $p \leq 0,001$ ; NS: No Significativo ( $P > 0,05$ ). Letras diferentes para mismo corte (días de crecimiento) para los dos manejos considerados indican diferencias significativas.

MS: Materia seca; CZ: Cenizas; PB: Proteína bruta; FND y FAD: Fibra neutro y ácido detergente; ALM: almidón; Dvivo: Digestibilidad *in vivo* predicha; EM: Energía metabolizable (MJ kg MS<sup>-1</sup>). EE: error estándar; ms: valores referidos a materia seca residual

Lo mismo ocurrió para el descenso de FND, FAD y CZ. Sus contenidos disminuyeron al avanzar el estado vegetativo ( $M^*E$ ,  $p < 0,05$ ), sin apreciarse diferencias en los contenidos finales entre manejos. Estos resultados no concuerdan por lo expuesto por Martínez *et al.* (2009) y Campo (2010) ya que ambos autores encuentran niveles de FDN inferiores en ME. El contenido final de PB resultó superior en ME (7,30 % vs. 6,59 %;  $M^*E$   $p < 0,01$ ). Según Mier (2009), el nivel óptimo de proteína en un forraje de maíz ha de estar entre 7 % y 10 %, y si lo superan significa que el corte fue demasiado temprano. Oramas y Vivas (2007), encontraron contenidos de proteína con fertilización nitrogenada de síntesis de 7,31 % y afirman que un alimento debe contener aproximadamente un 7% de proteína para garantizar el nitrógeno suficiente para una fermentación microbiana efectiva en el rumen. Según esto, el contenido final de PB en MC, resultaría limitante, pero no en ME.

Para el resto de parámetros considerados (Dvivo, y EM) no se apreciaron diferencias estadísticas entre manejos ( $p \geq 0,05$ ), aunque numéricamente fueron superiores en ME (75,02 %; y 11,61 MJ kg MS<sup>-1</sup>) que en MC (74,86 %; y 11,58 MJ kg MS<sup>-1</sup>). Estos resultados nos permiten reafirmar lo expuesto por Whorlton (1998) quien concluye que la calidad de los forrajes en manejo convencional es inferior a los del manejo ecológico.

## CONCLUSIONES

El rendimiento del cultivo resultó superior en MC que en ME. Sin embargo, la mayor densidad a la recolección en MC y la competencia por los nutrientes que esto supone, se tradujo en un menor número de mazorcas por metro cuadrado y menor participación de las mismas en el forraje de maíz a ensilar que en ME.

Los contenidos en MS final fueron superiores en MC. Para el resto de principios nutritivos considerados no se apreciaron diferencias significativas entre manejos en el momento de la cosecha.

## Agradecimientos

Los autores desean expresar su agradecimiento a Consuelo González por su colaboración en los controles de campo y procesado de las muestras y al personal del Laboratorio de Nutrición Animal por su ayuda en la ejecución de los análisis.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARC., 1980. *The nutrient requirements of ruminant livestock*. Commonwealth Agric. Bureaux, 351 pp. (Reino Unido).
- COMISIÓN DE LAS COMUNIDADES EUROPEAS, 2000. *The Agricultural situation in the European Union- 1999 Report COM (2000)*. Consultado en línea el 25 de noviembre de 2010. [http://ec.europa.eu/agriculture/publi/agrep/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/agriculture/publi/agrep/index_en.htm)
- CAMPO, L., 1999. Estudio de la competencia de plantas en el rendimiento, caracteres agronómicos y estimación de parámetros genéticos en el maíz (*Zea mays*. L). Tesis Doctoral. 247 pp. Universidad de Santiago de Compostela (España).
- CAMPO, L., 2010. Potencial forraxeiro de variedades locais de millo en cultivo ecolóxico. *Afriga*, **85(2)**, 96-104.
- CE., 2007 Reglamento (CE) nº 834/2007 DEL CONSEJO de 28 de junio de 2007 sobre producción y etiquetado ecológicos y por el que se deroga el Reglamento (CEE) nº 2091/91.
- CE., 2008. Reglamento (CE) nº 889/2008 DE LA COMISION de 5 de setiembre de 2008 por el que se establecen disposiciones de aplicación del Reglamento (CE) nº 834/2007 del Consejo sobre producción y etiquetado de los productos ecológicos, con respecto a la producción ecológica, su etiquetado y su control.

- ESPINOSA, D., 2004. *Caracterización de la producción ecológica en Colombia*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura-IICA (Ed). 1-4 pp. Bogotá (Colombia).
- MARTÍNEZ-MARTÍNEZ, A.; PEDROL, N.; MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ, A., 2009. Maíz para ensilar cultivado en sistemas de producción convencional o ecológica. En: *La multifuncionalidad de los pastos: producción ganadera sostenible y gestión de los ecosistemas*, R. REINÉ *et al.* (Eds.). Actas de la XLVIII R.C: de la SEEP. Huesca (España), 391-397.
- MIER, M., 2009. Caracterización del valor nutritivo y estabilidad aeróbica de ensilados en forma de microsilos para maíz forrajero. Tesis de Máster. 23-36 pp. Universidad de Córdoba (España).
- MAPA. 2008. *Estadísticas sobre Agricultura Ecológica*. MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA y ALIMENTACIÓN, 2008. [www.mapa.es](http://www.mapa.es) (25 de noviembre del 2010).
- NÚÑEZ, G.; GONZÁLEZ, F.; MARTÍN DEL CAMPO, S.; DE ALBA, A., 1994. Efecto de la densidad de plantas en la producción y calidad de maíz híbrido de hojas erectas para ensilar. *Investigaciones Agropecuaria* **3(1)**, 25-30.
- ORAMAS, C.; VIVAS, N., 2007. Evaluación de dos híbridos y una variedad de maíz (*Zea mays*) en monocultivo y en asociación con frijol (*Phaseolus vulgaris*), para ensilaje. *Agrozotecnía*, **5(1)**, 28-35.
- SADEI., 2010. *La Agricultura Asturiana. Referencias estadísticas 2008-2009*. Gobierno del Principado de Asturias (Ed). 255 pp. Asturias (España).
- SAS, 1999. SAS (Statistical Analysis System) Institute, SAS/STAT<sup>TM</sup>. *User's guide.*, SAS Institute, Inc. 10. Carry, NC.
- TORRE, C., 2001. *Las producciones ecológicas*. XVI Curso de Especialización FEDNA. Madrid (España). <http://agro.etsia.upm.es/fedna/publi.htm> (25 de noviembre de 2010).
- WORTINGTON, V., 1998. Effect of Agricultural Methods on Nutritional Quality: a Comparison of Organic with Conventional Crops. *Alternative Therapies Health Med.*, **4**, 58 – 69.

## EFFECT OF TWO MANAGEMENT SYSTEMS (CONVENTIONAL AND ORGANIC) ON YIELD AND NUTRITIVE PARAMETERS IN THE MAIZE TO ENSILE

### SUMMARY

This work was developed in the SERIDA Villaviciosa (Asturias) in the summer of 2010 with the purpose of determining the effect of two management systems (conventional and organic) on yield and evolution of nutritive parameters in a short cycle variety of forage maize cv. "Crazy". Five sampling dates were considered from the beginning of formation of the cob (68 days  $\pm$  2 days of growth from sowing) until the harvest date (105 days  $\pm$  2 days of growth) with the grain in dough vitreous state. The results obtained show similar trend in terms of nutritive parameters between the two managements systems with final amounts of starch reaching around 30% DM and dry matter content at harvest time between 32% and 37% for organic and conventional, respectively. With the same state of maturation of the grain, maize plants growing organically had a greater percentage of cob in the total harvested forage. However, in this system less plants per hectare were collected and lower height, which resulted in a lower production (14,6 t DM ha<sup>-1</sup> vs. 16,3 t DM ha<sup>-1</sup>).

**Key words:** Organic production, summer crop, wet area

# FACTORES QUE AFECTAN AL VALOR NUTRITIVO DEL ENSILADO DE MAÍZ: VARIEDAD, FECHA DE SIEMBRA Y GRADO DE MADUREZ

F. OPSI<sup>1</sup>, R. FORTINA<sup>1</sup>, G. BORREANI<sup>2</sup>, E. TABACCO<sup>2</sup>, R. BODAS<sup>3</sup> y S. LÓPEZ<sup>3\*</sup>

## RESUMEN

Son numerosos los factores que afectan al rendimiento productivo y el valor nutritivo del ensilado de maíz y, consecuentemente, a la productividad de los animales alimentados con este forraje. El objetivo de este trabajo fue el de analizar los efectos del tipo de híbrido de maíz (variedades Cisco 300 de madurez temprana y Arma 700 de madurez más tardía), la fecha de siembra (marzo, abril o mayo) y el grado de madurez del grano en el momento de la cosecha (línea de leche «1/4 – 1/3» ó «1/2 – 2/3»). El estudio se realizó en la región italiana del Piamonte. La producción de ensilado fue mayor con la variedad Arma 700. Los tres factores de variación estudiados tuvieron un efecto significativo sobre el contenido en humedad del ensilado. Al ser mayor grado de madurez del grano aumentó el contenido en almidón y disminuyó el contenido en fibra del ensilado. La digestibilidad *in vitro* de la MS fue mayor para la variedad Cisco 300. A partir de los datos de producción y composición química, se utilizó el modelo Milk2006 para obtener predicciones del rendimiento productivo (por hectárea o por tonelada de ensilado) de vacas lecheras alimentadas con ensilado de maíz.

**Palabras clave:** composición química, digestibilidad *in vitro*; predicción rendimiento productivo.

## INTRODUCCIÓN

El ensilado de maíz es un forraje ampliamente utilizado en la alimentación de ganado lechero. La cantidad y calidad de ensilado obtenido dependen tanto del material cosechado como de los procesos de ensilaje y conservación. Uno de los factores que más influye en la composición química y digestibilidad del ensilado es el estado de madurez en momento de la cosecha (Johnson *et al.*, 1999) que, a su vez, depende del tipo de híbrido cultivado y de las fechas de siembra y recolección (Xu *et al.*, 1995). La madurez del grano se puede

<sup>1</sup> Dipartimento di Scienze Zootecniche. Università degli Studi di Torino, I-10095 Grugliasco (Torino), Italia.

<sup>2</sup> Dipartimento di Agronomia, Selvicoltura e Gestione del Territorio, Università degli Studi di Torino, I-10095 Grugliasco (Torino), Italia.

<sup>3</sup> Instituto de Ganadería de Montaña, Universidad de León – Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Departamento de Producción Animal, Universidad de León, 24071 León.

\* [s.lopez@unileon.es](mailto:s.lopez@unileon.es)

medir indirectamente a partir del avance de la línea de leche (ML) desde el ápice del grano. Bal *et al.* (1997) recomendaron una ML de 2/3, ya que con una recolección demasiado temprana puede obtenerse un forraje con bajo contenido energético debido a una menor acumulación de almidón en el grano, mientras que cuando la recolección es más tardía tanto el almidón como la fibra son menos digestibles, mermando así su valor nutritivo. El presente trabajo se planteó con el objetivo de estudiar el efecto de dos híbridos de diferentes clase FAO, sembrados en tres períodos diferentes y cosechados en dos fases diferentes de madurez sobre la producción y composición química, la digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS) y las predicciones del rendimiento productivo y de la energía neta de lactación (EN<sub>L</sub>) con el modelo Milk2006 (Shaver *et al.*, 2006).

## MATERIAL Y MÉTODOS

El ensayo fue llevado a cabo en 2008 en la granja experimental de la Universidad de Turín, en el oeste de llanura del Po, región italiana del Piemonte. Las muestras se obtuvieron de ensilados de maíz de dos híbridos comerciales con diferentes clases de madurez (Cisco, de clase FAO 300 y Arma, de clase FAO 700, NK Syngenta Seeds SpA, Madignano (CR), Italia) que se plantaron el 13 de marzo, el 9 de abril y el 14 de mayo 2008, utilizando en todos los casos 74.000 semillas / ha. La cosecha de maíz forrajero se realizó en dos fases diferentes de madurez, la primera con línea de leche (ML) entre 1/4 y 1/3, y la segunda entre 1/2 y 2/3 ML para ambos híbridos, con un total de doce parcelas (2 híbridos x 3 fechas de siembra x 2 grados de madurez) replicadas tres veces, que fueron distribuidas según un diseño de bloques al azar. De cada parcela se muestrearon al azar 30 plantas enteras, que se picaron a un tamaño de partícula aproximado de 12 mm. La línea de leche del núcleo se midió en granos de cinco plantas por parcela siguiendo la metodología propuesta por Afuakwa y Crookston (1984). El forraje picado de cada parcela se ensiló en silos de plástico de 30 litros y se conservó a 20 °C durante 240 días. Pasado este tiempo, los silos fueron abiertos y se tomaron muestras que se secaron en estufa de aire forzado a 60 °C y fueron molidas para realizar las determinaciones analíticas. Los contenidos en materia seca (MS), cenizas, proteína bruta (PB), extracto etéreo (EE) y almidón se determinaron según las técnicas convencionales descritas por la AOAC (2000). Los contenidos en fibra neutro detergente (FND), fibra ácido detergente (FAD) y lignina ácido detergente se determinaron mediante los métodos de Van Soest *et al.* (1991), utilizando la técnica Ankom. La digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS) se determinó de acuerdo con la técnica propuesta por Van Soest *et al.* (1966), con las modificaciones introducidas en el procedimiento Ankom-Daisy. Así, las muestras (0,25 g ± 0,01) se pesaron en bolsas de material sintético poroso y se incubaron en recipientes (24 bolsas por recipiente) que contenían 2 L de líquido ruminal diluido en una disolución amortiguadora (1:4). Los recipientes se colocaron en un incubador donde se mantuvieron a 39 °C con agitación constante y uniforme. Tras 48 h de incubación, las bolsas fueron lavadas con agua y secadas en una estufa a 60 °C. Posteriormente las bolsas se colocaron en el analizador de fibra Ankom para realizar una extracción con una solución de detergente neutro a 100 °C durante 1 hora. La incubación se repitió en cuatro semanas consecutivas, con el objeto de disponer de cuatro determinaciones para cada muestra. El modelo matemático Milk2006 se utilizó para predecir la producción de leche (kg/t MS ensilado o kg/ha) a partir de la composición química y la digestibilidad de los ensilados. Los datos obtenidos fueron analizados mediante un ANOVA según un diseño mixto de parcelas divididas, estudiando el efecto de tres factores experimentales (efectos fijos): fecha de siembra, variedad de maíz y fecha de cosecha. La fecha de siembra fue el factor principal, la variedad de maíz el factor de subparcela (dentro de cada parcela completa), y la fecha de cosecha el factor de sub-sub-parcela (dentro de cada subpar-



cela). Los análisis se realizaron utilizando el procedimiento MIXED de SAS. En las tablas se recogen los valores de la media y el error estándar de la media (EEM) para cada uno de los parámetros estudiados.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los datos de producción de forraje y la proporción de grano en la planta entera se presentan en la *Tabla 1*. Con el híbrido Arma se obtuvo una producción media de maíz forrajero y de MS un 40% superior que con el híbrido Cisco (P<0,001). La fecha de siembra influyó sobre el rendimiento de MS (P<0,05) con un ligero aumento en la segunda fecha respecto a la primera en el híbrido Cisco, y una disminución en la tercera fecha para ambos híbridos. El grado de madurez en el momento de la cosecha afectó la producción de maíz forrajero (P<0,001), con una disminución para ambos híbridos al avanzar el grado de madurez. El híbrido, la fecha de siembra y de cosecha afectaron de forma significativa a la proporción de grano en la planta entera. El híbrido Cisco mostró un valor superior respecto al híbrido Arma, y las diferencias entre ambos fueron mayores en la segunda y tercera fechas de siembra. En las plantas más maduras, con ML entre 1/2 y 2/3, la proporción de grano fue mayor.

*Tabla 1. Producción de forraje (forraje verde y materia seca, MS) y la proporción de grano en la planta entera de maíz*

Híbrido	Fecha	Madurez a la cosecha	Producción (t/ha)		Grano/planta (g/g)
			Forraje	MS	
Cisco (FAO 300)	Marzo	1/4 < ML < 1/3	64,4	17,7	0,366
		1/2 < ML < 2/3	57,2	17,9	0,511
	Abril	1/4 < ML < 1/3	65,0	20,0	0,471
		1/2 < ML < 2/3	50,9	19,1	0,525
	Mayo	1/4 < ML < 1/3	54,5	17,1	0,480
		1/2 < ML < 2/3	44,5	16,9	0,509
Arma (FAO 700)	Marzo	1/4 < ML < 1/3	88,7	25,3	0,380
		1/2 < ML < 2/3	80,8	27,0	0,450
	Abril	1/4 < ML < 1/3	92,7	26,7	0,395
		1/2 < ML < 2/3	86,3	26,0	0,447
	Mayo	1/4 < ML < 1/3	73,1	23,2	0,406
		1/2 < ML < 2/3	71,5	23,1	0,486
<i>Efecto fecha de siembra (S)</i>			**	*	*
<i>Efecto híbrido (H)</i>			***	***	***
<i>SxH</i>			*	NS	*
<i>Efecto grado de madurez (M)</i>			***	NS	***
<i>SxM</i>			NS	*	***
<i>HxM</i>			**	NS	NS
<i>SxHxM</i>			NS	NS	***
Error estándar de la media					
S			0,99	0,34	0,0056
H			0,81	0,28	0,0045
M			0,68	0,23	0,0040
<i>SxHxM</i>			1,68	0,57	0,0097

NS = no significativo (P>0,05); \* = P<0,05; \*\* = P<0,01; \*\*\* = P<0,001

Tabla 2. Composición química (g/kg MS) y digestibilidad in vitro de la MS (DIVMS) del ensilado de maíz y predicciones de la energía neta de lactación (NEL) y del rendimiento productivo en kg de leche (Milk2006)

Híbrido	Fecha de siembra	Madurez a la cosecha	MS (g/kg MF)	PB	FND	FAD	Almidón	DIVMS g/g MS	NE <sub>L-3x</sub> MJ/kg MS	Leche kg/t MS	Leche kg/ha
Cisco (FAO 300)	Marzo	1/4 < ML < 1/3	300	80	471	276	298	0,767	5,9	1304	23072
		1/2 < ML < 2/3	336	75	443	265	344	0,790	6,1	1368	24433
	Abril	1/4 < ML < 1/3	331	72	426	250	351	0,783	6,3	1395	28003
		1/2 < ML < 2/3	398	69	422	248	339	0,794	6,0	1318	25343
	Mayo	1/4 < ML < 1/3	342	67	450	274	338	0,784	6,2	1373	23658
		1/2 < ML < 2/3	400	69	412	244	366	0,780	5,8	1229	20725
Arma (FAO 700)	Marzo	1/4 < ML < 1/3	292	71	474	285	302	0,780	6,0	1330	34122
		1/2 < ML < 2/3	344	68	424	250	356	0,782	6,2	1376	37746
	Abril	1/4 < ML < 1/3	322	69	476	291	304	0,765	6,1	1340	35232
		1/2 < ML < 2/3	331	68	442	266	333	0,765	6,1	1346	34051
	Mayo	1/4 < ML < 1/3	334	69	471	285	313	0,751	5,9	1287	30432
		1/2 < ML < 2/3	360	70	456	268	322	0,773	5,9	1304	30138
Efecto fecha de siembra (S)			**	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	**
Efecto híbrido (H)			**	NS	*	NS	NS	*	NS	NS	***
SxH			*	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	*
Efecto grado de madurez (M)			***	NS	**	**	*	NS	NS	NS	NS
SxM			NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	*
HxM			**	NS	NS	NS	NS	NS	*	*	*
SxHxM			**	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Error estándar de la media											
S			5,3	2,1	10,8	7,7	8,0	0,0055	0,11	39,3	1299,9
H			4,7	1,7	9,3	7,3	7,3	0,0051	0,10	37,9	1279,9
M			4,7	1,6	9,1	7,2	7,1	0,0051	0,09	36,2	1272,8
SxHxM			7,4	4,2	15,0	11,2	13,9	0,0080	0,14	50,3	1486,7

NS = no significativo (P>0,05); \* = P<0,05; \*\* = P<0,01; \*\*\* = P<0,001

La composición química del ensilado de maíz se presenta en la *Tabla 2*. El grado de madurez afectó al contenido en MS, que aumentó para ambos híbridos en las plantas más maduras ( $P < 0,001$ ). Los contenidos de FND y FAD disminuyeron con la madurez ( $P < 0,01$ ), mientras que la concentración de almidón mostró una evolución opuesta a la de la fibra ( $P < 0,05$ ), debido al aumento de la proporción de grano en relación a la planta entera de maíz, de acuerdo con los datos ya publicados por otros autores (Argillier *et al.*, 1995; Bal *et al.*, 1997; Johnson *et al.*, 2002, 2003).

Los tratamientos (híbrido, fecha de siembra y grado de madurez) y los efectos de interacción sobre los datos de digestibilidad *in vitro* y las predicciones del rendimiento productivo y de la energía neta de lactación del ensilado se muestran en la *Tabla 2*. Se observaron diferencias significativas debidas al tipo de híbrido en la DIVMS, que fue inferior en el caso de Arma ( $P < 0,05$ ). Las diferencias en la digestibilidad se asocian con la composición química de las muestras, especialmente con su contenido en pared celular (Ivan *et al.*, 2005). Los valores de producción y de composición química del ensilado de maíz fueron utilizados como parámetros predictores en el modelo Milk2006 (Shaver *et al.*, 2006) para estimar la energía neta de lactación ( $NE_L$ ), la producción de leche por tonelada de MS (kg/t) y por hectárea (kg/ha). De acuerdo con los datos de producción y composición química, el potencial de producción de leche por hectárea se vio afectado tanto por el tipo de híbrido como por la fecha de siembra, mientras que la  $NE_L$  y el potencial de producción de leche por tonelada de ensilado no se vieron afectados por ninguno de los factores de variación estudiados.

## CONCLUSIONES

Con el híbrido de maíz de maduración más tardía (Armas, FAO 700) se obtuvo una mayor cantidad de ensilado que con el de maduración temprana (Cisco, FAO 300). Los tres factores de variación estudiados (híbrido, fecha de siembra y grado de madurez) afectaron al contenido en humedad del ensilado. Al cosechar el maíz con un mayor grado de madurez del grano se obtuvo un ensilado con mayor contenido en almidón y menor contenido en fibra. La digestibilidad *in vitro* de la MS fue mayor para la variedad Cisco. Las interacciones significativas entre el grado de madurez y la fecha de siembra o el tipo de híbrido, indican que el efecto del grado de madurez (entre 1/4 y 2/3 de línea de leche) varía para cada híbrido de maíz y fecha de siembra.

## Agradecimientos

Trabajo realizado con financiación de la Junta de Castilla y León para grupos de investigación de excelencia (GR 158).

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- AFUAKWA, J.J.; CROOKSTON, R.K., 1984. Using the kernel milk line to visually monitor grain maturity in maize. *Crop Sci.*, **24**, 687-691.
- ARGILLIER, O.; HEBERT, Y.; BARRIERE, Y., 1995. Relationships between biomass yield, grain production, lodging susceptibility and feeding value in silage maize. *Maydica*, **40**, 125-136.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS, 2000. *Official Methods of Analysis*, 17th ed. AOAC, Washington, DC, USA.
- BAL, M.A.; COORS, J.G.; SHAVER, R.D., 1997. Impact of the maturity of corn for use as silage in the diets of dairy cows on intake, digestion, and milk production. *J. Dairy Sci.*, **80**, 2497-2503.
- IVAN, S.K.; GRANT, R.J.; WEAKLEY, D.; BECK, J., 2005. Comparison on a corn silage hybrid with high cell-wall content and digestibility with a hybrid of lower cell-wall content on per-

- formance of Holstein cows. *J. Dairy Sci.*, **88**, 244-254.
- JOHNSON, L.; HARRISON, J.H.; HUNT, C.; SHINNERS, K.; DOGGETT, C.G.; SAPIENZA, D., 1999. Nutritive value of corn silage as affected by maturity and mechanical processing: a contemporary review. *J. Dairy Sci.*, **82**, 2813-2825.
- JOHNSON, L.; HARRISON, J.H.; DAVIDSON, D.; ROBUTTI, J.L.; SWIFT, M., 2002. Corn silage management I: effects of hybrid, maturity, inoculation, and mechanical processing on chemical and physical characteristics. *J. Dairy Sci.*, **85**, 833-853.
- JOHNSON, L.; HARRISON, J.H.; DAVIDSON, D.; HUNT, C.; MAHANNA, W.C.; SHINNERS, K., 2003. Corn silage management: effects of hybrid, maturity, chop length, and mechanical processing on rate and extent of digestion. *J. Dairy Sci.*, **86**, 3271-3299.
- SHAVER, R.; LAUER, J.; COORS, J.; HOFFMAN, P., 2006. Dairy Nutrition Spreadsheets. MILK2006 Corn Silage: Calculates TDN-1x, NEL-3x, Milk per ton, and Milk per acre. Milk2006corn-silagev1.xls. <http://www.uwex.edu/ces/dairynutrition/spreadsheets.cfm>. Accessed Jan. 13, 2010.
- VAN SOEST, P.J.; WINE, R.H.; MOORE, L.A., 1966. Estimation of the true digestibility of forages by the *in vitro* digestion of cell walls. Proceedings of the 10th International Grassland Congress, Helsinki, Finland, 438-441.
- VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A., 1991. Methods of dietary fiber, neutral detergent fiber and non-polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.*, **74**, 3583-3597.
- XU, S.; HARRISON, J.H.; KEZAR, W.; ENTRIKIN, N.; LONEY, K.A.; RILEY, R.E., 1995. Evaluation of yield, quality, and plant composition of early-maturing corn hybrids harvested at three stages of maturity. *Prof. Anim. Sci.*, **11**, 157-165.

## FACTORS AFFECTING NUTRITIVE VALUE OF MAIZE SILAGE: HYBRID, SO-WING DATE AND MATURITY

### SUMMARY

The aim of this study was to investigate the effects of maize hybrid, time of sowing and grain maturity at harvest on yield and quality of maize silage, *in vitro* digestibility and energy value, and the prediction of milk production by means of an estimative model. An experimental study was conducted in the Piedmont region (Italy), comparing three different sowing dates (March, April and May), two different maize hybrids (Cisko, an early FAO class 300, and Arma, a late FAO class 700) and two different stages of maturity at harvest (milk line (ML) «1/4 – 1/3» or «1/2 – 2/3»). Arma 700 yielded 40% more silage than Cisko 300 hybrid. All factors affected moisture content of silage. Kernel development at 1/2 – 2/3 ML increased DM and starch reducing fibre concentrations. The two hybrids differed significantly in *in vitro* DM digestibility (higher for Cisko 300), whereas planting dates and maturity stages had no effects. The analytical data obtained were then used as input variables in a model (Milk2006) for estimating the energy content and potential milk production from feeding silage.

**Key words:** chemical composition; *in vitro* digestibility; predicted milk production.

# COMPARATIVA DEL POTENCIAL FORRAJERO DE VARIEDADES HÍBRIDAS E HÍBRIDOS DE MAÍZ PARA EL CULTIVO ECOLÓGICO

A.B. MONTEAGUDO, L. CAMPO, B. SALLERES y J. MORENO-GONZÁLEZ \*

## RESUMEN

El cada vez mayor número de explotaciones ganaderas que realizan su actividad en ecológico ha propiciado el incremento en la demanda de forrajes ecológicos para alimentación animal. El incremento en la demanda de maíz forrajero cuyo origen sea ecológico implica la necesidad de obtener híbridos que se adapten a los sistemas productivos ecológicos y que permitan satisfacer dicha demanda de alimento ecológico.

En el INGACAL-CIAM se han obtenido híbridos a partir de variedades locales que se han evaluado en tres años y en cinco localidades junto con híbridos obtenidos a partir de líneas puras, para determinar y comparar el potencial productivo de dichos híbridos. Los híbridos obtenidos de las variedades locales mostraron mejor vigor, precocidad y rendimiento que los híbridos obtenidos de líneas puras. Así híbridos como EC49AxPontearreas y EC49AxRibadumia serían buenos candidatos para su utilización en cultivo ecológico y aunarían uno de los principios básicos de la Agricultura Ecológica, el uso de variedades locales, con los buenos rendimientos que el agricultor demanda.

**Palabras clave:** variedades locales, líneas puras, rendimiento forrajero, valor nutritivo.

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el mercado está demandando cada vez más la comercialización de productos libres de compuestos químicos y de síntesis artificial, que puedan suponer un riesgo para la salud, por ello, la Agricultura Ecológica ha experimentado un importante incremento en los últimos años y se está convirtiendo en una alternativa de producción.

A pesar de que el concepto de Agricultura Ecológica ya se desarrolla en los años 60, en España no es hasta 1997 cuando este tipo de agricultura comienza a tener relevancia y su presencia en los sistemas productivos adquiere mayor importancia (MARM, 2010) y, en la actualidad, despunta dentro de los países de la Unión Europea (MARM, 2010). La superficie de producción de cultivos forrajeros se ha incrementado en 2010 un 12% con respecto a 2009 (ESYRCE, 2010). Entre las especies forrajeras más empleadas para el ensi-

---

\* Departamento de Pastos y Cultivos. Instituto Galego de Calidade Alimentaria - Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo (INGACAL-CIAM). Apartado 10, 15080 A Coruña (España). [anamonteagudo@ciam.es](mailto:anamonteagudo@ciam.es)

lado está el maíz forrajero, con una superficie cultivada que superó en 2010 las 86 000 ha, constituyendo la especie forrajera más cultivada por detrás de la alfalfa, los cereales de invierno y las praderas (ESYRCE, 2010). Sin embargo, la superficie cultivada en ecológico es todavía menor que la superficie dedicada al cultivo convencional.

En la actualidad, el número de explotaciones ganaderas ecológicas es creciente y dado que el maíz para ensilado supone una parte mayoritaria en la alimentación ganadera, es importante obtener híbridos que se adapten a los sistemas productivos ecológicos para su comercialización e incremento de la actual superficie cultivada, obteniéndose unos rendimientos que permitan satisfacer la demanda de alimento ecológico (Reglamentos 2092/91, 1804/1999).

Entre los principios básicos de la Agricultura Ecológica están, entre otros, el incremento de la actividad biológica y la fertilidad del suelo a largo plazo, reducir al mínimo todas las formas de contaminación, o la potenciación de la biodiversidad disponible mediante el empleo de variedades locales o tradicionales y razas autóctonas. Sin embargo, las variedades locales son menos productivas que los híbridos, hecho por el cual, se han visto desplazadas de los cultivos extensivos a favor del empleo de híbridos comerciales.

En el INGACAL-CIAM se han desarrollado híbridos a partir del cruce de líneas puras y posterior selección de la descendencia e híbridos a partir del cruce directo entre variedades locales y una línea pura. De esta manera se aprovecharía el potencial genético existente en las variedades locales y el efecto heterótico experimentado por los híbridos. El objetivo de este trabajo fue la evaluación de híbridos obtenidos con variedades locales para estudiar su comportamiento agronómico y su calidad forrajera para así determinar su potencial para la comercialización. Además se comparó la calidad de estos híbridos con híbridos obtenidos tras varias generaciones de selección del cruce inicial entre líneas puras.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Se evaluaron 4 híbridos obtenidos del cruzamiento entre la línea EC49A y las variedades locales gallegas: Ribadumia, Forcarei, Porriño y Ponteareas. Junto con estos, se evaluó la colección de 33 híbridos F2S3 procedentes del cruzamiento entre las líneas (EC136x EC151)xEC214; además de 4 híbridos de la línea EC49A con las líneas EC22, EC133, EC179A y EC323A respectivamente; y los híbridos (A632xCM105)xEC214 y EC169xEC214. Las líneas empleadas en la obtención de los híbridos provienen de los programas de mejora genética desarrollados en INGACAL-CIAM.

La evaluación en campo de los híbridos se realizó en tres años y en cinco localidades: en el 2008 la evaluación se realizó en la localidad de Barbadás (Ourense); en 2009, en las localidades lucenses de Sobrado dos Montes (Friol) y Baralla, y en 2010, en las localidades lucenses de O Saviñao y Burgo de Negral (Friol). Las fincas empleadas estaban adscritas al Consejo Regulador de Agricultura Ecológica de Galicia (CRAEGA) y, por tanto, en condiciones de cultivo ecológico. La selección de las mismas se realizó en función de la presencia de explotaciones ganaderas y, por tanto, donde la futura demanda de forraje ecológico sería más relevante.

Se empleó un diseño experimental de Látice no balanceado con tres repeticiones, con un tamaño de parcela de 6,4 m<sup>2</sup> y a una densidad de siembra de 90 000 plantas por hectárea. Junto con los híbridos a evaluar se sembraron los híbridos comerciales LG3303, Nkthermo, Anjou290, Maverick, Furio, Pisuerga y Dukla, para su empleo como controles de los ciclos de crecimiento y características forrajeras de los actuales híbridos comercializados.

Durante el ciclo vegetativo del cultivo se observaron los caracteres de: vigor temprano (VTE), floración masculina (DFMAS) y floración femenina (DFEM). También se determinó la

presencia o ausencia de encamado (ENC) en cada parcela de ensayo. Tras la cosecha se tomó el peso total de planta de las parcelas y se separó una muestra para ser triturada de tres fracciones: planta entera, parte verde y mazorca. De las muestras trituradas por parcela se secaron 300 g a 80° C durante 16 horas. Tras el periodo de secado se tomó el peso final de las muestras para la determinación del contenido en materia seca y determinar el rendimiento en materia seca de la planta entera (RMS). A partir del peso de la planta entera por parcela y la materia seca se calculó el rendimiento de forraje en toneladas por hectárea (RF). Posteriormente, las muestras secas y molidas en un molino Christy-Norris a 1 mm, se analizaron por espectroscopia de reflectancia en el infrarrojo cercano (NIRS) para determinar: el contenido en materia orgánica (MO), la digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica (IVDMO), el contenido en proteína bruta (PB) y el contenido en almidón. Para el análisis de los espectros obtenidos se emplearon las ecuaciones de predicción desarrolladas por Campo *et al.* (2007).

El análisis estadístico de los resultados se realizó con el paquete estadístico SAS v.9.2 (SAS, 2008). Se calcularon las medias para los diferentes parámetros en cada híbrido evaluado y la separación de medias se realizó mediante un test MDS (F significativo  $p < 0,05$ ). Además de las medias individuales, también se calcularon las medias para el grupo de híbridos global, para el grupo de testigos y separando el grupo de los híbridos en: híbridos obtenidos por el cruce de líneas y los híbridos obtenidos del cruce entre variedades locales y la línea EC49A. En el caso del carácter de encamado, se aplicó la transformación de los datos según la fórmula  $(x+0,5)^{1/2}$  (Steel y Torrie, 1985).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, en las Tablas 1 y 2 se resumen las medias obtenidas al hacer la separación de los híbridos evaluados en grupos. En primer lugar aparecen las medias para el grupo de todos los híbridos del INGACAL-CIAM frente a los híbridos comerciales o testigos; en un segundo lugar, aparecen separadamente las medias de los híbridos en dos grupos: a) híbridos ((EC136xEC151)xEC214)F2S3, (A632xCM105)xEC214 y los híbridos de las líneas EC49A, EC22, EC133, EC179A, EC323A, EC169, EC214 y b) híbridos obtenidos del cruce de la línea EC49A con las variedades locales Ribadumia, Porriño, Forcarei y Pontearreas.

Tabla 1. Medias por grupos de genotipos para los caracteres agronómicos y de rendimiento forrajero

	VTE <sup>a</sup>		DFMAS		DFEM		ENC		RF		RMS	
Híbridos (global)	3,50	A*	77,41	A	80,95	A	1,19	A	10,54	A	6,81	A
Testigos	2,97	B	79,55	B	80,72	A	1,08	A	9,97	B	6,40	B
MDS (5%) <sup>b</sup>	0,17		0,60		0,72		0,11		0,54		0,37	
Híbridos F2S3 y de líneas puras	3,38	B	77,85	B	81,45	A	1,15	B	10,24	B	6,59	B
Híbridos de variedades locales	4,44	A	74,02	C	77,04	B	1,44	A	12,77	A	8,38	A
Testigos	2,97	C	79,55	A	80,72	A	1,08	B	9,97	B	6,40	B
MDS (5%)	0,21		0,73		0,89		0,13		0,66		0,45	

<sup>a</sup> VTE: vigor temprano, DFMAS: días a floración masculina, DFEM: días a floración femenina, ENC: encamado, RF: rendimiento forrajero (tMS/ha), RMS: rendimiento en materia seca en la planta entera (kgMS); <sup>b</sup>MDS: mínima diferencia significativa ( $\alpha=0,05$ ); \*las medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tabla 2. Medias por grupos de genotipos para los caracteres de calidad nutritiva

	MO <sup>a</sup>		PB		IVDMO		ALM	
Híbridos (global)	96,37	A*	4,93	A	67,87	A	44,84	A
Testigos	96,37	A	5,09	A	67,54	A	43,77	B
MDS (5%) <sup>b</sup>	0,22		0,18		0,62		0,77	
Híbridos F2S3 y de líneas puras	96,38	A	4,91	A	68,23	A	45,40	A
Híbridos de variedades locales	96,37	A	5,06	A	65,11	B	40,57	C
Testigos	96,37	A	5,09	A	67,54	A	43,77	B
MDS (5%)	0,27		0,23		0,77		0,94	

<sup>a</sup> MO: contenido en materia orgánica (%), PB: contenido en proteína bruta (%), IVDMO: digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica (%), ALM: contenido en almidón (%); <sup>b</sup> MDS: mínima diferencia significativa ( $\alpha=0,05$ ); \*las medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Comparando el grupo global de los híbridos con los testigos, se observan diferencias significativas para los caracteres de VTE, DFMAS, RF, RMS y ALM. Por lo tanto, podemos decir que, en cuanto a los caracteres agronómicos, los híbridos del INGACAL-CIAM presentan mayor vigor temprano (VTE) y son más precoces (DFMAS) que los comerciales. Para rendimiento forrajero (RF) nuevamente destacan los híbridos del INGACAL-CIAM, con un RF de 10,54 tMS/ha frente a las 9,97 de los híbridos comerciales. Otro de los caracteres de interés es el contenido de materia seca, dado que representa un papel importante en el ensilaje (Soto *et al.*, 2002) y para este parámetro, son también los híbridos INGACAL-CIAM los que destacan (6,81 kgMS) frente a los de los testigos comerciales (6,40 kgMS).

En cuanto a la calidad nutritiva, los híbridos INGACAL-CIAM sólo se diferencian estadísticamente de los comerciales en el porcentaje de almidón, sin embargo, para los otros tres parámetros de calidad la diferencia de medias no es significativa. Esta ausencia de diferencias significativa indicaría que los nuevos híbridos desarrollados se podrían equiparar a las calidades de los híbridos actualmente comercializados. Por otra parte, la ausencia de diferencias entre genotipos para caracteres de calidad nutritiva, como el contenido en materia orgánica (MO) o de proteína bruta (PB), coinciden con trabajos previos realizados en híbridos para forraje en condiciones de cultivo convencional y ecológico (Lewis *et al.*, 2004; Campo y Moreno, 2005; Monteagudo *et al.*, 2010). Sin embargo, estos parámetros pueden presentar diferencias significativas entre sistemas productivos dependiendo del abonado aportado a la parcela antes de la siembra (Campo *et al.*, 2010). La digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica se encuentra próxima al 68% al igual que la encontrada por otros autores (Argillier *et al.*, 2000; Monteagudo *et al.*, 2010). Este parámetro también ha mostrado diferencias dependiendo del sistema de abonado empleado (Campo *et al.*, 2010).

Teniendo en cuenta la separación del grupo de híbridos en dos grupos diferenciados, se observa medias significativamente diferentes para todos los caracteres agronómicos y de rendimiento, así como para los caracteres de digestibilidad de la materia orgánica (IVDMO) y contenido en almidón (ALM). Los híbridos obtenidos del cruce de la línea EC49A con las variedades locales destacan frente al grupo formado por los híbridos de líneas puras y F2S3. Dichos híbridos son significativamente más vigorosos, más precoces, presentan un mayor rendimiento forrajero, rozando las 12,8 tMS/ha y un mayor contenido en materia seca con 8,38 kgMS, estos datos están en consonancia con los resultados de Elizondo y Boschini (2002), los cuales obtuvieron un mayor rendimiento para maíz criollo frente a maíz híbrido. En contraposición, el grupo formado por los híbridos de líneas puras y F2S3 destacan en



cuanto a sus valores más elevados de digestibilidad de la materia orgánica y el contenido en almidón.

Dentro del grupo de los híbridos EC49A x variedades locales, destacan EC49Ax Pontareas y EC49AxRibadumia, ya que son más precoces y productivos, superando las 13 tMS/ha, además de presentar el mejor contenido en materia orgánica, proteína y digestibilidad de la materia orgánica de su grupo.

En el grupo de híbridos F2S3 e híbridos entre líneas, destacan 957F2S3 y EC22xEC49A como los de mejores características agronómicas (vigor, precocidad), de rendimiento (unas 14 tMS/ha) y de calidad nutritiva. Los híbridos 958F2S3 y 971F2S3 presentan un rendimiento en torno a las 13 tMS/ha y buena calidad nutritiva, sin embargo, no son tan vigorosos y precoces como los anteriores.

## CONCLUSIONES

El grupo de híbridos obtenidos en los programas de mejora del INGACAL-CIAM, igualan e incluso superan a los híbridos comerciales en caracteres como vigor, precocidad, y rendimiento forrajero y de materia seca, por lo que podrían ser empleados para su uso extensivo en agricultura ecológica.

Los híbridos obtenidos del cruce entre la línea EC49A y las variedades locales, se han mostrado superiores en vigor, precocidad y rendimiento, a los híbridos F2S3 e híbridos del cruce de líneas. A pesar de no haber sufrido sucesivos ciclos de selección, dichos híbridos ya muestran por sí mismos características adecuadas para su utilización para forraje. Estos híbridos suponen una alternativa muy adecuada para los agricultores ecológicos que hagan un cultivo extensivo para la producción de forraje.

## Agradecimientos

Este trabajo fue realizado gracias a la financiación recibida por la Xunta de Galicia, proyecto FEADER2008/25. Agradecer la colaboración recibida por parte de Calfensa Proyectos S.L. y del Consello Regulador da Agricultura Ecolóxica de Galicia (CRAEGA). Asimismo, agradecer la ayuda recibida por parte de P. Pulleiro y por los demás integrantes del Grupo de Maíces del INGACAL-CIAM. Y una mención especial a S. Pereira, por su ayuda y sus consejos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARGILLIER, O.; BARRIÉRE, Y.; DARDENNE, P.; EMILE, J.C.; HÉBERT, Y., 1998. Genotypic variability for in vitro criteria and relationships with in vitro digestibility in forage maize hybrids. *Plant Breeding*, **117**, 437-441.
- CAMPO, L.; MORENO, J., 2005. Estudio del efecto de la fecha de recolección en la calidad nutritiva y rendimiento del maíz forrajero (*Zea mays* L.). En: *Producciones agroganaderas: Gestión eficiente y conservación del medio natural*. OSORO et al. (Eds). Imprentas AsturGraf. Gijón (España), 641-648.
- CAMPO, L.; CASTRO, P.; MORENO-GONZÁLEZ, J., 2007. Calibración NIRS para estimar la digestibilidad de la materia orgánica de la planta entera de maíz en híbridos seleccionados para forraje. En: *Los sistemas forrajeros: entre la producción y el paisaje*. Pinto et al. (eds.). Neiker Tecnalia. Victoria-Gasteiz (España), 461-467.
- CAMPO, L.; MONTEAGUDO, A.B.; MORENO-GONZÁLEZ, J., 2010. Evaluación agronómica de genotipos de maíz forrajero para su introducción en cultivo ecológico. En: *Pastos: fuente natural de energía*. A. Calleja et al. (eds.). Area de publicaciones de la Universidad de León. Zamora-Miranda do Douro (España-Portugal), 127-133.
- ELIZONDO, J.; BOCHINI, C., 2002. Producción de forraje con maíz criollo y maíz híbrido.

- Agronomía mesoamericana*, **13**, 13-17.
- ESYRCE, 2010. *Encuesta sobre superficies y rendimientos de cultivos. Resultados nacionales y autonómicos*. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Madrid (España).
- LEWIS, A.L.; COX, W.J.; CHERNEY, J.H., 2004. Hybrid, maturity and cutting height interactions on corn forage yield and quality. *Agronomy Journal*, **96**, 267-274.
- MARM, 2010. *Estadísticas 2009. Agricultura Ecológica*. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Madrid (España). [www.mapa.es/es/alimentacion/pags/ecologica/documentos.htm](http://www.mapa.es/es/alimentacion/pags/ecologica/documentos.htm)
- MONTEAGUDO, A.B.; CAMPO, L.; SALLERES, B.; MORENO-GONZÁLEZ, J., 2010. Estudio preliminar del rendimiento y la calidad nutritiva de híbridos de maíz forrajero en cultivo ecológico. En: *Pastos: fuente natural de energía*. A. Calleja et al. (eds.). Area de publicaciones de la Universidad de León. Zamora-Miranda do Douro (España-Portugal), 235-240.
- SAS, 2008. SAS/Stat User's Guide, v.9.2, SAS Institute Inc., Cary, NC (EEUU).
- SOTO, P.; JAHN, E.; ARREDONDO, S., 2002. Población y fertilización nitrogenada en un híbrido de maíz para ensilaje en el valle central regado. *Agricultura técnica*, **62**, 255-265.
- STEEL, R.G.D; TORRIE, J., 1985. *Bioestadística. Principios y procedimientos*. 2ª ed. McGraw-Hill (México).

## COMPARISON OF FORAGE POTENTIAL OF MAIZE HYBRID OBTAINED FROM LANDRACES AND HYBRIDS DERIVED FROM PURE LINES FOR ORGANIC CROP CONDITIONS

### SUMMARY

The increasing number of cattle farms engaged in organic activity has led the increase in demand for organic forage for animal feed. The increase in demand for forage maize whose origin is organic implies the need to obtain hybrids that are adapted to the productive organic systems and satisfy the demand for organic food.

In the INGACAL-CIAM have been obtained hybrid from landraces that have been evaluated in three years and five locations along with hybrids derived from inbred lines, to identify and compare the productive potential of these hybrids. Hybrids derived from landraces showed better vigour, precocity and forage yield as hybrids derived from inbred lines. Hybrids such as EC49AxPontareas and EC49AxRibadumia would be good candidates for use in organic crop and join one of the basic principles of Organic Crop, the use of landraces, with the good yields to the farmers demand.

**Key words:** landraces, inbred lines, forage yield, nutritive value.

# INFLUENCIA DEL NÚMERO DE PASTOREOS INVERNALES SOBRE LA PRODUCCIÓN Y COMPOSICIÓN DEL CULTIVO DE ALFALFA EN REGADÍO

C. CHOCARRO, J. LLOVERAS y R. FANLO \*

## RESUMEN

La alfalfa (*Medicago sativa* L.) es uno de los cultivos más importantes de los regadíos de Lleida y de todo el Valle del Ebro, además de ser una de las plantas más apreciadas por los ganaderos como alimento para sus animales. La presencia de malas hierbas es uno de los problemas más graves de este tipo de cultivo, ya que acarrearán consecuencias negativas (pérdida de calidad forrajera y de producción) para el cultivo. Una forma de controlar la población de malas hierbas es el empleo de herbicidas así como del pastoreo. Nuestro objetivo fue analizar el efecto del número de pastoreos invernales con ovino, sobre la composición de la biomasa (alfalfa, malas hierbas y necromasa) y su calidad, a lo largo del invierno y en el rebrote primaveral.

Se ha comprobado que la cantidad de alfalfa se redujo ampliamente debido al pastoreo selectivo de las ovejas, aunque esto no afecta al rebrote primaveral ya que fue similar en los tres tipos de tratamientos (sin pastoreo, 1 pastoreo, 2 pastoreos). La cantidad de malas hierbas y necromasa se vio influida negativamente en el primer corte de primavera, mientras que a lo largo del invierno se observa el efecto contrario. Nuestros resultados indican que, un segundo pastoreo no difiere del efecto que tiene uno solo.

**Palabras clave:** *Medicago sativa*, malas hierbas, calidad forrajera, MS.

## INTRODUCCIÓN

Una de las causas frecuentes de la falta de productividad de los alfalfares es la invasión de los mismos por malas hierbas. Esta vegetación espontánea compite con la alfalfa para conseguir luz, humedad y elementos fertilizantes que le son necesarios. Ello trae consigo un debilitamiento de la alfalfa, cuya densidad va disminuyendo hasta quedar en inferioridad o incluso llegar a desaparecer. Aparte de estas consecuencias directas, hay otras que, aunque menos aparentes, tienen graves repercusiones económicas. El control de estas malas hierbas, bien por medios culturales o químicos, repercute sobre la alfalfa, reduciendo cuando menos temporalmente su productividad, obligando a unos gastos extraordinarios que hay que sumar a los normales del cultivo (Del Pozo, 1976).

---

\* Centre UdL-IRTA. Rovira Roure 191. 25198. Lleida (España).

La problemática que presentan las malas hierbas es que pueden reducir la calidad y digestibilidad del heno recolectado. Además, pueden ser huéspedes intermedios de parásitos animales y vegetales, que a su vez atacan al cultivo y exigir tratamientos. Un pastoreo invernal es una buena herramienta para su eliminación. No obstante, existen especies que son rechazadas por el ganado (*Rumex sp.*), otras pueden resultar tóxicas en distinto grado (*Senecio jacobea*, algún *Equisetum sp.*, etc.) y algunas otras conferir olores o sabores indeseables a la leche o a la carne producida por el ganado (*Allium sp.*) (Zaragoza y García, 1984).

Las principales especies arvenses en el Valle del Ebro son ecológicamente indiferentes, pudiendo prosperar en la mayoría de suelos y situaciones agroclimáticas. Muchas de ellas germinan y se desarrollan durante el invierno (*Capsella bursa-pastoris*, *Poa annua*, *Rumex crispus*) ya que necesitan frío para su germinación, precisamente en la época en que la alfalfa se encuentra en reposo. En general, tienen tiempo de producir semilla antes del primer corte. Por lo que un pastoreo invernal puede reducir el tamaño de sus poblaciones.

La agresividad de las malas hierbas difiere según las especies y su abundancia. En general las de hoja ancha (dicotiledóneas) compiten más con la alfalfa que las gramíneas. Algunas malas hierbas, especialmente las plurianuales, poseen potentes sistemas radiculares (*Taraxacum officinale*); otras de menor tamaño, pueden ser tan abundantes que lleguen a tapizar la capa más fertilizada (*Poa annua*).

La alfalfa es preferentemente una planta de siega, aunque hay muchos casos en donde se aprovecha de forma mixta. En algunas zonas del Valle del Ebro, los alfalfares desempeñan un importante papel en la alimentación de la cabaña ovina estante, ya que en invierno los animales pastan los rastros del cereal y el rebrote de los alfalfares que, en estos momentos del año, están en reposo. De esta manera, los alfalfares contribuyen a optimizar la producción ganadera aprovechando los recursos disponibles.

El objetivo principal de este ensayo fue analizar la influencia del pastoreo invernal con ganado ovino, en la producción y composición del heno de alfalfa.

## MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el término municipal de Gimenezells, comarca del Segriá, en la provincia de Lleida. Se seleccionó un campo de regadío de alfalfa de la variedad Aragón, de tercer año de implantación. Se encuentra situado a 254 m s.n.m. y sus coordenadas son 41°40'N y 4°05'E.

En la parcela se instalaron a principios de diciembre 4 exclusiones de 25 m<sup>2</sup> como testigos (donde no entraron los animales a pastar). A mediados de diciembre se realizó el primer pastoreo. Una vez acabado éste, se colocaron otras 4 exclusiones (zonas de un solo pastoreo) y el 15 de enero se llevó a cabo el segundo pastoreo en el resto de la superficie. Por último, a mediados de abril, se realizó el primer corte para heno en todas las exclusiones. Todas las muestras de forraje fueron recolectadas justo antes de estas fechas. Los pastoreos fueron de un día de duración, hasta que las ovejas se comieron todo el pasto disponible.

Las muestras (de 0,5 x 0,5 m<sup>2</sup>) recolectadas en cada exclusión fueron separadas en tres fracciones: alfalfa, malas hierbas y necromasa. Una vez secadas en estufa de aire forzado a 60°C durante 48 h, se pesaron en balanza de precisión obteniéndose la MS de cada una de las fracciones. Posteriormente se analizaron los contenidos de proteína y fibras utilizando metodología NIRS.

Los efectos del pastoreo sobre la composición y cantidad de biomasa se analizaron estadísticamente mediante la realización de una ANOVA utilizando el programa estadístico SPSS v11.5 y las medias se separaron mediante un test LSD.

## RESULTADOS

Los resultados de la aplicación de dos pastoreos, uno o ninguno, se presentan agrupados en dos formas diferentes como son: los cambios que se producen en la biomasa y su

composición a lo largo del crecimiento invernal y las características del primer corte de primavera para heno.

### Oferta invernal

Según se muestra en la *Tabla 1* se presentan los pesos secos medios de cada fracción así como los porcentajes correspondientes. Se puede observar una disminución significativa de la cantidad de alfalfa en función del número de pastoreos mientras que aumenta la proporción de malas hierbas y necromasa.

En las parcelas testigo (sin pastoreos), la mayor parte de la biomasa de la parcela está formada por alfalfa, más del 80%, mientras la cantidad de malas hierbas y necromasa es muy baja (12 y 4% respectivamente). Tras el primer pastoreo la proporción de alfalfa sufre una gran reducción (del 84 al 18%) mientras que las malas hierbas y necromasa aumentan (de 12 a 53% y de 4 a 28% respectivamente). Esto se debe a que las ovejas son animales selectivos en cuanto a su alimentación, consumiendo preferentemente la alfalfa, que es más apetecible que otras especies (Baumont, *et al.*, 1990). Después del segundo pastoreo, la alfalfa casi ha desaparecido del todo (3%), lo que nos sigue demostrando la selectividad alimentaria de las ovejas. La cantidad y la proporción de necromasa y malas hierbas han aumentado de nuevo después de este segundo pastoreo (hasta 62 y 35% respectivamente).

*Tabla 1.* Contenido de alfalfa, malas hierbas y necromasa en la materia seca en el muestreo invernal, para cada uno de los tratamientos

Tratamiento	Alfalfa		Malas hierbas		Necromasa		Peso Total	
	g/m <sup>2</sup>	%	g/m <sup>2</sup>	%	g/m <sup>2</sup>	%	g/m <sup>2</sup>	%
Sin pastoreo	72,2 a	83,9	10,3 b	12,0	3,5 b	4,0	86,0 a	100
1 pastoreo	11,2 b	18,0	33,4 a	53,6	17,7 a	28,4	62,3 b	100
2 pastoreos	2,6 c	3,3	48,3 a	61,7	27,4 a	35,0	78,2 ab	100
<b>LSD</b>	<b>8,97</b>	<b>12,30</b>	<b>16,91</b>	<b>14,82</b>	<b>11,37</b>	<b>12,86</b>	<b>16,76</b>	
<b>ANOVA</b>								
	g.l.							
Tratamiento	2	0,0001 **	0,0001 **	0,004 **	0,0004 **	0,0060 **	0,0020 **	0,0360 **
Repetición	3	0,163 ns	0,289 ns	0,322 ns	0,959 ns	0,390 ns	0,755 ns	0,021 **
Error	6	26,899	50,549	95,521	73,376	43,189	55,261	93,885

El análisis de la varianza indica (*Tabla 1*) que las diferencias significativas más importantes están entre las zonas sin pastoreo y las zonas pastadas. Tanto con un pastoreo como con dos, la cantidad de alfalfa es significativamente menor que en la no pastoreada. Ha habido un aumento considerable de malas hierbas y necromasa en ambos casos debido al consumo selectivo del ganado.

Si comparamos el efecto de un pastoreo o dos, se observa una reducción significativa de la cantidad de alfalfa, ya que en el segundo pastoreo las ovejas consumieron la poca alfalfa que quedaba en la parcela. Por lo demás, no se observan diferencias respecto a la cantidad de malas hierbas ni de necromasa, aunque se observa una tendencia al aumento con dos pastoreos.

En lo que respecta a la calidad de la biomasa invernal en función de los tratamientos realizados (*Tabla 2*) podemos observar una disminución de proteína (PB) al pastorear el cul-

tivo durante el invierno originado por el consumo selectivo de alfalfa por parte del ganado. Por el contrario, el contenido en fibras es inferior en las parcelas no pastadas y además hay más contenido de las diferentes fibras: FB (fibra bruta), FAD (fibra ácido-detergente) y FND (fibra neutro-detergente) con un sólo pastoreo que con dos. Se podría suponer que ha habido un consumo de tallos de alfalfa ante la escasez de la oferta forrajera.

**Tabla 2. Porcentaje de FB, FAD, FND y PB en la materia seca de las muestras de oferta invernal para cada uno de los tratamientos**

Tratamiento		% FB	% FAD	% FND	% PB
Sin pastoreo		19,11 c	24,78 c	36,03 c	22,60 a
1 pastoreo		23,57 a	29,49 a	43,15 a	17,20 b
2 pastoreos		20,90 b	26,07 b	40,79 b	16,86 b
<b>ANOVA</b>	gl				
Tratamiento	2	0,0025 *	0,0016 *	0,0000 **	0,0000 **
Repetición	3	0.892 ns	0.943 ns	0.987 ns	0.825 ns

### Oferta primaveral

En este apartado se analiza la influencia del pastoreo invernal en la primera cosecha. Tal y como se ve reflejado en la *Tabla 3*, se produce una reducción significativa de la biomasa total entre la parcela sin pastar y las pastadas, debido al control ejercido por las ovejas sobre las malas hierbas y la necromasa. Estas cantidades de biomasa son equiparables a las obtenidas por Delgado *et al.* (2003) en otras localidades del Valle del Ebro.

La cantidad de alfalfa no es significativamente diferente en los tres tratamientos. Por lo tanto, en las parcelas sin pastoreo el rebrote de la alfalfa ha sido equiparable al de las otras, aunque el crecimiento de malas hierbas y la acumulación de necromasa ha sido mucho mayor en las zonas sin pastoreo: tenemos mayor producción de forraje pero de peor calidad ya que la proporción de alfalfa no llega al 20%, valores semejantes a los de Chocarro *et al.* (2005) en estudios precedentes.

Tal y como se muestra en la *Tabla 3*, existen diferencias significativas de las parcelas sin pastoreo respecto a las que ha habido tanto un pastoreo como dos, excepto en la variable de biomasa de alfalfa. Ésto sugiere, que el pastoreo no influye en el rebrote de la alfalfa, lo cual concuerda con el estudio de Delgado (1989), en el que afirma que la persistencia de la alfalfa es una característica específica del cultivo. En cambio, sí que es importante resaltar su influencia en la cantidad de malas hierbas y necromasa, de las cuales ha habido una disminución significativa.

En cuanto a la comparación entre un pastoreo y dos, no hay diferencias significativas en las diferentes fracciones. Tan sólo indicar la distinta proporción de necromasa, que con dos pastoreos es menor. Por lo tanto, la aplicación de un segundo pastoreo en la parcela no influye, aunque los datos muestran tendencia a la reducción de malas hierbas y necromasa.

La calidad forrajera del corte primaveral queda reflejada en el la *Tabla 4*. Se observa cómo la proteína bruta es significativamente mayor cuando se ha efectuado uno o dos pastoreos, ocurriendo lo contrario con el contenido en fibras (FB, FAD, FND). Estos resultados reflejan la composición del forraje primaveral que contiene menos malas hierbas y necromasa en las zonas pastadas (*Tabla 3*) y que coincide con nuestros resultados obtenidos previamente (Chocarro *et al.*, 2001).

Tabla 3. Contenido en Materia Seca de Alfalfa, malas hierbas y necromasa de la oferta primaveral para cada uno de los tratamientos

Tratamiento	Alfalfa		Malas hierbas		Necromasa		Peso Total	
	g/m <sup>2</sup>	%	g/m <sup>2</sup>	%	g/m <sup>2</sup>	%	g/m <sup>2</sup>	%
Sin pastoreo	41,6 a	17,1	124,3 a	59,0	49,4 a	23,9	215,4 a	100
1 pastoreo	42,3 a	45,3	45,7 b	45,0	10,3 b	9,7	98,3 b	100
2 pastoreos	44,6 a	54,8	35,2 b	40,7	3,7 b	4,4	83,3 b	100
<b>LSD</b>	<b>46,92</b>	<b>15,00</b>	<b>51,18</b>	<b>12,04</b>	<b>11,12</b>	<b>5,31</b>	<b>102,71</b>	
<b>ANOVA</b>								
	g.l.							
Tratamiento	2	0,988 ns	0,0021 **	0,011 *	0,023 *	0,001 **	0,0003 **	0,038 *
Repetición	3	0,859 ns	0,293 ns	0,529 ns	0,383 ns	0,219 ns	0,385 ns	0,616 ns
Error	6	735,548	75,193	874,865	48,466	41,288	9,420	3523,95

Tabla 4. Porcentaje de FB, FAD, FND y PB en la materia seca de las muestras de oferta primaveral para cada uno de los tratamientos

Tratamiento		% FB	% FAD	% FND	% PB
Sin pastoreo		25,15 a	30,03 a	43,51 a	13,74 b
1 pastoreo		24,24 a	29,35 a	42,05 a	15,50 b
2 pastoreos		21,69 b	27,36 b	38,72 b	18,77 a
<b>ANOVA</b>	gl				
Tratamiento	2	0,0052 **	0,016 *	0,0004 **	0,0046 **
Repetición	3	0,958 ns	0,947 ns	0,97 ns	0,997 ns

## CONCLUSIONES

Durante el aprovechamiento invernal, el pastoreo reduce el porcentaje de biomasa aportado por la alfalfa, debido a la alimentación selectiva de las ovejas. Esto supone un incremento significativo de la proporción de malas hierbas y necromasa. La calidad refleja esta misma tendencia ya que las zonas sin pastoreo presentan mayor contenido en PB y menor en proporción de fibras que las pastoreadas.

El forraje del primer corte se ve influido negativamente por el pastoreo en la producción de biomasa total, ya que se ve afectada la cantidad de malas hierbas y necromasa, pero no afecta significativamente al rebrote de la alfalfa. La aplicación de un segundo pastoreo no modifica significativamente los resultados de cosecha primaveral obtenidos al efectuar un solo pastoreo. La calidad de este forraje refleja un incremento del contenido en proteína bruta con el número de pastoreos y un descenso de las fibras.

En función de las necesidades del agricultor (disponibilidad del rebaño) se podría recomendar la utilización de 2 pastoreos del cultivo sin una reducción sensible de la producción de biomasa pero con un incremento de la calidad en la cosecha primaveral.

## Agradecimientos

Este trabajo se ha realizado gracias al apoyo económico del proyecto INIA-RTA2009-00063-C02.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAUMONT, R.; SEGUIER, N.; DULPHY, J. P., 1990. Rumen fill, forage palatability and alimentary behaviour in sheep. *Journal of Agricultural Science*, **115**, 277-284.
- CHOCARRO, C.; LLEDÓ, M.; FANLO, R.; LLOVERAS, J., 2001. Effect of winter grazing on the protein contents of alfalfa spring re growth. *Options Mediterraneennes. Serie A: Seminaires Mediterraneens*, **45**, 253-255.
- CHOCARRO, C.; LLOVERAS, J.; FANLO, R., 2005. Effects of winter grazing on spring production of lucerne under Mediterranean conditions. *Grass and Forage Science*, **60**, 146-150.
- DELGADO, I., 1989. Effects of sheep grazing on dry matter production and persistence of a lucerne crop. En: *Proceedings of 16th International Grassland Congress, Nice (Francia)*, 1611-1612.
- DELGADO, I.; MUÑOZ, F.; JOY, M., 2004. Determinación de la curva de crecimiento de la alfalfa. En: *Pastos y ganadería extensiva*, B. GARCIA CRIADO *et al.* (Eds). Gráficas Cervantes SA. Salamanca (España), 439-444.
- DEL POZO, M., 1976. *La alfalfa, su cultivo y aprovechamiento*. Ediciones Mundi-Prensa, 380 pp. Madrid (España).
- SPSS, 2002. SPSS para Windows Version 11.5. SPSS NC. 1989-2002.
- ZARAGOZA, C.; GARCIA, A., 1984. Malas hierbas. En: *Cultivo de la alfalfa en los regadíos del Duero y Ebro*. Publicaciones de Extensión Agraria. Madrid (España), 83-99.

## INFLUENCE OF THE WINTER NUMBER GRAZING IN THE PRODUCTION AND COMPOSITION OF THE ONE IRRIGATION ALFALFA CROP

### SUMMARY

Alfalfa (*Medicago sativa* L.) crops are an important part of the cropping systems based on the alfalfa-corn-wheat rotation in the Ebro Valley. In this sequence, the winter pasture of the alfalfa stubble is a good support to the livestock local system. Moreover, grazing eliminates the weeds and necromass.

The paper summarizes the effect of one, two and neither grazing in the production and DM composition in the first spring cut and during winter growth.

Alfalfa proportion was minimum in the pastured sites by the effect of sheep selective grazing during winter. In the spring cut quantity of weeds and necro-mass was influenced negatively, whereas throughout the winter the opposite effect is observed. Our results indicate that, two grazing does not differ from the effect that has the only one.

**Key words:** *Medicago sativa*, weeds, forage quality, DM



# EVOLUCIÓN ANUAL DE LA PRODUCCIÓN DE FORRAJE Y DEL CONTENIDO EN PROTEÍNA BRUTA DE UN CULTIVO DE ALFALFA CV. ARAGÓN

I. DELGADO<sup>1</sup>, F. MUÑOZ<sup>1</sup>, M. JOY<sup>1</sup> y D. ANDUEZA<sup>2</sup>

## RESUMEN

Se determinó el crecimiento medio diario de un cultivo de alfalfa cv 'Aragón' en condiciones de regadío, en Zaragoza, durante el periodo 2003-2006. Para ello se evaluó la producción de forraje y su contenido en proteína bruta con una periodicidad media de siete días, mediante una adaptación del método de Corral y Fenlon (1978). El periodo productivo de la alfalfa tuvo lugar entre mediados de abril y principios de noviembre. La máxima producción anual de materia seca fue de 17 326 kg ha<sup>-1</sup> y se obtuvo el segundo año; el ciclo más productivo fue el tercero con 3036 kg ha<sup>-1</sup> y el máximo crecimiento se alcanzó el 20 de junio de 2005 con 128 kg ha<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>. El contenido en proteína bruta disminuyó desde 24,5% analizado a primeros de abril, hasta 18,7% a mediados de julio, para incrementarse hasta finales de octubre, momento en el que alcanzó 26,4%. Los resultados permiten gestionar la explotación de un alfarar, al disponer de la evolución de su producción de materia seca y contenido en proteína bruta a lo largo de cuatro años de vida del mismo.

**Palabras clave:** *Medicago sativa* L., crecimiento diario, siega, rendimiento del cultivo, regadío.

## INTRODUCCIÓN

La alfalfa (*Medicago sativa* L.) es el segundo cultivo forrajero en España en superficie ocupada y el primero en producción cosechada. Durante 2008, se cultivaron 147 302 ha cultivadas en regadío y 68 879 ha en secano con una producción de más de unas 10 000 000 Tm de forraje verde. El principal aprovechamiento del forraje es conservado en forma de heno o deshidratado, destinándose a ello el 55% y 41% de la superficie cosechada respectivamente. La principal zona productora de alfalfa es el nordeste de España que integra el valle del Ebro, acogiendo el 58% de la superficie nacional y el 69% de la producción. En esta área, la alfalfa se aprovecha mediante siega en el 95% de la superficie sembrada (MAPA, 2009).

La importancia del cultivo se debe a su alta producción de materia seca (MS) y proteína bruta (PB) en regadío, con rendimientos medios anuales por hectárea estimados en 12 500 kg MS y 450 kg N respectivamente. Además, es un cultivo que tiene una alta capacidad de fijación de nitrógeno y mejora la estructura del suelo, lo que tiene un efecto bene-

<sup>1</sup> Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón. Avda. Montañana 930. 5059 Zaragoza (España).

<sup>2</sup> INRA. URH. 63122 Saint Genes Champanelle (Francia).

ficioso en los cultivos posteriores. Consecuentemente, la alfalfa es un cultivo que se utiliza frecuentemente en alternativas con otros cultivos en suelos de pH básico.

Las acciones encaminadas a mejorar la explotación del cultivo, como son un mejor conocimiento de la distribución de la producción de forraje y del contenido en PB a lo largo del periodo productivo redundarán en beneficio de su expansión en las zonas de producción. El objetivo del presente trabajo fue estudiar la curva de crecimiento diario y la evolución del contenido en PB en función de la fecha de corte de un alfalfar en regadío.

## MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se efectuó en una parcela regada por inundación en Zaragoza, durante el periodo 2003-2006. La temperatura media anual del periodo de ensayos fue de 14,7 °C y las extremas de las temperaturas medias mensuales, -2,1 °C y 34,3 °C, destacando la mínima diaria absoluta de -10,3 °C. La precipitación media anual osciló entre 250 y 459,9 mm. La parcela se situó en un suelo aluvial de textura franca; no salino, 0,24 dS m<sup>-1</sup> (CE 1:5); pH en agua (1:2,5), 8,20; materia orgánica 1,99%; P Olsen 7,03 mg kg<sup>-1</sup> y K (extracto acetato amónico) 134,0 mg kg<sup>-1</sup>.

El experimento consistió en evaluar el crecimiento diario de la alfalfa, según el método de Corral y Fenlon (1978). Dicho método, desarrollado en gramíneas, establece la curva de crecimiento diario, utilizando cuatro parcelas que se siegan rotacionalmente con una periodicidad semanal. En cada corte se evalúa la producción de MS y cada ciclo productivo tiene una duración de 28 días. Corral y Fenlon (1978) asumen que el crecimiento diario correspondiente a la semana *t* es el que expresa la fórmula  $(A_1Y_t + A_2Y_{t+1} + A_3Y_{t+2} + A_4Y_{t+3})/28$ , donde *Y<sub>t</sub>*, *Y<sub>t+1</sub>*, *Y<sub>t+2</sub>* e *Y<sub>t+3</sub>* son la producción de forraje al final de las semanas *t*, *t+1*, *t+2* y *t+3*, y  $A_1 = A_2 = A_3 = A_4 = 1/4$  si se asume que el ritmo de crecimiento del cultivo es lineal o  $A_1 = 7/16$ ,  $A_2 = 5/16$ ,  $A_3 = 3/16$  y  $A_4 = 1/16$  si es una aproximación cuadrática simple.

Para el estudio se utilizaron cuatro parcelas de 10 m<sup>2</sup> (2x5 m) distribuidas en bloques al azar con tres repeticiones. La siembra se realizó el 18 de septiembre de 2002, utilizando el cv. 'Aragón' a la dosis de siembra de 30 kg ha<sup>-1</sup>. Como abonado de fondo se aportaron 600 kg ha<sup>-1</sup> de complejo 8-24-8 y 500 kg ha<sup>-1</sup> del mismo abono complejo en invierno en los años siguientes. La parcela se regó por inundación con una frecuencia mínima de 12 días en los meses estivales.

La fecha media de siega para el inicio del estudio fue el 12 de abril y la final el 3 de noviembre. La estimación de la producción de MS se realizó mediante la siega de dos cuadros de 0,5 m<sup>2</sup> por parcela que se secaron a 60 °C en estufa de ventilación forzada hasta peso seco constante. Seguidamente las muestras se molieron y se determinó su contenido en PB por el método de Dumas (A.O.A.C., 1990).

El análisis estadístico para comparar la producción semanal de MS se realizó mediante el paquete estadístico ANOVA (SAS, 2003), considerando la fecha de corte como tratamiento. La comparación de medias se efectuó mediante el test LSD de la mínima diferencia significativa.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se realizaron siete cortes por parcela a lo largo del año. La fecha de siega, estado fenológico, producción de MS y contenido en PB del forraje en cada una de las cuatro parcelas que se utilizaron en cada ciclo productivo, se presentan en la *Tabla 1*.

Las siegas se efectuaron con una periodicidad semanal, según el método de Corral y Fenlon (1978), salvo en el primer y último ciclo productivos, en los que su duración fue mayor de cuatro semanas, según las observaciones apreciadas en estudios previos (Delgado *et al.*, 2004), por lo que en ambos ciclos las parcelas se segaron con intervalos de nueve días.

Tabla 1. Kg de materia seca (MS) ha<sup>-1</sup>, porcentaje de proteína bruta (PB) y estado fenológico de los cortes realizados para establecer la curva de crecimiento diario de la alfalfa en regadío en Zaragoza

Ciclo productivo	Orden del corte	Fecha de corte	Estado fenológico	2003	2004	2005	2006	Total años	% PB X±DE
1		11.04	NR 1 cm	1347	1603	1862	1817	6629	24,5±1,77
2		11.05	1% fl.	1461	2207	2339	1668	7675	22,3±1,48
3		11.06	10%	2241	2884	2337	2379	9842	20,5±1,43
4	1º	7.07	20%	2592	2449	2230	2221	9491	19,4±1,02
5		3.08	25%	1852	2490	1749	1561	7652	19,5±1,26
6		1.09	5%	1596	1755	964	857	5173	21,8±2,09
7		4.10	vegetativo	1601	1403	1004	619	4628	23,5±1,93
<b>Total</b>				<b>12 691a</b>	<b>14 791b</b>	<b>12 485b</b>	<b>11 123</b>	<b>51 090c</b>	
1		20.04	NR 3 cm	1322	1986	2319	1685	7312	23,5±1,25
2		19.05	5%	1423	2912	1425	2321	8081	23,6±0,99
3		18.06	20%	2485	3134	2837	2538	10994	19,7±1,11
4	2º	14.07	30%	1921	3061	2179	2158	9319	20,0±1,03
5		10.08	15%	2005	2164	1877	1423	7469	20,8±0,91
6		8.09	1%	1448	2274	1006	791	5519	23,4±0,98
7		13.10	vegetativo	914	1482	922	639	3958	23,0±1,54
<b>Total</b>				<b>11 517bc</b>	<b>17 013a</b>	<b>12 565b</b>	<b>11 556</b>	<b>52 651bc</b>	
1		25.04	NR 5 cm	1255	2455	1999	1817	7525	22,1±1,32
2		26.05	10%	1818	3119	1950	2666	9552	21,1±2,58
3		25.06	25%	2162	3122	3864	2604	11752	18,7±1,08
4	3º	21.07	30%	1639	3170	2479	1825	9112	20,9±1,53
5		17.08	15%	1814	2331	1690	1249	7085	21,4±2,08
6		16.09	IBF	1584	1738	1472	1219	6013	22,8±1,27
7		21.10	vegetativo	799	1391	1039	595	3824	24,7±1,97
<b>Total</b>				<b>11 071c</b>	<b>17 326a</b>	<b>14 492a</b>	<b>11 975</b>	<b>54 864ab</b>	
1		3.05	IBF	1437	2752	2370	2244	8804	22,4±1,75
2		3.06	10%	1888	4003	2817	2618	11326	21,1±1,41
3		3.07	50%	2536	3212	3345	3214	12308	19,1±1,46
4	4º	28.07	30%	2432	2831	2390	1836	9489	20,1±0,96
5		24.08	10%	1827	1953	1293	785	5859	21,9±0,94
6		25.09	IBF	1370	1720	1140	1185	5415	23,1±1,59
7		30.10	vegetativo	531	596	748	493	2367	26,4±1,04
<b>Total</b>				<b>12 021b</b>	<b>17 068a</b>	<b>14 103a</b>	<b>12 376</b>	<b>55 568a</b>	
Signific.				**	**	**	NS	**	

NS= P>0,05; \*\* = P<0,01; NR = Nuevo rebrote; IBF = Inicio de botón floral; DE = Desviación estándar

En los cuatro años de estudio se observó que la producción total de MS fue significativamente superior en las parcelas en las que la primera siega fue a finales de abril o primeros de mayo (P<0,01), siendo las menos productivas las parcelas en las que la siega se inició a primeros o mediados de abril. El año de máxima producción fue el segundo con 17 136 kg de MS ha<sup>-1</sup>.

El estado fenológico de la alfalfa en el momento del corte en los diferentes tratamien-

tos muestra que el primero y el séptimo corte no florecieron, y que los cortes practicados en las fechas centrales del verano siempre superaron el 10% de floración debido a la aceleración en el proceso de la floración que tiene lugar en dicho periodo.

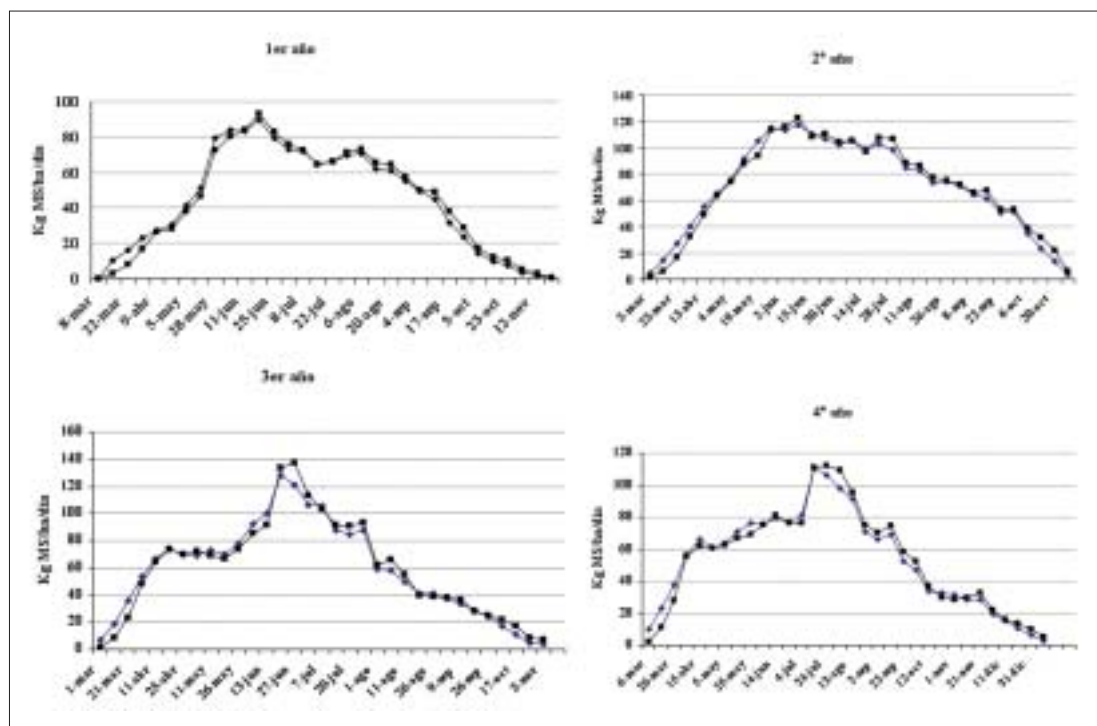


Figura 1. Curvas de crecimiento de la alfalfa cv 'Aragón' en regadío, Zaragoza (◆, lineal; ■, cuadrática).

El crecimiento diario de la alfalfa en los diferentes años se muestra en la Figura 1. Si se analizan las curvas diseñadas asumiendo un crecimiento lineal, se aprecia que el crecimiento se inició a primeros de marzo y se detuvo a principio de noviembre, y que los máximos diarios tuvieron lugar entre el 9 de junio y el 14 de julio. El primer año el máximo crecimiento diario se alcanzó el 18 de junio con 89,4 kg de MS ha<sup>-1</sup>día<sup>-1</sup> y se observaron crecimientos superiores a 70 kg de MS ha<sup>-1</sup>día<sup>-1</sup> entre el 28 de mayo y 8 de julio. En años sucesivos los crecimientos máximos se alcanzaron: en el segundo año el 9 de junio con 117,3 kg de MS ha<sup>-1</sup>día<sup>-1</sup> y crecimientos superiores a 90 kg de MS ha<sup>-1</sup>día<sup>-1</sup> entre el 12 de mayo y 28 de julio, y el tercer año, el 20 de junio con 127,9 kg de MS ha<sup>-1</sup>día<sup>-1</sup> y crecimientos superiores a 80 kg de MS ha<sup>-1</sup>día<sup>-1</sup> entre el 3 de junio y 26 de julio. El cuarto año, el 14 de julio con 110,2 kg de MS ha<sup>-1</sup>día<sup>-1</sup> y superiores a 70 kg de MS ha<sup>-1</sup>día<sup>-1</sup> entre el 15 de mayo y 23 de agosto. La curva diseñada asumiendo un crecimiento cuadrático simple fue muy similar a la lineal en los años primero y segundo pero muestra máximos de crecimiento diario superiores en el tercero con 137,1 kg de MS ha<sup>-1</sup>día<sup>-1</sup> el 27 de junio y en el cuarto con 112,3 kg de MS ha<sup>-1</sup>día<sup>-1</sup> el 24 de julio.

Los resultados productivos globales muestran que los ciclos más productivos fueron el segundo, tercero y cuarto. Estos resultados son coincidentes con otros aportados en la bibliografía en condiciones similares (Hidalgo, 1966; Lloveras *et al.*, 1998; Delgado, 2003; García Criado *et al.*, 2010), y difieren a los encontrados por Salvia *et al.* (2004) en secano en el Ampurdán, donde las mayores producciones anuales se obtuvieron el tercer año. En general, en los experimentos anteriores hubo seis ciclos productivos. En nuestro experimen-

to hubo siete debido a lo ajustado de las fechas de corte, realizando los cortes a veces en estados fenológicos precoces, lo que posibilitó aumentar en uno, el número de ciclos

El contenido medio en PB (años 2003-2006) y la desviación estándar de cada uno de los cortes (con tres repeticiones) se muestra la *Tabla 1*. Aquel decreció desde el 24,5%, en el primer corte practicado a primeros de abril, hasta el 19,7% a finales de julio, para remontan hasta 26,4% a finales de octubre. La evolución del contenido en PB de la alfalfa a lo largo del año, sobre la base de todos los cortes practicados se muestra en la *Figura 2*.

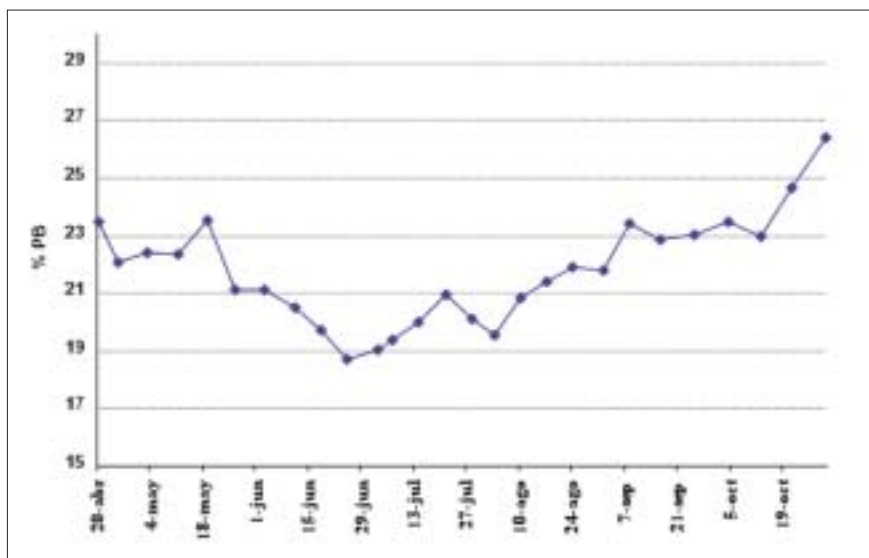


Figura 2. Evolución del contenido en proteína bruta (PB) en un alfalfar cv 'Aragón' en el momento del corte, en regadío, en Zaragoza. Media de cuatro años.

El contenido en PB fue superior al inicio de primavera y al final del verano, alcanzando los valores más bajos en el verano. Ello podría estar relacionado con el estado fenológico en el que se practicaron los cortes, vegetativo o botón floral al comienzo de la primavera y final del verano, y entre el 10% y el 50% de la floración a lo largo del verano. Este comportamiento fue similar al apreciado en otros estudios (Andueza *et al.*, 2001).

## CONCLUSIONES

En las condiciones de estudio, el periodo productivo de la alfalfa tuvo lugar entre primeros de abril y principio de noviembre. La máxima producción anual de MS fue de 17 326 kg ha<sup>-1</sup> y se obtuvo el segundo año; el ciclo más productivo fue el tercero con 3036 kg ha<sup>-1</sup> y el máximo crecimiento se alcanzó el 20 de junio de 2005 con 128 kg ha<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>. El contenido en PB disminuyó desde el 24,5%, analizado a primeros de abril, hasta el 18,7% a mediados de julio; posteriormente se incrementó hasta alcanzar el 26,4% a finales de octubre.

## Agradecimientos

Este estudio ha sido financiado por los proyectos RTA03-031 y RTA200-00105-C02-01.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDUEZA, D.; MUÑOZ, F.; MAISTERRA, A.; DELGADO, I., 2001. Forage yield and crude protein content of lucerne cultivars established in the Ebro Middle Valley. Preliminary results. *Options Méditerranéennes. Serie A: Séminaires Méditerranéens*, **45**, 73-76.

- A.O.A.C., 1990. *Official Methods of Analysis of the Association of Official Agricultural Chemists*. 15<sup>a</sup> edición, 1298 pp. Arlington, USA.
- CORRALL, A.J.; FENLON, J.S., 1978. A comparative method for describing the seasonal distribution of production from grasses. *J. Agric. Sci. Camb.*, **91**, 61-67.
- DELGADO, I. 2003. La alfalfa. Estudio comparativo de variedades comercializadas en España. *Agricultura*, **854**, 592-596.
- DELGADO, I.; MUÑOZ, F.; JOY, M., 2004. Determinación de la curva de crecimiento de la alfalfa. En: *Pastos y Ganadería Extensiva*, 439-444. B. GARCÍA CRIADO *et al.* (Eds.). Salamanca (España).
- GARCÍA CRIADO, L.; LORENZO MARTÍN, L.F.; VÁZQUEZ DE ALDANA, B.R.; GARCÍA CIUDAD, A.; PETISCO, C.; GARCIA-CRIADO, B., 2010. Producción de 26 variedades de alfalfa en el oeste español durante cinco años. En: *Pastos: Fuente natural de energía*, 209-214. A. CALLEJA *et al.* (Eds.). Ed. Universidad de León, León (España).
- HIDALGO, F., 1966. *Clasificación de las alfalfas españolas*. Asociación de Investigación para la Mejora de la Alfalfa (Ed.), 86 pp. Zaragoza (España).
- LLOVERAS, J.; LÓPEZ QUEROL, A.; BETBESÉ, J.; BAGA, M.; LOPEZ FERNANDEZ, A., 1998. Evaluación de variedades de alfalfa en los regadíos del Valle del Ebro. Análisis de las diferencias intervarietales. *Pastos*, **28**, 37-56.
- M.A.P.A., 2009. *Anuario de estadística agroalimentaria*. Ed. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid (España).
- SALVIA, J.; SERRA, J.; ARAGAY, M.; GRATOVIL, M., 2004. Evaluación de la producción y de la calidad forrajera de variedades de alfalfa (*Medicago sativa* L.), en el Nordeste de España. En: *Pastos y ganadería extensiva*, 479-485. B. GARCÍA CRIADO *et al.* (Eds.). Salamanca (España).
- SAS, 2003. *SAS user's guide: Statistics version 9.1*. SAS Institute Inc., Cary, NC 27513, USA.

## ANNUAL EVOLUTION OF FORAGE YIELD AND CRUDE PROTEIN CONTENTS OF A LUCERNE CV 'ARAGON' CROP

### SUMMARY

The mean daily growth of lucerne cv 'Aragon' crop was determined under irrigation conditions in Zaragoza during the period 2003-2006. Forage yield and crude protein percentage were evaluated every seven days as average applying the method of Corral and Fenlon (1978). The productive period of lucerne was from middle April to early November. The annual maximum dry matter yield was 17 326 kg ha<sup>-1</sup> in the second year, the third cut was the most productive with 3 036 kg ha<sup>-1</sup>, and the maximum growth was reached on 20 June 2005 with 128 kg ha<sup>-1</sup> day<sup>-1</sup>. The crude protein percentage decreased from 24.5% at early April to 18.7% at mid-July; later, it increased up to 26.4% at late October. These results represent a contribution to the optimization of lucerne crops management.

**Keywords:** *Medicago sativa* L., daily growth, harvest, dry matter, irrigation.

# DESARROLLO AGROMORFOLÓGICO Y CONTENIDO EN PROTEÍNA BRUTA DE DOS TIPOS DE ESPARCETAS DURANTE EL PRIMER CICLO PRODUCTIVO

S. DEMDOUM<sup>1</sup>, F. MUÑOZ<sup>2</sup> e I. DELGADO<sup>2</sup>

## RESUMEN

El desarrollo agromorfológico y el contenido en proteína bruta (PB) de dos tipos de esparceta, el cv. 'Cotswold Common' de un corte y la población local 'Reznos' de dos cortes, fueron evaluados en plantas cultivadas en contenedores, durante el primer ciclo productivo, en Zaragoza. Se evaluaron siete estados fenológicos, de vegetativo a semilla seca, en los cuales se determinó: número de folíolos por hoja; número y diámetro de los tallos; inflorescencias por planta; relación hoja:tallo; longitud, diámetro y peso de la raíz, corona y parte aérea; y contenido en PB. El tamaño y peso de las plantas se incrementó con la progresión en los estados fenológicos, a la vez que disminuía la relación hoja:tallo hasta el estado de 'semilla seca' en el que se produjo la emisión de nuevos brotes. La proporción de hojas fue mayor en el cv. 'Cotswold Common', aunque no hubo diferencias significativas en producción de forraje entre los dos tipos de esparcetas. El contenido en PB descendió significativamente con el envejecimiento de las plantas, desde el 20,2% al 12,5% en estado de 'semilla seca'. La esparceta mantuvo su nivel de producción y de calidad durante un largo periodo de tiempo lo que podría facilitar el manejo del cultivo.

**Palabras clave:** *Onobrychis viciifolia* Scop., variedades, estados fenológicos, forraje.

## INTRODUCCIÓN

La esparceta (*Onobrychis viciifolia* Scop.) es una planta forrajera muy apreciada por los ganaderos por su apetecibilidad, alto valor nutritivo y no producir meteorismo en los animales (Delgado *et al.*, 2002; Min *et al.*, 2003). Existen dos tipos de esparcetas, las denominadas de "un corte o comunes" que no florecen el año de siembra, cuando se siembran en primavera, y las de "dos cortes o gigantes" que florecen el año de siembra y presentan mayor vigor a la salida del invierno, lo que permite realizar el primer corte más tempranamente y efectuar así dos cortes. Ambos tipos presentan diferencias morfológicas como el grosor y la altura de los tallos, la foliosidad, etc., que pueden influir en el valor nutritivo del forraje (Michelena y Hycka, 1988).

---

<sup>1</sup> 40bis rue Gambetta. 69200 Vénissieux (Francia).

<sup>2</sup> Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón. Avda. Montañana 930. 50059 Zaragoza (España).

Asimismo, su composición química, como en cualquier forraje, puede estar afectada por las condiciones del cultivo y su estado de desarrollo (Buxton, 1996). Por ello, la determinación precisa de la calidad del forraje durante las fases de su desarrollo es crucial para la elección del estado óptimo de cosecha, en el cual se busca un compromiso entre el nivel de producción, la calidad del forraje y la persistencia del cultivo.

El objetivo de este trabajo fue determinar el número de folíolos por hoja; número y diámetro de los tallos; inflorescencias por planta; proporción de hojas; longitud, diámetro y peso de la raíz, corona y parte aérea; y contenido en PB, en siete estados fenológicos de la esparceta, de 'vegetativo' a 'semilla seca'. Este seguimiento se efectuó en el primer corte, dado su peso preponderante en la producción anual (De Falco *et al.*, 2000), utilizando dos tipos de esparceta, 'Cotswold Common' y 'Reznos', de un corte y dos cortes respectivamente.

## MATERIAL Y MÉTODOS

En mayo de 2008, se sembraron dos variedades de esparceta, 'Cotswold Common' de un corte y 'Reznos' de dos cortes, en contenedores de 50 l, rellenos con un suelo de textura francoarenosa, pH en agua 8,28 (1:2,5), C.E. (1:5) de 0,18 dS/m y fertilidad media (MO 2,07%, P Olsen 13,75ppm, K en extracto de acetato amónico 60ppm), al que se añadió un capa superficial de 5 cm de tierra de esparcetal para facilitar la inoculación con *Rhizobium* spp. Las temperaturas medias durante el experimento fueron, 6,0 °C de mínima y 23,2 °C de máxima, y las precipitaciones del periodo, 472,5 mm. Los contenedores se regaron por goteo con una aportación de cuatro litros de agua y una frecuencia semanal a quincenal, según las necesidades medioambientales. En cada contenedor se establecieron 12 plantas. Durante el primer ciclo productivo de 2009 (Tabla 1), se vaciaron tres contenedores por variedad en cada uno de los siete estados fenológicos que se describen, según Delgado *et al.* (2010), a continuación:

1. Las plantas no presentan tallos con botones florales: vegetativo (V)
2. Al menos 50% de los tallos presentan botones florales: botón floral (BF)
3. Al menos 10% de los tallos florales presentan inflorescencias con 2-3 flores abiertas: inicio de floración (IF)
4. Al menos 50% de los tallos florales presentan inflorescencias con el 50% de las flores abiertas: plena floración (PF)
5. Al menos 50% de los tallos florales presentan inflorescencias con flores abiertas solamente en la parte superior de la inflorescencia: final de floración (FF)
6. Al menos 50% de los tallos florales presentan inflorescencias con solo vainas verdes: semilla verde (SV)
7. Al menos 50% de los tallos florales presentan inflorescencias con vainas virando a marrón: semilla seca (SS)

**Tabla 1: Fecha de evaluación de las variedades de esparceta 'Cotswold Common' y 'Reznos' en los estados fenológicos: vegetativo (V), botón floral (BF), inicio de floración (IF), plena floración (PF), final de floración (FF), semilla verde (SV) y semilla seca (SS)**

Variedad	Estado fenológico						
	V	BF	IF	PF	FF	SV	SS
'Cotswold Common'	18.02.09	06.04.09	17.04.09	20.04.09	05.05.09	22.05.09	29.05.09
'Reznos'			21.04.09	04.05.09	15.04.09		

En cada vaciado se realizaron las siguientes anotaciones en las doce plantas: longitud, diámetro y peso de la raíz; diámetro y peso de la corona; longitud y peso de la parte aérea;



número y diámetro de los tallos; número de foliolos (contados sobre la quinta hoja desde el ápex); número de inflorescencias y contenido en nitrógeno de la planta según el método de Dumas (A.O.A.C., 1990), transformado a PB multiplicándolo por el factor 6,25. La proporción de hojas (foliolos más peciolo), tallos y restos (inflorescencias más materia muerta) se determinó sobre tres plantas por contenedor. Los resultados obtenidos se analizaron, utilizando el programa SAS (2004), con el fin de determinar el efecto de los bloques y las relaciones entre los diferentes caracteres mediante análisis de varianza y regresión simple. Los porcentajes fueron transformados con arcoseno previo al análisis y los conteos con log(n+1).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El seguimiento de la evolución fenológica de las dos variedades en el primer ciclo productivo mostró diferencias entre ellas; la más notable fue la mayor precocidad de 'Cotswold Common' frente a 'Reznos'. 'Cotswold Common' alcanzó el estado de IF cuatro días antes que 'Reznos' y el de PF 16 días antes (Tabla 1).

El valor de los parámetros medidos en los siete estados fenológicos, media de las dos variedades, se muestra en la Tabla 2. El valor de los parámetros medidos en ambas variedades, media de los siete estados fenológicos, se muestra en la Tabla 3.

Tabla 2: Valores medios por planta del número de tallos, longitud de la parte aérea (PA, cm), número de inflorescencias, peso PA (g), peso de la raíz (g), y contenido en PB (%)

	N° tallos		Long PA		N° inflorescencias		Peso PA		Peso raíz		PB	
V	10,4	a	13,1	a	0	a	13,2	a	7,1	a	20	a
BF	9,6	a	32,6	b	0	a	41,8	b	7,3	a	17	b
IF	8,3	ab	59,1	c	10,1	b	43,1	b	4,8	b	17	b
PF	6,8	b	60,6	c	5,8	c	40	b	5	b	16	b
FF	6,3	b	57,5	c	10,1	b	38,4	b	6	ab	16	bc
SV	6,2	b	58,2	c	7,9	b	36,9	b	5,6	ab	13	c
SS	22,8	c	63,8	c	6	c	23,9	c	4,7	b	13	c

Letras distintas dentro de cada columna indican diferencias significativas (P<0,05)

Tabla 3: Valores medios por planta de los parámetros medidos en las variedades 'Cotswold Common' y 'Reznos'

Parámetro	'Cotswold Common'	'Reznos'
Longitud raíz (cm)	12,0	12,5
Longitud parte aérea (cm)	44,5	54,0
N° foliolos*	23,9	22,2
Área foliolos (cm <sup>2</sup> )*	3,2	4,1
Ø raíz (mm)*	7,8	9,2
Ø corona (mm)	28,4	30,5
N° tallos	10,3	9,8
Ø tallos* (mm)	3,6	4,2
N° inflorescencias	9,0	7,0
Proporción hojas (%)	32,5	31,3
Peso seco parte aérea (g)	33,0	34,3
Peso seco raíz (g)	5,1	7,6
Peso seco corona (g)	5,4	6,2
Contenido en PB (%)	16,8	14,7

Los parámetros señalados con \* presentan diferencias significativas (P<0,05) entre variedades

Desde la salida del invierno, la longitud de la parte aérea aumentó hasta alcanzar su longitud máxima en el estado de IF. El peso de la parte aérea máximo, 43g/planta, se obtuvo ya en el estado de BF y se mantuvo constante a lo largo de la floración para disminuir en el estado de SS, hasta los 24 g/planta. Otros autores apreciaron una evolución creciente del peso de la MS a medida que avanzaba el proceso de floración (Borreani *et al.*, 2003) o la producción inferior se manifestó únicamente en el estado de botón floral (Alibés *et al.*, 1979). En ambos trabajos el estudio se realizó en siembra densa. Sin embargo, Delgado *et al.* (2010) en siembras con plantas espaciadas no obtuvieron ningún crecimiento apreciable en los últimos estados fenológicos. El peso de la corona fue constante de V a SV con 6.8g/planta pero se redujo en SS a 4g/planta. El peso de la raíz decreció a partir de BF, probablemente en relación con la formación de semillas y la emisión de nuevos tallos a partir del FF (Tabla 2).

Este aumento en el número de tallos tuvo repercusión sobre el fraccionamiento de la planta (Figura 1). En los primeros estados, la proporción de hojas aumentó hasta la PF, estado en el cual comenzó a disminuir en beneficio del compartimento 'restos' (que incluye las inflorescencias y pecíolos, además de las partes muertas de la planta); a partir del estado SV, el aumento en número de tallos hizo aumentar su participación en el peso total de la planta, al igual que muestran los resultados de Borreani *et al.* (2003).

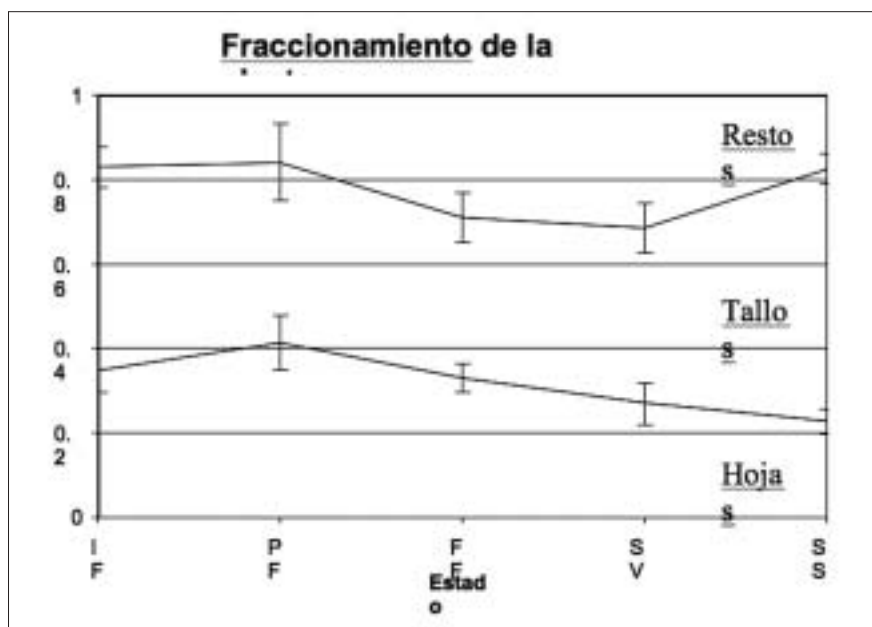


Figura 1: Evolución de la proporción de hojas, tallos y restos en la esparceta a lo largo de su desarrollo, durante el primer ciclo productivo.

El número de inflorescencias definitivo se estableció en IF y no hubo más incremento significativo (Tabla 2). El diámetro de las raíces y coronas no estuvo afectado por el efecto estado. El diámetro de los tallos se redujo de V a BF para estabilizarse en los siguientes estados. Relacionado con la proporción de hojas, el contenido en PB decreció de V a BF (20,3% a 17,3%) y se mantuvo estacionario de BF a PF, disminuyendo nuevamente en SV y SS (~12,5%), resultados que son concordantes con los aportados por Whitehead y Jones (1969 y Delgado *et al.* (2010).

Considerando como criterios de interés, la producción de forraje y el contenido en PB, se puede apreciar que la esparceta mantuvo su nivel de producción y de calidad desde BF

a FF, lo que podría facilitar el aprovechamiento del cultivo, al contrario que otros cultivos como la alfalfa que requieren que su aprovechamiento se realice en los primeros estados florales (Smith, 1972).

Las dos variedades, además de diferencias en precocidad, mostraron diferencias morfológicas significativas en la masa foliar, diámetro de la raíz y del tallo (Tabla 3). 'Reznos' presentó foliolos de mayor área aunque menos numerosos que 'Cotswold Common', y mayor diámetro del tallo y de raíz, así como mayor peso de raíz y corona. Estos resultados son concordantes con la descripción que de ambos tipos realizaron Michelena y Hycka (1988).

## CONCLUSIONES

El seguimiento agromorfológico y del contenido en PB de dos tipos de esparcetas durante el primer ciclo productivo permitió establecer un periodo de aprovechamiento de 20 días, entre BV y FF, en el cual se mantiene estable la cantidad y calidad del forraje. La esparceta de un corte mostró menor desarrollo, tallos más finos y mayor cantidad de foliolos que la esparceta de dos cortes.

## Agradecimientos

A A. Legua, M.A. Céspedes, A. Martínez y J.A. Tanco por su colaboración técnica. Este trabajo ha sido financiado por la Comisión Europea (Proyecto MRTN-CT-2006-035805).

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALIBÉS, X.; RODRÍGUEZ, J.; GERIA, R.; MUÑOZ, F., 1979. Valor alimenticio de la esparceta (*Onobrychis viciaefolia*, Scop.). *Pastos*, **9** (1), 8190.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS, 1990. Official Methods of Analysis, 15th ed. The Association: AOAC International, Maryland (USA), 1298 pp.
- BORREANI, G.; PEIRETTI P. G.; TABACCO E., 2003. Evolution of yield and quality of sainfoin (*Onobrychis viciifolia* Scop.) in the spring growth cycle. *Agronomie*, **23**, 193-201.
- BUXTON, D. R., 1996. Quality-related characteristics of forages as influenced by plant environment and agronomic factors. *Animal feed*, **59** (1), 37-49.
- DE FALCO, E.; LANDI, G.; BASSO, F., 2000. Production and quality of the sainfoin forage (*Onobrychis viciaefolia* Scop.) as affected by cutting regime in a hilly area of southern Italy. *Cahiers Options Méditerranéennes*, **45**, 275-279.
- DELGADO, I.; ANDRES, C.; SIN, E.; OCHOA, M. J., 2002. Estado actual del cultivo de la esparceta (*Onobrychis viciifolia* Scop.). Encuesta realizada a agricultores productores de semilla. *Pastos*, **32** (2), 235-247.
- DELGADO, I.; MUÑOZ, F.; DEMDOUM, S., 2010. Evolution of the feeding value of sainfoin as affected by the phenological development. *Cahiers Options méditerranéennes*, **92**, 193-198.
- MICHELENA, A.; HYCKA, M., 1988. Diferenciación y caracterización de dos tipos de esparceta (*Onobrychis viciifolia* Scop.) cultivada en España. *Investigación Agraria: Producción y Protección vegetales*, **3** (3), 285-290.
- MIN, B.R.; BARRY, T.N.; ATTWOOD, G.T.; MCNABB, W.C., 2003. The effect of condensed tannins on the nutrition and health of ruminants fed fresh temperate forages: a review. *Animal Feed Science and Technology*, **106**, 3-19.
- PARDO, A.; DE FALCO, E.; DE FRANCHI, A.S., 2000. Dynamics of shoot and root growth and adaptation to the environment of sainfoin (*Onobrychis viciaefolia* Scop) in a hilly area of southern Italy. *Cahiers Options Méditerranéennes*, **45**, 271-274.
- SAS, 2003. SAS User's Guide, version 9.1. SAS Instute, Inc., Cary, NC 27513, USA.
- SMITH, D., 1972. Cutting schedules and maintaining pure stands. In: *Alfalfa science and technology*. C.H. Hanson (Ed), American Society of Agronomy, **15**, 481-496.

WHITEHEAD, D.C.; JONES, E.C., 1969. Nutrient elements in the herbage of white clover, red clover, lucerne and sainfoin. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **20**, 584-591.

## **AGROMORPHOLOGIC DEVELOPMENT AND CRUDE PROTEIN CONTENT OF TWO TYPES OF SAINFOIN DURING THE FIRST PRODUCTIVE CYCLE**

### **SUMMARY**

The agro-morphologic development and the chemical composition of two types of sainfoin, common type cultivar 'Cotswold Common' and giant landrace 'Reznos', were evaluated, during the first productive cycle, in pot-grown plant, in Zaragoza. Seven phenologic stage were determined, in which were assessed the number of leaflet per leaf, number of stem and inflorescence per plant, ratio leaf to stem, length, diameter and weight of root, crown and aerial part, and the crude protein content of the forage. Size and weight of the plant raised up with the progression in phenology, meanwhile the ratio leaf to stem went down to the dry seed stage when were produced new shoots. The CP content decreased significantly with the aging of the plant, from 20.2% to 12.5 in dry seed stage. Sainfoin maintained its properties during a wide period of time resulting in an improved management.

**Key-words:** *Onobrychis viciifolia* Scop., varieties, phenological stage, forage.

## INFLUENCIA DE MICORRIZAS Y FERTILIZACIÓN MINERAL EN EL ESTADO NUTRICIONAL DE LA CEBADA

A. GARCÍA-CIUDAD, C. PETISCO, B.R. VÁZQUEZ-DE-ALDANA, M.A. JIMÉNEZ MATEOS, V.O. GONZÁLEZ, L. GARCÍA-CRIADO y B. GARCÍA-CRIADO \*

### RESUMEN

En este trabajo se pretende conocer la influencia de diversas micorrizas, incorporadas conjuntamente con la fertilización mineral, en el estado nutricional (N, P y K) de plantas de cebada, cultivada en una zona de secano semiárido de la provincia de Salamanca. Se utilizan distintos tipos y dosis de micorrizas asociadas o no, a cuatro tratamientos de fertilizante mineral. Se consideran muestras de planta que incluyen hoja bandera, en la fase fenológica de grano en estado lechoso. La fertilización mineral aplicada conjuntamente con la adición de inoculantes micorrícicos, incrementa significativamente las concentraciones de N y K en las muestras de hoja bandera, pero no la de P. El efecto de la fertilización mineral es nítido, aunque no así el de las micorrizas, en cuyo caso no se obtiene una respuesta clara. Las concentraciones de N y K están positiva y altamente correlacionadas entre sí, pero no con la de P. Además, se obtienen también coeficientes de correlación positivos y estadísticamente significativos entre las concentraciones de N y K con el peso de materia seca por planta.

**Palabras clave:** composición química, fertilizante, microorganismos, *Hordeum vulgare*

### INTRODUCCIÓN

El cultivo de la cebada (*Hordeum vulgare* L.) ocupa el cuarto lugar en importancia entre los cereales, después del trigo, maíz y arroz. Tiene una gran diversidad de aplicaciones, entre las que cabe destacar la utilización en alimentación animal, bien como forraje asociada generalmente a una leguminosa, o formando parte de las dietas en forma de pienso.

Es de sobra conocido que la producción de biomasa y de grano de los cereales se incrementa notablemente con la adición de fertilizantes químicos nitrogenados y que el uso excesivo de los mismos puede generar problemas medioambientales. Ello es debido, entre otros factores, a su relativamente baja eficiencia, ya que la mitad del N incorporado al suelo de esa forma, se pierde por desnitrificación y lixiviación dando lugar a la eutrofización de las aguas, aumento de nitratos en el agua potable y aparición de nitrosaminas en el medioambiente (Rivera *et al.*, 2010; Velázquez *et al.*, 2010). A esto se suma la progresiva carestía de estos productos, surgiendo como alternativa la utilización de productos biológicos (biofertilizantes), entre los que se incluyen micro-

---

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

organismos como hongos micorrícicos (micorrizas), que pueden jugar un papel importante para la sostenibilidad de los ecosistemas. Los microorganismos influyen no solo en el desarrollo y crecimiento de las plantas, favoreciendo la absorción de nutrientes, sino que también contribuyen en la protección de la planta frente a patógenos del suelo (Guerra Sierra, 2008).

La producción de biomasa total está directamente relacionada con el contenido de algunos nutrientes, por lo que el diagnóstico del estado nutricional de la planta se realiza principalmente con fines agrícolas y se toma como base el análisis químico del material vegetal (Gárate y Bonilla, 2000). Concretamente, en el cultivo de la cebada puede ser un indicador no sólo de la producción y calidad como recurso forrajero, sino también de la producción de grano. Para el diagnóstico se utiliza generalmente el contenido en elementos de las hojas. El objetivo de este trabajo es estudiar el efecto de las micorrizas, asociadas a la fertilización mineral, en el estado nutricional (concentraciones de N, P y K) de la cebada cultivada en secano semiárido.

## MATERIAL Y MÉTODOS

El ensayo se llevó a cabo en una parcela de secano de zona semiárida, de superficie aproximada de 4 ha, ubicada en la comarca de Peñaranda de Bracamonte (Salamanca). El suelo, clasificado según FAO, como Luvisol haplico + Cambisol gleico, posee una textura areno-arcillosa, pH neutro (6,8), contenidos bajos en materia orgánica (0,8%), N (0,08%) y K (70 ppm) y un contenido alto en P asimilable (25 ppm).

La siembra se efectuó en otoño de 2009, empleando 200 kg de semilla/ha, en líneas separadas entre sí 12 cm. Se usó semilla de cebada de dos carreras (*Hordeum vulgare* L. cv 'Volley'), utilizándose parcelas elementales de 14 m x 150 m para cada tratamiento. Se ensayaron 18 tratamientos, combinándose la aportación de distintos tipos y niveles de inoculante micorrícico, con diversos niveles de fertilizante mineral (Tablas 1 y 2). El inoculante a base de micorrizas fue incorporado como tratamiento de semilla, mezclándolo con la misma en un mortero. Por otro lado, el fertilizante mineral se incorporó en dos fases: (1) el abono complejo NPK (10-5-20 ó 8-15-15) en la época de sementera y previo a la siembra y (2) el nitrato amónico cálcico (NAC) como abono de cobertera, a finales de febrero de 2010.

En mayo de 2010, fase fenológica de grano en estado lechoso, se tomaron muestras

Tabla 1. Características y cantidades de los tratamientos de fertilización

Tratamientos de fertilización mineral	
FO	0 kg/ha fertilizante mineral
FP	Abono tradicional: 300 kg/ha (8-15-15 +20% SO <sub>3</sub> ) + 400 kg/ha de NAC (27% N)
F1	100 kg/ha (10-5-20 + 2% MgO); 400 kg/ha de NAC (27% N)
F2	200 kg/ha (10-5-20 + 2% MgO); 400 kg/ha de NAC (27% N)
F3	300 kg/ha (10-5-20 + 2% MgO); 400 kg/ha de NAC (27% N)
Tratamientos con micorrizas	
M0	No micorrizas
M1	Nombre comercial "TEAM, fórmula polvo" ATENS. Dosis empleada = 1,5 kg/ha (dosis recomendada: 1-2 kg/ha).
M2	La misma fórmula que M1. Dosis empleada = 3,75 kg/ha.
M3	Nombre comercial "MIRATEXTO1 fórmula polvo". Dosis empleada = 5 kg/ha (recomendada).
M4	La misma fórmula que M1 y M2 pero lleva además incorporada una cepa de <i>Trichoderma</i> . Dosis empleada = 2.5 kg/ha.

Tabla 2. Tratamientos fertilizantes (T) y concentraciones de N, P y K en muestras de hoja bandera de planta de cebada (fase fenológica: grano lechoso)

T	N (%)			P (%)			K (%)		
	Rango	Media	C.V.	Rango	Media	C.V.	Rango	Media	C. V.
FOM0	2,89 - 3,59	3,21 <sup>bcd</sup>	10,5	0,27 - 0,29	0,28 <sup>b</sup>	3,45	0,74 - 1,65	1,21 <sup>abc</sup>	42,7
FOM1	2,68 - 3,14	2,96 <sup>ab</sup>	8,36	0,25 - 0,28	0,26 <sup>ab</sup>	5,80	0,86 - 1,02	0,91 <sup>a</sup>	10,1
FOM2	2,57 - 2,85	2,71 <sup>a</sup>	5,16	0,30 - 0,31	0,31 <sup>c</sup>	1,88	0,77 - 1,01	0,89 <sup>a</sup>	13,4
FOM3	2,50 - 3,00	2,75 <sup>a</sup>	9,08	0,25 - 0,25	0,25 <sup>a</sup>	0,00	0,95 - 1,02	0,99 <sup>ab</sup>	3,64
FOM4	2,56 - 3,07	2,78 <sup>a</sup>	9,43	0,25 - 0,25	0,25 <sup>a</sup>	0,00	0,76 - 1,02	0,89 <sup>a</sup>	14,7
F1M1	2,98 - 3,31	3,11 <sup>abc</sup>	5,65	0,24 - 0,26	0,25 <sup>a</sup>	4,68	1,03 - 1,38	1,23 <sup>abc</sup>	14,7
F1M2	3,28 - 3,42	3,37 <sup>bcde</sup>	2,32	0,23 - 0,28	0,26 <sup>ab</sup>	10,2	1,18 - 1,34	1,25 <sup>abc</sup>	6,45
F1M3	3,17 - 3,24	3,21 <sup>bcd</sup>	1,10	0,25 - 0,27	0,26 <sup>ab</sup>	4,50	1,31 - 1,78	1,50 <sup>cde</sup>	16,7
F1M4	3,53 - 4,45	3,87 <sup>fgh</sup>	13,1	0,26 - 0,26	0,26 <sup>ab</sup>	0,00	1,27 - 1,64	1,48 <sup>cde</sup>	12,8
F2M1	3,50 - 3,84	3,65 <sup>efg</sup>	4,75	0,25 - 0,28	0,26 <sup>ab</sup>	5,80	1,17 - 1,45	1,33 <sup>bcde</sup>	10,8
F2M2	3,33 - 3,62	3,49 <sup>defg</sup>	4,25	0,26 - 0,27	0,26 <sup>ab</sup>	2,19	1,25 - 1,61	1,38 <sup>cde</sup>	14,5
F2M3	3,59 - 3,67	3,63 <sup>defg</sup>	1,11	0,26 - 0,28	0,27 <sup>ab</sup>	3,70	1,23 - 1,33	1,30 <sup>bcd</sup>	4,45
F2M4	3,90 - 3,99	3,95 <sup>ghi</sup>	1,14	0,24 - 0,27	0,26 <sup>ab</sup>	5,95	1,56 - 1,68	1,63 <sup>de</sup>	3,76
F3M1	2,84 - 3,11	3,01 <sup>ab</sup>	4,85	0,29 - 0,31	0,30 <sup>c</sup>	3,81	0,92 - 1,06	1,01 <sup>ab</sup>	7,52
F3M2	3,94 - 4,15	4,08 <sup>hi</sup>	2,91	0,23 - 0,27	0,25 <sup>a</sup>	8,00	1,59 - 1,73	1,67 <sup>e</sup>	4,32
F3M3	3,66 - 3,70	3,68 <sup>efgh</sup>	0,57	0,25 - 0,26	0,25 <sup>ab</sup>	2,28	1,17 - 1,24	1,20 <sup>abc</sup>	2,92
F3M4	4,20 - 4,56	4,34 <sup>i</sup>	4,44	0,24 - 0,26	0,25 <sup>a</sup>	4,68	1,65 - 1,72	1,68 <sup>e</sup>	2,09
FP	3,22 - 3,96	3,61 <sup>defg</sup>	10,4	0,24 - 0,28	0,26 <sup>ab</sup>	6,28	1,16 - 1,58	1,35 <sup>bcde</sup>	14,9
Total	2,50 - 4,56	3,41	14,7	0,23 - 0,31	0,26	7,50	0,74 - 1,78	1,27	23,5

En cada columna, medias con distinta letra muestran diferencias significativas a  $P < 0,05$

de hoja bandera (tres réplicas por cada tratamiento), en un número de plantas idóneo para disponer de material suficiente (6 a 10 g de materia seca) para su análisis químico posterior. Las muestras se secaron a 60 °C en estufa de aire forzado y se molieron utilizando un molino con tamiz de malla de 1 mm. Se determinaron las concentraciones de N, mediante el método clásico de destilación Kjeldahl, P espectrofotométricamente mediante el método del amarillo de vanado-molibdo-fosfórico y K por emisión en un equipo de absorción atómica. Los resultados se expresan sobre la base de materia seca. En la misma fecha, se tomaron también muestras de parte aérea de la planta (tres réplicas de cuatro plantas, por cada uno de los 18 tratamientos) y se determinó, previo secado de las muestras a 60 °C en estufa de aire forzado, el peso seco por planta.

Los datos se analizaron mediante un análisis de varianza (ANOVA), para determinar el efecto del tratamiento de fertilizante sobre las concentraciones de N, P y K (SPSS Statistics 17,0). Se realizó un ANOVA con todas las combinaciones fertilizante+micorrizas utilizadas, y además se hicieron ANOVAs considerando por separado el efecto de fertilización mineral y efecto micorrizas (ya que el diseño no es totalmente factorial). Se utilizó el test de Duncan para la comparación múltiple de medias.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la *Tabla 2* se exponen los resultados (concentraciones de N, P y K) de cada uno de los 18 tratamientos de fertilización (mineral+micorrizas), en las muestras de hojas bandera de cebada en la fase fenológica de grano en estado lechoso.

La fertilización mineral, aplicada conjuntamente con inoculantes micorrícicos, incrementa significativamente ( $P < 0,05$ ) la concentración de N de hoja bandera (*Tabla 2*). No obstante, estas

diferencias sólo se observan entre tratamientos con aporte nulo o bajo de fertilizante mineral y los de aportes más altos. En general, no se aprecian diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos que aportan dosis intermedias de fertilizante mineral, y a veces tampoco entre éstos con los más bajos y/o con los más altos. En la misma *Tabla 2* puede verse que para un nivel dado de fertilizante mineral (excluyendo F0: no adición), se obtienen las concentraciones más altas donde se incorpora la micorriza M4 que es precisamente la única que lleva incorporada la cepa de *Trichoderma*. En algunos casos, estos incrementos son significativos respecto a los valores obtenidos con otras micorrizas. Las concentraciones de N varían ampliamente si se incluyen los valores individuales de las tres repeticiones (2,50-4,56%), oscilando los valores medios entre 2,71% (FOM2) y 4,34% (F3M4). Estas concentraciones son del mismo orden de magnitud que las obtenidas por Gutiérrez del Pozo (2010) en hoja bandera de trigo (fase de anthesis), a niveles bajos y altos de fertilización mineral.

La fertilización mineral conjuntamente con inoculantes micorrícicos añadidos, no induce diferencias significativas en la concentración de P de la hoja bandera (*Tabla 2*). Se observa solamente alguna diferencia significativa puntual entre pares de tratamientos. La concentración de este elemento varía menos que las de N y K, valores que oscilan entre 0,23 y 0,31% con valores medios por tratamientos entre 0,25% y 0,31%.

Respecto a las concentraciones de K, aunque se observa una tendencia de incremento con la adición de fertilizante mineral, en muchos casos las diferencias entre tratamientos no llegan a ser estadísticamente significativas. De forma análoga a como ocurría con N, para la misma dosis de fertilizante mineral, la micorriza M4 generalmente induce mayores concentraciones de K. Las concentraciones de este elemento también varían ampliamente (0,74-1,78%), con valores medios que oscilan entre 0,89% (tratamientos FOM2 y FOM4) y 1,68% (tratamiento F3M4).

Al agrupar los tratamientos según la dosis de fertilizante mineral (*Tabla 3*), se observa más claramente lo afirmado antes. Así la concentración de N con el tratamiento testigo (F0) es significativamente inferior a la obtenida con los otros tratamientos. La dosis más alta (F3) también origina concentraciones más altas que una dosis baja (F1) pero no significativas con las dosis intermedias (F2 y FP). Respecto a la concentración de K, existen diferencias significativas entre F0 y el resto de tratamientos, pero no entre ellos. En relación a P, no se aprecian diferencias significativas.

**Tabla 3. Efecto de la fertilización mineral en las concentraciones de N, P y K en hoja bandera de planta de cebada (fase fenológica: grano lechoso)**

F	Rango	N (%)		Rango	P (%)		Rango	K (%)	
		Media	C.V.		Media	C.V.		Media	C. V.
F0	2,50 - 3,59	2,90 <sup>a</sup>	10,4	0,25 - 0,31	0,27 <sup>a</sup>	8,34	0,74 - 1,65	0,99 <sup>a</sup>	27,8
F1	2,98 - 4,45	3,39 <sup>b</sup>	11,3	0,23 - 0,28	0,26 <sup>a</sup>	5,64	1,03 - 1,78	1,37 <sup>b</sup>	15,0
F2	3,33 - 3,99	3,68 <sup>bc</sup>	5,44	0,24 - 0,28	0,26 <sup>a</sup>	4,38	1,17 - 1,68	1,41 <sup>b</sup>	12,4
F3	2,84 - 4,56	3,78 <sup>c</sup>	14,2	0,23 - 0,31	0,26 <sup>a</sup>	10,2	0,92 - 1,73	1,39 <sup>b</sup>	22,4
FP	3,22 - 3,96	3,61 <sup>bc</sup>	10,4	0,24 - 0,28	0,26 <sup>a</sup>	6,28	1,16 - 1,56	1,35 <sup>b</sup>	14,9
<b>Total</b>	2,50 - 4,56	3,41	14,7	0,23 - 0,21	0,26	7,50	0,74 - 1,78	1,27	23,5

En cada columna, medias con distinta letra muestran diferencias significativas a P<0,05

El análisis de los resultados según el tipo y/o dosis de micorriza (*Tabla 4*), muestra que M4 puede incrementar significativamente las concentraciones de N y K, aunque sólo respecto a M1. Los distintos tratamientos de micorrizas dan lugar también a concentraciones estadísticamente iguales de P. Estos resultados concuerdan con Johansen *et al.* (1994), que



afirman que las micorrizas pueden influir de forma directa o indirecta en la absorción de N y K y si el P no es limitante, como es nuestro caso, pueden no tener efecto en la absorción de este elemento.

Tabla 4. Efecto de la adición de inoculantes micorrícicos en las concentraciones de N, P y K en hoja bandera de planta de cebada (fase fenológica: grano lechoso)

F	N (%)			P (%)			K (%)		
	Rango	Media	C.V.	Rango	Media	C.V.	Rango	Media	C. V.
M0	2,89 - 3,59	3,21 <sup>ab</sup>	10,6	0,27 - 0,28	0,26 <sup>b</sup>	6,28	0,74 - 1,65	1,21 <sup>ab</sup>	42,7
M1	2,68 - 3,84	3,18 <sup>a</sup>	10,4	0,24 - 0,31	0,27 <sup>ab</sup>	9,16	0,86 - 1,45	1,12 <sup>a</sup>	18,5
M2	2,57 - 4,15	3,41 <sup>ab</sup>	15,1	0,23 - 0,31	0,27 <sup>ab</sup>	9,99	0,77 - 1,73	1,30 <sup>ab</sup>	23,9
M3	2,50 - 3,70	3,32 <sup>ab</sup>	12,2	0,25 - 0,28	0,26 <sup>ab</sup>	4,10	0,95 - 1,78	1,25 <sup>ab</sup>	17,7
M4	2,56 - 4,56	3,73 <sup>b</sup>	17,6	0,24 - 0,27	0,25 <sup>a</sup>	3,89	0,76 - 1,72	1,42 <sup>b</sup>	24,4
Total	2,50 - 4,56	3,40	15,0	0,23 - 0,31	0,26	7,48	0,74 - 1,78	1,27	24,4

En cada columna, medias con distinta letra muestran diferencias significativas a  $P < 0,05$

Los resultados del análisis de correlación entre concentraciones de elementos y la producción de materia seca por planta se muestran en la Tabla 5. Las concentraciones de N y K de la hoja bandera, están positiva y significativamente correlacionadas entre sí, pero no con la concentración de P. Además, se obtienen también coeficientes de correlación positivos y estadísticamente significativos entre las concentraciones de N y K con el peso de materia seca por planta.

Tabla 5. Coeficientes de correlación entre las concentraciones de N, P y K en hoja bandera de cebada y materia seca (MS) por planta

	N (%)	P (%)	K (%)	MS (g/planta)
N (%)		-0,399	0,897 **	0,646 **
P (%)			-0,406	-0,448
K (%)				0,647 **
MS (g/planta)				

Nivel de significación: \*\* $P < 0,01$

## CONCLUSIONES

Puede concluirse que la fertilización mineral aplicada conjuntamente con la adición de inoculantes micorrícicos, incrementa significativamente las concentraciones de N y K en la hoja bandera de planta de cebada, pero no la concentración de P. El efecto de la fertilización mineral es nítido, pero no así el de las micorrizas, en cuyo caso no se obtiene una respuesta clara; únicamente se aprecia un ligero efecto positivo cuando la micorriza lleva asociada la cepa de *Trichoderma*. Asimismo, los resultados sugieren que el estado nutricional de la planta, tomando como base el análisis elemental (concentraciones de N y K) de la hoja bandera, puede ser un indicador de la producción forrajera de este cultivo.

## Agradecimientos

Este trabajo ha sido subvencionado por la Empresa MIRAT Fertilizantes S.L.U. (Proy. Ref.: 080102\_000020). A. Álvarez Pascua ha colaborado en los muestreos de campo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

GÁRATE, A.; BONILLA, I., 2000. Nutrición Mineral y producción vegetal. En: *Fundamentos de fi-*

- siología vegetal*, J. AZCÓN BIETO y M. TALÓN (Co.). McGraw-Hill. Madrid (España), 113-130.
- GUERRA SIERRA, B.E., 2008. Micorriza arbuscular. Recurso microbiológico en la agricultura sostenible. *Tecnología en Marcha*, **21**, 191-201.
- GUTIÉRREZ DEL POZO, D., 2010. *Aclimatación de la fotosíntesis en el dosel vegetal del trigo al aumento del CO<sub>2</sub> atmosférico. Función del nitrógeno y las citoquininas en cultivos en cámaras de campo con clima mediterráneo*. Tesis Doctoral, Universidad de Salamanca, 206 pp. Salamanca (España).
- JOHANSEN, A.; JACOBSEN, I.; JENSSEN, E.S., 1994. Hyphal N transport by a vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus associated with cucumber grown at three nitrogen levels. *Plant and Soil*, **160**, 1-9.
- RIVERA, L.P.; ROBLEDO, M.; MENÉNDEZ, E.; MATEOS, P.F., 2010. Biofertilizantes... ¿En cereales?. *Tierras: Agricultura*, **173**, 52-57.
- VELÁZQUEZ, E.; MATEOS P.F.; PEIX, A.; RIVAS, R.; TRUJILLO-TOLEDO, M.E.; IGUAL ARROYO, J.M.; MARTÍNEZ-MOLINA, E., 2010. Los rhizobia: biofertilizantes para leguminosas y no leguminosas. *Tierras: Agricultura*, **173**, 78-85.

## INFLUENCE OF MYCORRHIZAS AND MINERAL FERTILIZATION ON NUTRITIONAL STATE OF BARLEY

### ABSTRACT

The aim of this study was to determine the influence of several mycorrhizas together with mineral fertilization on the nutritional state (N, P and K) of barley crop (*Hordeum vulgare* L.) in an unirrigated semiarid area in the province of Salamanca. Different types and doses of mycorrhizas were used in combination with four mineral fertilization treatments and without them. Plant samples of the flag leaves at milk stage were considered. The N and K concentrations, but not that of P, increased significantly with the application of mineral fertilization in combination with mycorrhizas. The effect of mineral fertilization is clear, but the effect of mycorrhizas is not. The N and K concentrations were positively and significantly correlated each other but their correlation with P was not significant. Furthermore, N and K contents were positively and significantly correlated with the weight of dry matter per plant.

**Keywords:** chemical composition, fertilizer, microorganisms, *Hordeum vulgare*

# PRODUCCIÓN DE BIOMASA Y ESTADO NUTRICIONAL EN EL PRIMER CORTE DE CULTIVOS FORRAJEROS DE CORTA DURACIÓN EN ASTURIAS

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

## RESUMEN

Se determinaron la producción de biomasa, las propiedades del suelo y el estado nutricional en el primer corte de cultivos forrajeros de corta duración en dos ensayos (A=Carreño, *Lolium multiflorum*, y B=Cudillero, *Lolium multiflorum* + *Trifolium pratense*) en la costa central de Asturias. Los cultivos fueron abonados con 0, 40 y 80 unidades de nitrógeno por ha en los dos ensayos y adicionalmente en el ensayo B se aplicó un tratamiento de purín (110 unidades de nitrógeno por ha) en el mes de marzo de 2010, en parcelas de 100 m<sup>2</sup> por tratamiento. En mayo de 2010, se tomaron de forma aleatoria entre 27 y 30 muestras de vegetación por tratamiento. En la producción de biomasa no hubo diferencias significativas entre los tratamientos de 40 y 80 Unidades de N por ha (aunque las producciones fueron mayores en el tratamiento con 80 Unidades de N), pero si con el tratamiento de 0 Unidades de N por ha y con el tratamiento de 110 Unidades de N por ha en el ensayo B. Se recomienda aplicar al menos 80 kg N ha<sup>-1</sup> con el fin de obtener niveles de N adecuados en los forrajes.

**Palabras clave:** *Lolium multiflorum*, *Trifolium pratense*, fertilización nitrogenada.

## INTRODUCCIÓN

Según Ferrer *et al.* (2001) los cultivos forrajeros son pastos sembrados que forman parte de una rotación y se pueden dividir en praderas, formadas por gramíneas y leguminosas sembradas y aprovechadas bien mediante siega y/o pastoreo y cultivos forrajeros monófitos, anuales o plurianuales y generalmente aprovechados mediante siega.

En Asturias, la superficie agrícola dedicada a la rotación maíz forrajero-cultivo forrajero invernal ocupa un lugar importante para cubrir las necesidades forrajeras de la ganadería de leche. Los raigrases de corta duración, que incluyen a los anuales, los italianos y los híbridos se usan como cultivos forrajeros de altas producciones de invierno y principios de primavera en rotación con maíz forrajero. Estas especies pueden durar un año o bien de dos a tres años en condiciones favorables (Martínez, 1994), combinando bien con leguminosas forrajeras de corta duración así como con el trébol violeta (Piñeiro y Pérez, 1993).

---

\* Departamento de Biología de Organismos y Sistemas. Escuela Politécnica de Mieres. Universidad de Oviedo. C/ Gonzalo Gutiérrez Quirós s/n, 33600 Mieres (España).  
[oliveira@uniovi.es](mailto:oliveira@uniovi.es)

El principal objetivo de este trabajo fue la evaluación de diferentes dosis de abonado nitrogenado en la producción de biomasa y el estado nutricional en el primer corte de cultivos forrajeros de corta duración en zona de costa de Asturias.

## MATERIAL Y METODOS

### Parcelas de ensayo

Se establecieron parcelas de cultivos forrajeros de corta duración en dos ensayos costeros de la parte central asturiana: finca "Casero" en Carreño (43° 35' N, 5° 47' O, 80 m.) en un Inceptisol (suelo del ensayo A) y finca "El Montecín" en Cudillero (43° 33' N, 6° 18' O, 30 m) en un Podsol húmico férrico (suelo del ensayo B).

En el ensayo A se establecieron las parcelas en octubre de 2009, sembrando 40 kg/ha de una mezcla de diferentes cultivares de raigrás italiano (*Lolium multiflorum* Lam.): *Lolium multiflorum westerwoldicum* cv 'Jivet' y cv 'Barspirit' tetraploides y *Lolium multiflorum* cv 'Barprisma' diploide y no alternativo, con una participación en la mezcla del 50%, 20% y 30% en peso, respectivamente en parcelas de 100 m<sup>2</sup> con tres tratamientos fertilizantes nitrogenados: 0 kg N ha<sup>-1</sup>, 40 kg N ha<sup>-1</sup> y 80 kg N ha<sup>-1</sup>.

En el ensayo B, se implantaron las parcelas sembrando en octubre de 2009 una pradera bianual con 20 kg ha<sup>-1</sup> del cv 'Caballo' tetraploide y no alternativo de *Lolium multiflorum* Lam., y 10 kg ha<sup>-1</sup> del cv 'Violetta' diploide de *Trifolium pratense* L., en parcelas de 100 m<sup>2</sup> con cuatro tratamientos fertilizantes nitrogenados: 0 kg N ha<sup>-1</sup>, 40 kg N ha<sup>-1</sup>, 80 kg N ha<sup>-1</sup> y 30 000 l ha<sup>-1</sup> de purín de ganado vacuno.

La siembra se hizo con una maquina de siembra neumática en líneas que en una pasada realizó una labor ligera de rotovalor, la siembra propiamente dicha y finalmente un ligero rulado (Roluda, Gozón). El fertilizante nitrogenado en ambos ensayos fue nitrato amónico cálcico con el 27% de N y 8% CaO aplicado a voleo manualmente en el mes de marzo de 2010.

El purín de vacuno se analizó en el laboratorio de Nutrición, Pastos y Forrajes del SERIDA en Villaviciosa obteniendo la siguiente composición: Materia seca: 7,46%; densidad = 1,070 kg m<sup>-3</sup>; N: 3,43 kg m<sup>-3</sup>; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: 0,27 kg m<sup>-3</sup>; K<sub>2</sub>O: 3,61 kg m<sup>-3</sup>; CaO: 2,10 kg m<sup>-3</sup> y MgO: 0,89 kg m<sup>-3</sup>. Con esta composición la riqueza en elementos fertilizantes del purín aplicado es de: 110 kg N ha<sup>-1</sup>, 9 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup> y 116 kg K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup>. El purín de vacuno se aplicó en superficie (ensayo B) con una cuba de 6000 litros en el mes de marzo.

### Análisis de suelo

Antes de la siembra se tomó en cada parcela una muestra de suelo formada por la mezcla de 10 muestras tomadas a 0-20 cm de profundidad con una sonda holandesa. Sobre el suelo tamizado con un tamiz de 2 mm de luz de malla se determinó, por duplicado, la textura según el método de la pipeta Robinson; el pH potenciométricamente en una suspensión suelo:agua 1:2,5; sales solubles en el extracto 1:5; bases extraíbles con NH<sub>4</sub>Cl 1N y Al intercambiable con KCl 1M, ambos por absorción atómica y a continuación se calculó la capacidad de intercambio catiónico efectiva (CICE) (bases + aluminio de cambio); nitrógeno total por el método Kjeldahl; el carbono orgánico por ignición y el fósforo disponible se determinó por el método de Mehlich 3.

### Producción de biomasa y análisis nutricional

El análisis mineral de los forrajes se realizó tomando entre 27 y 30 muestras recogidas de forma aleatoria en cada tratamiento en el mes de mayo, con la ayuda de un marco cuadrado metálico de 0,25 m<sup>2</sup> de superficie. La biomasa dentro de cada marco se cortó a

ras de suelo y se pesó en verde y posteriormente se tomaron submuestras de 100 g colocándolas en una estufa a 70 °C durante 48 h y así se determinó el porcentaje de materia seca. Al mismo tiempo, las muestras verdes de cada tratamiento se combinaron para obtener tres submuestras de 200 g de peso verde. Estas submuestras se lavaron con agua destilada para eliminar la suciedad y se secaron en estufa a 70 °C durante 48 h antes de analizar por duplicado, el P, Ca, Mg, K y N total siguiendo la metodología de Jones *et al.* (1991).

### Tratamiento estadístico

Para comparar el efecto de los diferentes tratamientos en cada localidad de ensayo sobre las variables evaluadas, se utilizó un análisis de la varianza. La significación de las diferencias entre medias se evaluó mediante el test DUNCAN. Los análisis estadísticos se realizaron con el programa PASW Statistics 18 (SPSS, 2008).

## RESULTADOS Y DISCUSION

### Propiedades del suelo

En la *Tabla 1* se presentan algunas propiedades generales de los suelos en los dos ensayos estudiados. Los suelos en los ensayos A y B son ligera y moderadamente ácidos, respectivamente, con bajas conductividades eléctricas. La textura del suelo va desde la franco-arcillo-arenosa (ensayo A) a la franco-arenosa (ensayo B). En ambos ensayos, los valores de la relación C/N fueron adecuados y el P extraído con el reactivo Mehlich 3 estuvo por encima del nivel considerado crítico para este extractante (30 mg P kg<sup>-1</sup>) (Buondonno *et al.*, 1992). El K intercambiable fue bajo para todos los suelos (< 0,30 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>) (Fuentes-Yagüe, 2000) y la capacidad de intercambio catiónico efectiva fue más alta en el suelo del ensayo A debido a su mayor contenido en Ca intercambiable. El contenido en Mg estuvo por encima del valor considerado crítico (1,00 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>) (Fuentes-Yagüe, 2000).

*Tabla 1. Propiedades generales de los suelos en los dos ensayos (Ensayo A: Carreño 2009, Ensayo B: Cudillero 2009)*

Propiedades del suelo	Ensayo A	Ensayo B
pH (agua 1:2.5)	6,30	5,70
CE (dS m <sup>-1</sup> )	0,11	0,06
Arena (%)	68,1	62,1
Limo (%)	11,6	19,9
Arcilla (%)	20,3	18,0
Materia orgánica (%)	2,17	4,88
C (%)	1,26	2,83
N Total (%)	0,08	0,19
C/N	15,7	14,9
P disponible (mg kg <sup>-1</sup> )	69,0	68,7
K cambiante (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	0,20	0,19
Ca cambiante (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	21,8	12,5
Mg cambiante (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	2,12	2,52
Na cambiante (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	0,64	0,67
Al cambiante (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	0,00	0,00
CICE (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	24,8	15,9

## Producción de biomasa y estado nutricional del forraje

Un resumen de los datos estadísticos de la producción de biomasa ( $\text{g m}^{-2}$ ) en cada tratamiento de fertilización nitrogenada, incluyendo las medias, valores mínimos, máximos y desviaciones estándar para cada tratamiento se muestra en la *Tabla 2*. Durante el periodo de estudio entre octubre y mayo, los datos meteorológicos obtenidos en la estación meteorológica de Somio (Lat:  $43^{\circ} 32' \text{ N}$ , Long:  $5^{\circ} 37' \text{ O}$ , 30 m) en Gijón, para el ensayo A y en la estación meteorológica de Ranón-Aeropuerto de Asturias (Lat:  $43^{\circ} 35' \text{ N}$ , Long:  $06^{\circ} 01' \text{ O}$ , 130 m) en Avilés para el ensayo B, mostraron unas temperaturas medias de  $11,5^{\circ} \text{ C}$  y  $11,6^{\circ} \text{ C}$  y unas precipitaciones totales de 734,3 mm y 777,1 mm para los ensayos A y B respectivamente, no habiendo déficit hídrico durante el periodo de estudio en ninguna de las dos zonas.

*Tabla 2. Valores medios, mínimos, máximos y desviaciones estándar de la producción de biomasa ( $\text{g m}^{-2}$ ) en cada tratamiento. Las diferencias significativas entre medias en la misma columna dentro del mismo ensayo se indican con letras diferentes (test Duncan,  $p < 0,05$ )*

Ensayo	Tratamiento ( $\text{kg N ha}^{-1}$ )	Media	Mínimo	Máximo	Desviación estándar
A	0	354,6b	173,2	587,8	114,3
	40	534,8a	257,5	742,6	119,7
	80	538,3a	347,5	857,3	118,9
B	0	406,2c	204,3	714,8	137,9
	40	545,6b	322,6	910,1	131,8
	80	567,4b	374,3	735,7	102,1
	110	686,6a	388,1	966,6	146,1

Los resultados de biomasa muestran que no hubo diferencias significativas entre los tratamientos con 40 y 80 Unidades de N en los ensayos A y B, aunque las producciones fueron mayores en el tratamiento con 80 Unidades de N. En cambio, hubo diferencias significativas entre estos dos tratamientos y el tratamiento con 0 Unidades de N en ambos ensayos y el tratamiento con purín en el ensayo B.

Las concentraciones medias de los cinco macronutrientes en las muestras de forraje y la relación N:P se muestran en las *Tablas 3 y 4*, junto con los contenidos minerales adecuados en forrajes según Thelie-Huche *et al.* (1999). Hubo diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos para estos elementos ( $p < 0,05$ ) excepto para el K y el Mg en el ensayo A ( $p > 0,05$ ).

Los datos obtenidos con el N foliar en los dos ensayos están de acuerdo con los tratamientos aplicados, ya que los valores más altos de N foliar se corresponden con los tratamientos de fertilización nitrogenada más altos. Los resultados obtenidos fueron bajos respecto a los valores considerados normales en forrajes según Thelie-Huche *et al.* (1999), excepto en los tratamientos con  $80 \text{ kg N ha}^{-1}$  y  $110 \text{ kg N ha}^{-1}$ . Los valores de P estarían dentro del rango de valores normales en las muestras de forrajes, probablemente debido a los altos valores de P en los suelos, excepto en los tratamientos 0, 40 y  $80 \text{ kg N ha}^{-1}$  en el ensayo B. En el ensayo B el contenido de N total en el suelo fue mayor que en el ensayo A, produciendo probablemente un efecto antagonista entre el N y el P, limitando la absorción de P por el forraje.

La relación N:P en el forraje del ensayo A fue inferior a 10, por lo que estos nutrientes están equilibrados (McDonald, 2006). En el ensayo B este cociente fue mayor que 10, pudiendo indicar el desequilibrio entre N y P, una interacción negativa entre el exceso de N y la nutrición

Tabla 3. Concentraciones medias ( $\text{mg g}^{-1}$ ) de elementos nutritivos en el análisis foliar (desviaciones estándar entre paréntesis) en el ensayo A y valores normales en los forrajes ( $\text{mg g}^{-1}$ ), según Thelie-Huche *et al.* (1999). Diferencias significativas entre medias en la misma línea se indican con letras diferentes (test Duncan,  $p < 0,05$ )

Concentración foliar ( $\text{mg g}^{-1}$ )	Contenidos normales en forrajes ( $\text{mg g}^{-1}$ )	Tratamientos de fertilización nitrogenada		
		0 U. N	40 U. N	80 U. N
N	15-45	11,0 <sup>c</sup> (0,08)	14,6 <sup>b</sup> (0,07)	26,9 <sup>c</sup> (0,11)
P	1,5-5,0	1,87 <sup>b</sup> (0,06)	1,93 <sup>b</sup> (0,08)	2,38 <sup>c</sup> (0,05)
K	10-50	13,2 (0,19)	12,8 (0,09)	13,1 (0,14)
Ca	3-15	3,83 <sup>a</sup> (0,06)	3,31 <sup>b</sup> (0,09)	3,37 <sup>b</sup> (0,04)
Mg	1-4	0,97 (0,06)	0,91 (0,09)	0,86 (0,06)
N:P		5,91	7,55	11,3

Tabla 4. Concentraciones medias ( $\text{mg g}^{-1}$ ) de elementos nutritivos en el análisis foliar (desviaciones estándar entre paréntesis) en el ensayo B y valores normales en los forrajes ( $\text{mg g}^{-1}$ ) según Thelie-Huche *et al.* (1999). Diferencias significativas entre medias en la misma línea se indican con letras diferentes (test Duncan,  $p < 0,05$ )

Concentración foliar ( $\text{mg g}^{-1}$ )	Contenidos normales en forrajes ( $\text{mg g}^{-1}$ )	Tratamientos de fertilización nitrogenada			
		0 U. N	40 U. N	80 U. N	110 U. N
N	15-45	14,0 <sup>d</sup> (0,13)	23,7 <sup>c</sup> (0,04)	32,0 <sup>b</sup> (0,13)	41,8 <sup>a</sup> (0,10)
P	1,5-5,0	1,40 <sup>ab</sup> (0,04)	1,32 <sup>b</sup> (0,04)	1,45 <sup>ab</sup> (0,09)	1,54 <sup>a</sup> (0,09)
K	10-50	14,3 <sup>a</sup> (0,19)	13,2 <sup>c</sup> (0,10)	13,9 <sup>b</sup> (0,19)	13,9 <sup>b</sup> (0,19)
Ca	3-15	5,24 <sup>a</sup> (0,09)	3,37 <sup>c</sup> (0,08)	3,67 <sup>b</sup> (0,14)	3,30 <sup>c</sup> (0,12)
Mg	1-4	1,57 <sup>a</sup> (0,04)	1,31 <sup>b</sup> (0,08)	1,35 <sup>b</sup> (0,11)	1,20 <sup>b</sup> (0,04)
N:P		10,0	17,9	28,8	20,8

del P. Esta interacción negativa ocurre como resultado de la competencia entre el ión  $\text{NH}_4^+$  y el ortofosfato en los lugares de adsorción en el sistema radicular (Fangmeier *et al.*, 1994). Los valores de K, Ca y Mg están dentro del rango de los valores normales en los forrajes.

## CONCLUSIONES

En producción de biomasa no hubo diferencias significativas entre los tratamientos de fertilización nitrogenada de 40 y 80 Unidades de  $\text{N ha}^{-1}$ , pero sí con el tratamiento de 0 unidades de  $\text{N ha}^{-1}$  y con el de 110 Unidades de  $\text{N ha}^{-1}$  del purín. En cambio, y desde el punto de vista del estado nutricional del forraje, se recomendaría aplicar al menos 80  $\text{kg N ha}^{-1}$  con el fin de obtener niveles de N adecuados en los forrajes.

## Agradecimientos

Los autores están agradecidos a Doña Sonia Fernández González, Doña Natalia Ferreira Losa y a Don Pedro Antonio Rodríguez Pérez, estudiantes de la Escuela Politécnica de Mieres por la ayuda en la toma de datos en campo y en el laboratorio.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BUONDONNO, A.; COPPLA, E.; FELLECA, D.; VIOLANTE, P., 1992. Comparing test for soil fertility: Conversion equation between Olsen and Mehlich 3 as phosphorus extractants for 120

- soils of South Italy. *Soil Sci. Plant Anal.*, **23**, 699-716.
- FANGMEIER, A.; HADWIGER-FANGMEIER, A.; VAN DER EERDEN, L.; JÄGER, H.J., 1994. Effect on atmospheric ammonia on vegetation-a review. *Environ. Pollut.*, **86**, 43-82
- FERRER, C.; SAN MIGUEL, A.; OLEA, L., 2001. Nomenclátor básico de pastos en España. *Pastos*, **31(1)**, 7-44.
- FUENTES-YAGÜE, J.L., 2000. *El suelo y los fertilizantes*. Ed. Mundi-Prensa, 351 pp. Madrid (España).
- JONES, J.B.; WOLF, B.; MILL, H.A., 1991. *Plant Analysis Handbook: A Practical Sampling Preparation. Analysis and Interpretation Guide*. Ed. Micro-Macro Publishing, 213 pp. Athens (USA).
- MARTÍNEZ, A., 1994. *Elección y siembra de praderas en Asturias*. Monografía 3/94 del I.E.P.A. de Villaviciosa. Ed. Consejería de Medio Rural y Pesca, Instituto de Experimentación y Promoción Agraria, 9 pp. Villaviciosa (España).
- MCDONALD, P., 2006. *Nutrición animal*. 6th ed., Ed. Acribia, 616 pp. Zaragoza (España).
- SPSS, 2008. *SPSS for Windows, version 18.0.0*. Ed. SPSS Inc. Chicago (USA).
- PIÑEIRO, J.; PEREZ, M., 1993. *Mezclas pratenses para la España húmeda*. Hojas Divulgadoras nº 8/92 HD. Secretaría General de Estructuras Agrarias. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 48 pp. Madrid (España).
- THÉLIER-HUCHÉ, L.; FARRUGGIA, A.; CASTILLON, P., 1999. *L`analyse d`herbe: Un outil pour le pilotage de la fertilisation phosphatée et potassique des prairies naturelles et temporaires*. Editions Institut de L`élevage, 31 pp. Paris (France).

## BIOMASS PRODUCTION AND NUTRITIONAL STATUS OF EARLY FIRST HARVEST OF SHORT-TERM FORAGE CROPS IN ASTURIAS

### SUMMARY

Biomass production, soil fertility and nutritional status were determined in the early first harvest production of short-term forage crops, in two trials (A =Carreño, *Lolium multiflorum*, and B = Cudillero, *Lolium multiflorum* + *Trifolium pratense*) in the central coast of Asturias. The crops were fertilized with three different treatments of nitrogen: 0, 40 and 80 units of nitrogen per ha in both trials and in trial B with an additional slurry treatment (110 units of nitrogen per ha) in March 2010, in plots of 100 m<sup>2</sup> per treatment. In May 2010, among 27 and 30 samples of vegetation per N treatment were randomly collected. There were not statistically significant differences between the 40 kg N ha<sup>-1</sup> and 80 kg N ha<sup>-1</sup> treatments (although the productions were greater in the treatment with 80 Units of N), but there were significant differences with the 0 kg N ha<sup>-1</sup> and 110 kg N ha<sup>-1</sup> treatments in the trial B. From the point of view of the nutritional status of the forage, it is recommended to apply at least 80 kg N ha<sup>-1</sup> with the aim to have adequate N values in the forages.

**Key words:** *Lolium multiflorum*, *Trifolium pratense*, nitrogen fertilization



# ESTUDIO DE PRODUCCIÓN DE BIOMASA EN POBLACIONES DE TRÉBOL BLANCO Y VIOLETA DE LA CORDILLERA CANTÁBRICA PARA SU USO EN PRADERAS

J.E. LÓPEZ DÍAZ<sup>1</sup>, J.A. OLIVEIRA PRENDES<sup>2</sup> y E. GONZÁLEZ ARRÁEZ<sup>1</sup>

## RESUMEN

Con el propósito de comparar quince poblaciones de trébol blanco y nueve de trébol violeta recolectadas en el norte de España para su uso en praderas, se establecieron dos ensayos en condiciones de siembra: uno de trébol blanco con raigrás inglés, y otro de trébol violeta sin mezcla con otras especies, comparando los rendimientos con cultivares comerciales. En el caso del trébol blanco seis de las quince mezclas con poblaciones presentaron rendimientos mayores que la media de las mezclas con variedades comerciales utilizadas como testigo. En el trébol violeta todas las poblaciones tuvieron mejores rendimientos que la variedad testigo. Los análisis de varianza mostraron diferencias significativas entre las poblaciones para ambas especies. Por tanto este material genético se considera con un alto valor agronómico para la posible creación de variedades comerciales con base genética autóctona para la siembra de praderas en zonas húmedas.

**Palabras clave:** *Trifolium repens*, *Trifolium pratense*, recursos fitogenéticos.

## INTRODUCCIÓN

El trébol blanco (*Trifolium repens* L.) y el trébol violeta (*Trifolium pratense* L.) fueron especies muy utilizadas entre los años sesenta y setenta en la siembra de praderas. Desde entonces se ha reducido notablemente su uso como componentes de las mezclas, sobre todo en el caso del trébol violeta, y en cambio ha aumentado la utilización de los raigrases. En los últimos años las mezclas más frecuentes están formadas por raigrás inglés (*Lolium perenne* L.), raigrás híbrido (*Lolium x hybridum* Hausskn.) y trébol blanco. La mezcla con dactilo (*Dactylis glomerata* L.) se reserva para las zonas más secas y el trébol violeta se utiliza muy poco (Piñeiro y Díaz, 2009). Actualmente se comercializan en España una amplia gama de cultivares de raigrases en comparación con la escasa disponibilidad de cultivares de especies de trébol, siendo la mayor parte de estas variedades de origen foráneo. En el

---

<sup>1</sup> CIAM (Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo) – INGACAL (Instituto Galego de Calidade Alimentaria). Xunta de Galicia.

<sup>2</sup> Dpto. Biología de Organismos y Sistemas – Escuela Politécnica de Mieres. Universidad de Oviedo.  
e-mail: [juliolopez@ciam.es](mailto:juliolopez@ciam.es)

contexto actual de agricultura intensiva la Unión Europea promueve prácticas agrarias que minimicen el impacto de las actividades agrícolas, buscando sistemas de cultivo que permitan disminuir costes, manteniendo la productividad y la calidad ambiental (González-Murua *et al.*, 2003). Las mezclas con leguminosas en el establecimiento de praderas proporcionan un aporte adicional de nitrógeno, ya que la fijación simbiótica es capaz de sustituir parcialmente a la fertilización mineral nitrogenada.

En este trabajo se estudian los rendimientos de poblaciones de trébol blanco y trébol violeta en condiciones de siembra para praderas, para conocer su posible utilización en la creación de variedades con base genética autóctona en las zonas húmedas de España.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Durante dos años se estudió la producción de biomasa de quince poblaciones de trébol blanco y nueve de trébol violeta recolectadas en la Cordillera Cantábrica. Estas poblaciones ya habían sido caracterizadas por López *et al.* (2009) utilizando los descriptores sugeridos por el IBPGR (1992) en plantas aisladas, pero no en condiciones de utilización agronómica para praderas. Se estableció un campo de ensayo para cada especie de trébol en un diseño en bloques completos al azar con tres repeticiones. Previamente se preparó el terreno con un pase de rotovátor. Los campos se establecieron en la finca 'Casero' (43° 35' N, 5° 47' W) situada en Carreño (Asturias) a unos 80 m de altitud, y que anteriormente había estado dedicada a maíz. Debido a que el nivel de fertilidad era adecuado no se efectuó ningún abonado. Para el ensayo de trébol blanco se utilizaron parcelas de 1,50 x 1,20 m. La siembra se llevó a cabo en mezcla con raigrás inglés (*Lolium perenne* L.) de la variedad comercial 'Tove', utilizando una dosis de 4 kg/ha de *T. repens* + 20 kg/ha de *L. perenne*. Como testigos se utilizaron las variedades comerciales 'California' y 'Huia'. Para el ensayo de trébol violeta se sembraron las poblaciones sin mezcla en parcelas de 1,0 x 1,5 m a dosis de siembra de 20 kg/ha. Como testigo se utilizó la variedad comercial 'Marino'. Las siembras se llevaron a cabo en octubre de 2005 y durante los dos años siguientes se realizaron diez cortes manuales en el trébol blanco y once en el trébol violeta. Para ello se utilizaron marcos de muestreo de 0,5 x 0,5 m y en cada uno de ellos se determinó la materia seca total (MS) mediante desecación en estufa a 80 °C durante 24 horas. En el caso del ensayo de trébol blanco ésta se determinó independientemente para cada una de las dos especies de la mezcla mediante una previa separación manual. Los datos se analizaron mediante ANOVA según el siguiente modelo de efectos fijos:

$$Y_{ijkl} = \mu + P_i + R_j + C_k + (PR)_{ij} + (PC)_{ik} + (RC)_{jk} + \varepsilon_{ijkl}$$

Donde  $\mu$  es la media general,  $P_i$  es el efecto de la población,  $R_j$  es el efecto del bloque,  $C_k$  es efecto del corte,  $(PR)_{ij}$ ,  $(PC)_{ik}$  y  $(RC)_{jk}$  son las interacciones respectivas, y finalmente  $\varepsilon_{ijkl}$  es el error. Todos los análisis se realizaron con el paquete estadístico SAS (SAS INSTITUTE INC., 2006).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los datos climatológicos del periodo de ensayo se detallan en la *figura 1*. El segundo año fue sensiblemente más seco (precipitación media de 676 mm en 2007 frente a 820 mm en 2006) y más frío (temperatura media de 13,8°C en 2007 frente a 14,4°C en 2006). Esto podría explicar que durante el segundo año la producción fuese menor en ambos ensayos, siendo más acusado en el ensayo de trébol blanco (una media de 10,5 t MS/ha durante el segundo año frente a 13,5 t MS/ha del primer año para el conjunto de

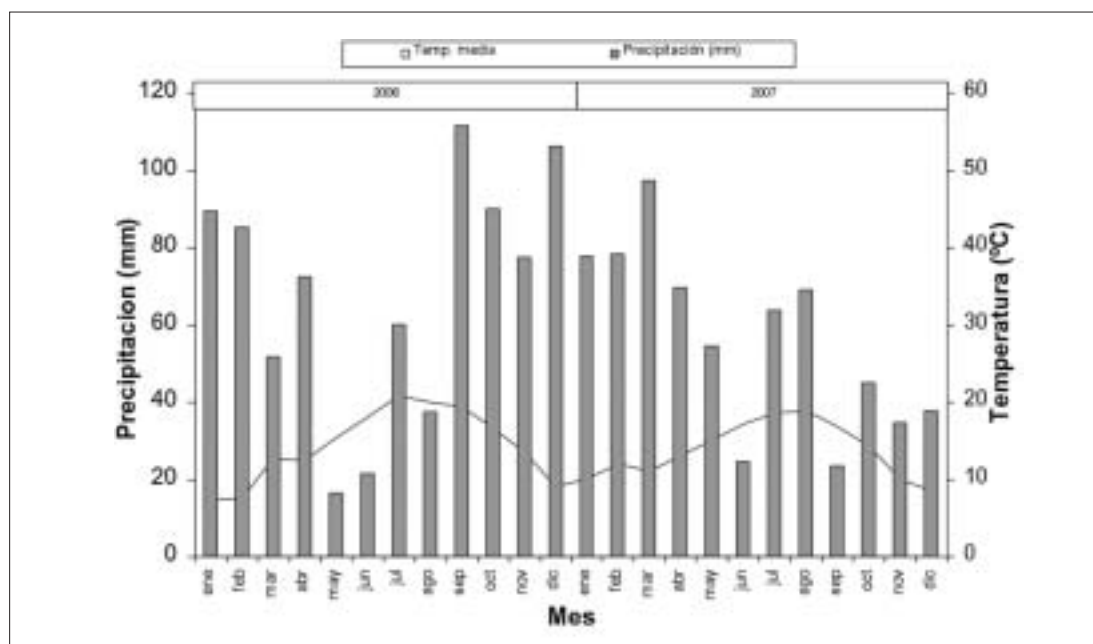


Figura 1. Gráfica de precipitación y temperatura para el periodo de ensayo 2006-2007. Fuente: estación de Gijón (Somio – Asturias). 43°32'N, 5°37'W, altitud: 30 msnm.

Tabla 1. Rendimientos anuales de las mezclas (t MS/ha) de quince poblaciones y dos variedades comerciales de *T. repens* en dos años de estudio

Población	2006			2007			Media 2 años
	<i>T. repens</i>	<i>L. perenne</i>	TOTAL	<i>T. repens</i>	<i>L. perenne</i>	TOTAL	
TB1	1,9	10,0	12,0	2,9	10,3	<b>13,3</b>	12,6
TB11	1,9	7,9	9,8	1,8	6,9	8,8	9,3
TB14	0,9	13,9	14,8	1,7	6,5	8,2	11,5
TB15	1,1	11,5	12,6	0,9	7,1	8,0	10,3
TB17	0,7	10,7	11,4	0,8	7,9	8,7	10,0
TB19	1,3	13,7	15,0	1,4	11,1	12,5	13,8
TB22	0,6	14,1	14,8	1,7	<b>11,2</b>	12,8	13,8
TB23	1,9	12,9	14,8	3,1	8,7	11,8	13,3
TB24	<b>4,2</b>	12,7	16,8	4,6	7,5	12,1	<b>14,5</b>
TB3	1,0	9,4	10,4	1,2	10,4	11,6	11,0
TB5	1,2	<b>16,9</b>	<b>18,1</b>	2,2	7,4	9,6	13,9
TB6	1,4	13,5	14,9	2,0	9,8	11,8	13,4
TB7	0,7	11,1	11,8	1,0	8,2	9,2	10,5
TB8	0,8	12,4	13,2	1,4	8,0	9,4	11,3
TB9	1,5	10,7	12,2	2,1	7,1	9,2	10,7
Media poblaciones	1,4	12,1	13,5	1,9	8,6	10,5	12,0
California	3,6	8,2	11,8	<b>4,9</b>	7,9	12,8	12,3
Huía	1,8	13,1	14,9	4,3	8,5	12,8	13,9
Media variedades	2,7	10,7	13,3	4,6	8,2	12,8	13,1

Se resaltan en negrita las producciones de las poblaciones más productivas.



Tabla 3. Rendimientos anuales (t MS/ha) de nueve poblaciones de *T. pratense* en dos años de estudio

Población	2006	2007	Media 2 años
TV10	27,2	22,2	24,7
TV12	20,6	16,9	18,7
TV13	19,9	19,5	19,7
TV16	26,0	29,6	27,8
<b>TV18</b>	<b>28,0</b>	<b>30,8</b>	<b>29,4</b>
TV2	24,1	24,6	24,3
TV20	22,0	27,9	24,9
TV21	21,2	20,3	20,8
TV4	16,6	15,7	16,1
Media poblaciones	22,8	23,1	22,9
'Marino'	16,3	12,0	14,1

Se resaltan en negra las producciones de las poblaciones más productivas.

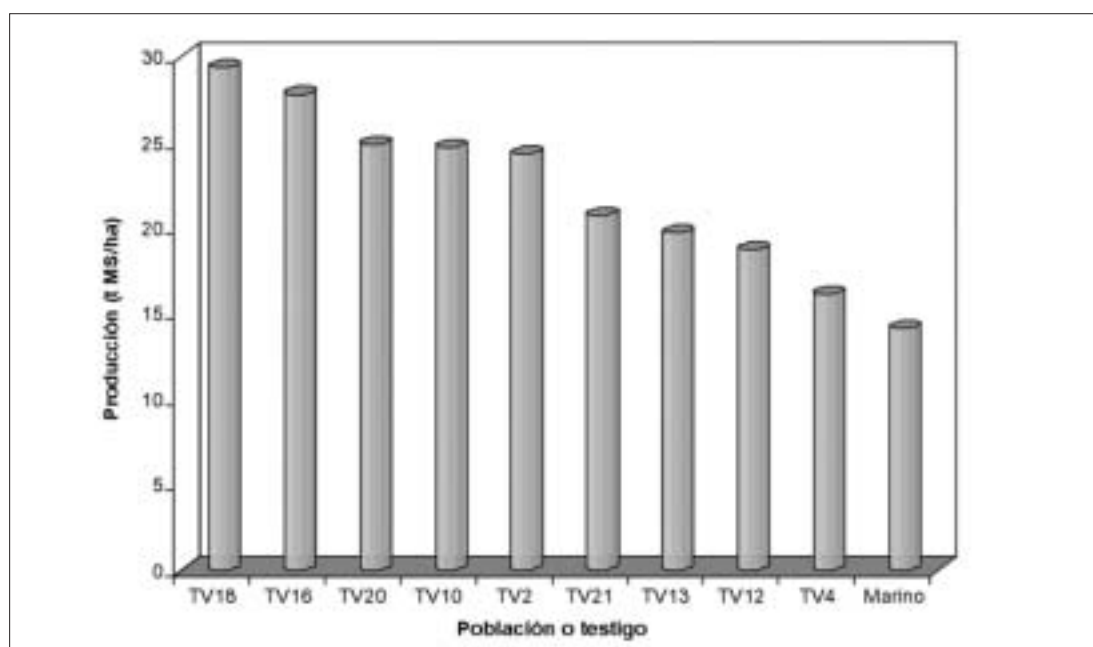


Figura 3. Producción media acumulada de nueve poblaciones de *T. pratense* y el testigo 'Marino' en dos años de estudio.

cada mezcla. La mezcla con la población TB24, recolectada en el centro de Asturias fue la de mejor rendimiento medio (14,5 t MS/ha) manteniendo además un porcentaje adecuado de trébol.

En el caso del trébol violeta todas las poblaciones superaron ampliamente el rendimiento medio de la variedad comercial 'Marino' empleada como testigo (tabla 3 y figura 3). El ANOVA (tabla 4) reveló diferencias significativas para todas las fuentes de variación excepto para la interacción población x bloque. Las poblaciones TV18 y TV16, con una producción respectiva de 29,4 y 27,8 t MS/ha, provenientes de zonas costeras asturianas, prácticamente duplicaron el rendimiento medio de la variedad comercial.

Si comparamos estos resultados con los obtenidos por López *et al.* (2009, 2010), los

Tabla 4. Cuadros medios del análisis de varianza en nueve poblaciones de *T. pratense*

FV	GL	CME	F
Pob	8	2324333,7	9,21 **
Blq	2	3320268,8	13,16 **
Cut	10	51547049,9	204,35 **
Pob*Blq	16	267276,1	1,06 <sup>ns</sup>
Pob*Cut	80	412670,0	1,64 **
Blq*Cut	20	604629,5	2,40 **
Error	160	252253,9	17,20 **

FV: fuente de variación; Pob: población; Blq: bloque; Cut: corte; GL: grados de libertad; CME: cuadrados medios esperados; F: valor de F; \*: significativo al nivel 0,05; \*\*: significativo al nivel 0,01; ns: no significativo.

crecimientos medios no coincidieron con los de la caracterización agronómica efectuada en estas poblaciones utilizando plantas aisladas, mostrando por tanto un comportamiento distinto en condiciones de siembra para praderas.

## CONCLUSIONES

El ANOVA para los rendimientos de las poblaciones mostró diferencias significativas tanto en el trébol blanco como en el violeta.

Seis de las mezclas con poblaciones de trébol blanco-raigrás inglés tuvieron mejores rendimientos que la media de las mezclas de las variedades comerciales comparadas.

Todas las poblaciones de trébol violeta presentaron mejores rendimientos que la variedad comercial comparada.

Este material se considera de gran interés para su valor agronómico para la posible creación de variedades comerciales con base genética autóctona en la siembra de praderas con trébol blanco y trébol violeta.

## Agradecimientos

Este trabajo ha sido realizado mediante la financiación aportada por el proyecto INIA RF2006-00012-C02-00: "Multiplicación y caracterización primaria de leguminosas praterenses perennes recogidas en la Cordillera Cantábrica" (coordinado).

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ÁLVAREZ, L.; MARTÍNEZ-MARTÍNEZ, A.; PEDROL, N.; MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ, A., 2009. Incidencia del tipo de manejo sobre las características agronómicas y ecofisiológicas de praderas de raigrás inglés-trébol blanco. En: *La multifuncionalidad de los pastos: producción ganadera sostenible y gestión de los ecosistemas*. R. REINÉ et al. (Eds.). Gráficas Alós. Huesca (España), 335-341.
- GONZÁLEZ-MURUA, C., GONZÁLEZ MORO, M.B., ESTAVILLO, J.M., 2003. Nitrógeno, agricultura y medio ambiente. En: *La Ecofisiología Vegetal: Una Ciencia de Síntesis*. J.M. REIGOSA, et al. (Eds.). Ediciones Paraninfo S.A. Madrid (España), 387-412.
- IBPGR (International Board for Plant Genetic Resources), 1992. *Descriptors for white clover (Trifolium repens L.)*. IBPGR. Roma (Italia).
- LÓPEZ DÍAZ, J.E., GONZÁLEZ ARRÁEZ, E., OLIVEIRA PRENDES, J.A., 2009. Variabilidad cianogénica y agronómica en poblaciones naturales de trébol blanco recolectadas en la Cordillera Cantábrica. En: *La multifuncionalidad de los pastos: producción ganadera sostenible y gestión de los ecosistemas*. R. REINÉ et al. (Eds.). Gráficas Alós. Huesca

(España), 177-183.

LÓPEZ DÍAZ, J.E., GONZÁLEZ ARRÁEZ, E., OLIVEIRA PRENDES, J.A., VÁZQUEZ YÁÑEZ, O.P., 2010. Caracterización agronómica de poblaciones naturales de trébol blanco y trébol violeta recolectadas en la Cordillera Cantábrica. III Congreso de agroecología e agricultura ecológica. Vigo (España). En prensa.

PIÑEIRO ANDIÓN J., DÍAZ DÍAZ, N., 2009. Aumenta la superficie forrajera en el norte de España de la mano de la investigación. *Vida rural*, **303**, 15-19.

SAS INSTITUTE INC., 2006. *Base SAS 9.1.3 Procedures Guide*. Second Edition. Volumes 1, 2, 3 and 4. Cary, NC. SAS Institute Inc. (EE.UU).

## **STUDY OF BIOMASS PRODUCTION OF WHITE AND RED CLOVER POPULATIONS COLLECTED IN THE CANTABRIAN RANGE TO BE USED IN LAYS**

### **SUMMARY**

Fifteen populations of white clover and nine of red clover collected in the north of Spain were compared in order to be used in lays. The populations were sown in dense sward plots and compared with commercial varieties. In white clover six of the mixtures with populations gave better yield than the average of the mixtures with commercial varieties. In red clover all the populations showed better yield than the commercial variety. The analysis of variance showed significant differences for populations in both species. Therefore, this genetic material is considered of with a high agronomic value to be used in breeding programs to create commercial varieties with autochthonous genetic base for sowing lays in wet temperate areas.

**Key words:** *Trifolium repens*, *Trifolium pratense*, *Lolium perenne*, genetic resources.





## MEJORA DE PRADERAS POR SIEMBRA SIN LABOREO

J. PIÑEIRO-ANDIÓN<sup>1,3</sup>, N. DÍAZ-DÍAZ<sup>1</sup>, M.J. BANDE-CASTRO<sup>1,3</sup> y J. FERNÁNDEZ-PAZ<sup>2</sup>

### RESUMEN

En otoño de 2008 se hizo una siembra experimental sin laboreo sobre una pradera deteriorada, establecida sobre tierras de matorral. Se utilizó una mezcla de 11 especies leguminosas inoculadas con rizobium constituida por trébol subterráneo, trébol vesiculoso, trébol migueliano, trébol encarnado, trébol persa, trébol blanco, trébol violeta, serradella, aserruche, esparceta y loto. Se compararon dos máquinas de siembra sin laboreo: 1) 'Sulky', de siembra directa, que deja la semilla en surcos abiertos por medio de discos y 2) 'Vertikator', de siembra en superficie, que deja la semilla sobre el suelo, entre un sistema de púas que movilizan ligeramente la superficie. Se aplicaron cuatro t/ha de calizas magnesianas, en todas las parcelas, y 40 m<sup>3</sup>/ha de purín de cerdas madres, excepto en una franja. El contenido en leguminosas pasó del 5% en las parcelas testigo, al 9% y 38% en las sembradas con 'Vertikator' y 'Sulky', respectivamente. La producción pasó de 2292 kg/ha de materia seca en la franja sin purín, sembrada con 'Sulky', a 5393 kg/ha en la también sembrada con 'Sulky' y que recibió purín. Se concluyó que la aplicación de purín ha sido fundamental para aumentar la producción y que la sembradora 'Sulky' es claramente más eficiente.

**Palabras clave:** Leguminosas, siembra en superficie, siembra directa, fertilización con purín.

### INTRODUCCIÓN

La "Facenda O Agro", de 115 ha, perteneciente al Monte Vecinal en Mano Común de Santiago de Amoroce (Celanova, Ourense), está siendo gestionada en régimen de arrendamiento por el ganadero D. Roberto Álvarez González para la transformación de sus matorrales en praderas, que son la base de una ganadería de carne de la raza Salers. La transformación comenzó en el otoño de 2006 con la siembra de 17 ha por laboreo completo, dentro del programa denominado 'Proyectos Singulares' de la Consellería do Medio Rural de la Xunta de Galicia. Para la siembra se utilizó una mezcla compleja de cuatro especies gramíneas y nueve leguminosas, compuesta por las especies siguientes: raigrás italiano (*Lolium multiflorum* Lam.), raigrás inglés (*Lolium perenne* L.), dactilo (*Dactylis glomerata* L.),

<sup>1</sup> Centro de Investigacións Agrarias de Mabegondo y

<sup>2</sup> Laboratorio Agrario e Fitopatolóxico de Galicia. Estrada de Betanzos a Mesón do Vento, km 7. E-15318 Abegondo (A Coruña, España).

<sup>3</sup> Departamento de Producción Vegetal. Universidad de Santiago de Compostela. Campus Universitario s/n. E-27002 Lugo (España)

falaris (*Phalaris aquatica* L.), trébol subterráneo (*Trifolium subterraneum* L.), t. migueliano (*T. michelianum* Savi), t. vesiculoso (*T. vesiculosum* Savi), t. persa (*T. resupinatum* var. *resupinatum* L.), t. encarnado (*T. incarnatum* L.), t. blanco (*T. repens* L.), t. fresa (*T. fragiferum* L.), serradella (*Ornithopus sativus* Brot.) y aserruche (*Biserrula pelecinus* L.). La siembra se hizo en el mes de noviembre, fecha excesivamente tardía para la zona, lo que llevó a un establecimiento deficiente, resultando una pradera mediocre. A causa de las dificultades económicas de la hacienda, en otoño-invierno 2007-2008 no se hizo ningún tipo de abonado, lo que contribuyó a un mayor deterioro de la pradera sembrada, en la que comenzó a recuperarse la vegetación nativa arbustiva, compuesta principalmente por *Ulex europaeus* L. (tojo arnal), *Ulex galii* Planch. y *Ulex nanus* Forster (tojo gateño o molar).

En este contexto se estableció un ensayo-demostración con el objetivo de aplicar los conocimientos adquiridos en la Granja de Penamá (Allariz, Ourense) sobre mejora de praderas deterioradas por introducción de leguminosas sin laboreo (Piñeiro *et al.*, 2008) y de utilizar el purín de cerdo, muy abundante en la provincia de Ourense, como fertilizante más económico que los convencionales para corregir el nivel de fertilidad de los suelos, normalmente poco fértiles, de los terrenos graníticos previamente ocupados por matorral (Mombiela, 1986).

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Situación geográfica, clima y fertilidad de suelo

La hacienda en la que se realizó el ensayo está situada en el Municipio de Celanova (Ourense), a 800-900 m de altitud, sobre suelos graníticos con profundidad variable, desde muy poco a bastante profundos, con abundante presencia de piedras y afloramiento de la roca. La temperatura media anual, tomada en la estación meteorológica de Gandarela, situada a tres km de distancia y a 623 m de altitud, es de 12,3 °C, oscilando entre 6,1 °C en enero y 18,6 °C en julio. Dado que la altitud de la hacienda supera en 200 m la de la estación meteorológica, es de esperar que las temperaturas sean bastante más bajas (se estima un descenso de 0,6 °C por cada 100 m de aumento en altitud). La lluvia anual es de 746 mm, con fuerte sequía de verano, que puede empezar en el mes de mayo. La lluvia media de mayo, junio, julio, agosto y setiembre es de 47, 39, 22, 16 y 12 mm, respectivamente. En el invierno siguiente a la siembra, la finca estuvo cubierta de nieve en 7 ocasiones, lo que hizo peligrar el establecimiento de las especies recién implantadas. Los resultados del análisis de suelo en julio de 2008 fueron: pH (H<sub>2</sub>O) 5,3; P (Olsen, extraído en CO<sub>3</sub>HNa) 9,5 mg kg<sup>-1</sup>, K (extraído en NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>) 77 mg kg<sup>-1</sup>, saturación por aluminio del complejo de intercambio catiónico 44% (Al CIC<sup>-1</sup>, %), que indican un contenido bajo en fósforo (García-Serrano *et al.*, 2010a) y potasio (García-Serrano *et al.*, 2010b) solubles y una acidez excesiva (Piñeiro *et al.*, 2010).

### Diseño experimental

**Siembra.** La siembra se hizo el 17 de setiembre de 2008. Para la introducción de la semilla sin laboreo, se utilizaron las máquinas especializadas 'Vertikator', de siembra en superficie, y 'Sulky', de siembra directa, siguiendo las definiciones de Stewart y Piñeiro (2002). 'Vertikator' dispone de un conjunto de púas que remueven ligeramente la superficie del suelo, entre las que cae la semilla, mientras que 'Sulky' coloca la semilla en minisurcos abiertos en la superficie del suelo, con el sistema de discos de que dispone. Para evitar atascos y facilitar la salida de la semilla de leguminosas inoculadas del depósito de las máquinas, se recomienda el uso de una gramínea que favorezca el arrastre. En este caso se utilizaron dos variedades de festuca alta (*Festuca arundinacea* Schreb.) con la idea de intro-

ducirla en los pastos por estimar que puede resistir mejor la sequía de verano que el rai-grás inglés.

**Tratamientos.** Por formar parte del Proyecto INIA n° RTA2006-0153 de “Transferencia de Tecnología”, denominado “Leguminosas para Explotaciones Ganaderas Atlánticas” (2006-2009), el diseño adoptado fue de siete largas franjas longitudinales, con 200 m de largo y un ancho variable, que osciló entre 10 y 80 m, sin repeticiones, salvo en el caso de la franja “Con purín. Sin sembrar”, que tuvo dos repeticiones. Con un diseño tan simplificado se pretendió: 1) Que las franjas pudiesen estar sometidas al manejo general de la hacienda, y 2) Que fuesen muy fáciles de mostrar a los asistentes a las jornadas técnicas de transferencia de tecnología previstas en el proyecto.

El ensayo-demostración, sin repeticiones, con excepción de la franja seis que es repetición de la dos, incluyó solamente seis de las 16 (2x2x2x2) combinaciones posibles siguientes: 1) *Dos fórmulas de siembra:* 1a) Sin sembrar y 1b) Siembra con festuca alta (10 kg/ha) y una mezcla de 11 especies leguminosas (18,75 kg/ha); 2) *Dos variedades de festuca alta:* 2a) ‘Bariane’ y 2b) ‘Barolex’; 3) *Dos niveles de fertilidad:* 3a) Sin purín y 3b) Con 40 m<sup>3</sup>/ha de purín de cerdas madres; y 4) *Dos modos de siembra:* 4a) Con la sembradora de púas marca ‘Vertikator’, de siembra en superficie, y 4b) Con la sembradora de discos marca ‘Sulky’, de siembra directa. Entre las 16 posibles, se seleccionaron las seis combinaciones siguientes, establecidas en siete franjas:

- 1.- Con purín. Festuca ‘Bariane’ + Mezcla 11 leguminosas, con sembradora Sulky.
- 2.- Con purín. Sin sembrar.
- 3.- Con purín. Festuca Bariane + Mezcla 11 leguminosas, con sembradora Vertikator.
- 4.- Sin purín. Festuca Bariane + Mezcla 11 leguminosas, con sembradora Sulky.
- 5.- Con purín. Festuca Barolex + Mezcla 11 leguminosas, con sembradora Vertikator.
- 6.- Con purín. Sin sembrar (repetición de la franja 2).
7. Con purín. Festuca Barolex + Mezcla 11 leguminosas, con sembradora Sulky.

La mezcla de 11 especies leguminosas inoculadas con rizobium se compuso de: Trébol subterráneo subesp. subterráneo (*Trifolium subterraneum* subsp. *subterraneum* L.) (3,5 kg/ha), t. subterráneo subesp. *yannanicum* (*T. subterraneum* subsp. *yannanicum* Zahory and Heller) (1,5 kg/ha), t. vesiculoso (1 kg/ha), t. migueliano (2 kg/ha), t. encarnado (2 kg/ha), t. persa var. *resupinatum* (*T. resupinatum* L. var. *resupinatum* Gibb. and Belli) (2 kg/ha), (*T. resupinatum* L. var. *majus* Boiss.) (1,25 kg/ha), t. blanco (1,25 kg/ha), t. violeta (*T. pratense* L.) (1,25 kg/ha), serradella (2 kg/ha), aserruche (0,25 kg/ha), esparceta (*Onobrychis viciifolia* Scop.) (0,5 kg/ha), loto (*Lotus glaber* Mill.) (0,25 kg/ha).

El purín de cerdas madres, aplicado el 21 de agosto de 2008, tenía una densidad de 1,014, un contenido en materia seca del 5,6% y un contenido en N, P y K de 15,8; 10,2 y 33,3 g/kg de materia seca. La aplicación de 40 m<sup>3</sup>/ha supuso un abonado de 37 kg/ha de N, 54 de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y 92 de K<sub>2</sub>O. A finales de julio de 2008, se esparcieron 4 t/ha de calizas magnesianas.

### Medición de la producción

Toda la producción de la parcela se cosechó para heno, mediante un aprovechamiento por siega, con la hierba muy madura para permitir que las leguminosas tuviesen semilla viable, con el objetivo de garantizar su resiembra en superficie por caída al suelo en las operaciones de siega, hilerado y empacado.

Se midió la producción presente en cada franja el 20 de julio de 2009, para lo que se cortaron 6 rectángulos de 0,90 m x 6 m en cada franja, a 5 cm del suelo, con una motosegadora de la marca Alfa, dotada de una barra de corte de 0,90 m de ancho. La produc-

ción de cada rectángulo se pesó en campo y se tomó una muestra de 1-2 kg para llevar al laboratorio en bolsa de plástico herméticamente cerrada y determinar: contenido en materia seca, composición botánica y contenido en proteína bruta. En el laboratorio se hicieron dos submuestras por cada muestra: 1) Una, de 500 g, que se utilizó para la determinación del contenido en materia seca por desecación en estufa 'Unitherm', de aire forzado, a 80 °C durante 17 horas, en el rango de 65-85 °C recomendado por Jones y Moseley (1993), que permite la realización posterior de la mayoría de los análisis de rutina de laboratorio, y 2) Otra, de aproximadamente 1 kg, que se utilizó para determinar la composición botánica, en peso seco, por separación manual en gramíneas, leguminosas y otras plantas. Una vez seca, la muestra de 500 g se molió en molino con tamiz de 1 mm para análisis químico. El contenido en proteína bruta se determinó en un espectrofotómetro NIRSystem 6500.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La festuca alta, que se caracteriza por su lento desarrollo inicial, no consiguió establecerse debido a las dificultades de arraigo de la plántula como consecuencia del efecto del frío en el invierno, que, como se comentó anteriormente, llevó a que la finca estuviese cubierta de nieve en siete ocasiones durante el invierno 2008-2009. A esto hay que añadir la competencia de las gramíneas más agresivas, como los raigrases inglés e italiano, que producen una importante cantidad de semilla, que cae al suelo en la recolección y se establece en cuanto se dan circunstancias favorables. Dado que no hubo efecto de la festuca en la producción, se promediaron las producciones de las parcelas sembradas con 'Vertikator' (franjas 3 y 5), por un lado, y las sembradas con 'Sulky' (franjas 1 y 7), por el otro. Esta simplificación en la presentación de resultados se refleja en la *Tabla 1*, en la que se comparan la producción, contenido en proteína bruta y composición botánica de la hierba de la franja sin purín con las que lo recibieron, que incluyen franjas sin sembrar, franjas sembradas con 'Vertikator' y franjas sembradas con 'Sulky'. Dado que no hubo repeticiones, el análisis estadístico se limitó a la determinación de la desviación típica, que mide la dispersión de la producción y del contenido en proteína dentro de las distintas franjas.

*Tabla 1. Producción, contenido en proteína y composición botánica del corte para heno. Efecto de la fertilización con purín de cerdas madres, de la siembra de una mezcla de festuca alta con 11 especies leguminosas, y del tipo de sembradora. Año 2009*

Franjas	Producción		PB (% MS)	Composición botánica		(% MS)
	kg/ha MS	% <sup>(1)</sup>		G	L <sup>(2)</sup>	
<i>Franja sin purín</i>						
• Sembrada con Sulky	2292±1,1	100	5,4±1,4	47	42	11
<i>Franjas con purín</i>						
• Sin sembrar	4157±0,8	181	2,9±0,6	86	5	9
• Sembrada con Vertikator	4558±1,2	199	4,0±1,3	88	9	3
• Sembrada con Sulky	5393±1,3	235	7,1±1,3	61	38	1

G = Gramíneas, L = Leguminosas, O = Otras especies, PB = Proteína bruta.

<sup>(1)</sup> % sobre la producción de la franja que no recibió purín de cerdo.

<sup>(2)</sup> La producción de las leguminosas se debe, sobre todo, a: trébol vesiculoso, t. migueliano, t. encarnado y t. persa var. *resupinatum*, y t. violeta. Las demás apenas contribuyeron a la producción.

El conjunto de las leguminosas tuvo una buena nascencia, en general. Sin embargo, mientras que el establecimiento fue bueno en las parcelas sembradas con 'Sulky', fue muy de-

ficiente en las sembradas con 'Vertikator'. De hecho, la contribución de las leguminosas a la producción fue del 38% y del 42% en las franjas sembradas con 'Sulky', con y sin purín, respectivamente. Por el contrario, la contribución de las leguminosas a la producción de las parcelas sembradas con 'Vertikator' fue de solamente el 9%, muy próximo a la de las franjas sin sembrar, que fue del 5%. Se atribuye la diferencia entre las dos sembradoras a que el crecimiento inicial de las plántulas de las franjas de 'Sulky' fue mejor porque quedó enterrada una buena parte de las semillas y en mejor contacto con el suelo, mientras que las sembradas con 'Vertikator' quedaron en la superficie, sin apenas enterrar, dando lugar a plántulas inicialmente más débiles, con raíces muy superficiales, que fueron más susceptibles a daños por frío, bien directamente bien a través del desarraigo ocasionado por la congelación de la superficie del suelo. En todo caso, hubo una gran pérdida de plántulas a lo largo del invierno en las parcelas de Sulky, quedando sin embargo plántulas suficientes a la salida del invierno, para garantizar un buen establecimiento y consiguiente mejora de la producción.

La mejora de la producción atribuible a la aplicación de purín es clara, como consecuencia, sobre todo, de la aplicación de fósforo y de potasio, lo que ha sido ampliamente demostrado en el pasado (Mombiela, 1986). Sorprende el alto porcentaje de leguminosas en la parcela que no recibió purín, lo que se debe, sobre todo, al buen establecimiento del trébol encarnado, que se convirtió en la leguminosa dominante en esta parcela. Esto confirma lo señalado por Frame (2005) en el sentido de que el trébol encarnado "crece en suelos de baja fertilidad pero se beneficia de un buen nivel de P en el suelo", lo que también ocurre en esta demostración como lo demuestra la buena producción de las leguminosas en la parcela sembrada con 'Sulky' que recibió purín.

El contenido en proteína fue inferior al de la Granja Penamá (Piñeiro *et al*, 2008), lo que se atribuye a que la fecha de corte fue casi un mes más tarde, con hierba más madura.

Sobre el comportamiento de las distintas especies sembradas, conviene señalar que, a diferencia de lo que ocurrió en Penamá, donde todos los tréboles se establecieron bien porque las temperaturas de invierno fueron suaves, en Amoroce el trébol migueliano sufrió los efectos del frío y se estableció con dificultad. En el conjunto de las franjas, predominaron los tréboles encarnado, vesiculoso y persa var. *resupinatum*. El violeta y el migueliano también estuvieron presentes, si bien en menos cantidad. Las demás leguminosas apenas contribuyeron a la producción, dada su escasa presencia.

## CONCLUSIONES

Tomando como base los resultados comentados y considerando la experiencia previa de Penamá (Piñeiro *et al*, 2008), se concluye que:

La aplicación de purín de cerdas madres es un buen recurso para mejorar la fertilidad de suelos pobres en fósforo y potasio.

La siembra directa de una mezcla de leguminosas es una práctica recomendable para mejorar la producción y contenido en leguminosas de praderas deterioradas.

Las leguminosas anuales más recomendables son: trébol vesiculoso, trébol migueliano, trébol encarnado y trébol persa var. *resupinatum*.

## Agradecimientos

Los autores agradecen la financiación recibida del INIA a través del Proyecto nº RTA2006-0153 "Leguminosas para Explotaciones Ganaderas Atlánticas" (2006-2009).

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- FRAME, J., 2005. *Trifolium incarnatum* L. En: *Forage legumes for temperate grasslands*, J. FRAME. FAO. Roma (Italia) y Science Publishers, Inc. Plymouth (Reino Unido), 188-192.

- GARCÍA-SERRANO JIMÉNEZ, P.; RUANO CRIADO, S., 2010a. Fertilización fosfatada. En: *Guía práctica de la fertilización racional de los cultivos en España*, P. GARCÍA-SERRANO *et al.* (Co.). Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Madrid (España), 75-79.
- GARCÍA-SERRANO JIMÉNEZ, P.; RUANO CRIADO, S., 2010b. Fertilización potásica. En: *Guía práctica de la fertilización racional de los cultivos en España*, P. GARCÍA-SERRANO *et al.* (Co.). Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Madrid (España), 81-84.
- JONES, D.I.H.; MOSELEY, G., 1993. Laboratory methods for estimating nutritive quality. En: *Sward measurement handbook, 2<sup>nd</sup> edition*, A. DAVIES *et al.* (Eds.). The British Grassland Society. Reading (Reino Unido), 265-283.
- MOMBIELA MURUZÁBAL, F., 1986. Importancia del abonado en la producción de los pastos de la zona húmeda española. *Pastos*, **16**, 27-55.
- PIÑEIRO-ANDIÓN, J.; DÍAZ-DÍAZ, N.; FERNÁNDEZ-PAZ, J., CASTRO-LOSADA, M.; BANDE-CASTRO, M.J., 2008. Leguminosas anuales para la mejora de pastos en Galicia. En: *Pastos, clave en la gestión de los territorios: Integrando disciplinas*, A. FERNÁNDEZ REBOLLO *et al.* (Eds.). Sociedad Española para el Estudio de los Pastos. Consejería de Agricultura y Pesca. Córdoba (España), 177-182.
- PIÑEIRO ANDION, J.; CASTRO ÍNSUA, J.; BLÁZQUEZ RODRÍGUEZ, R., 2010. Abonado de los cultivos forrajeros. En: *Guía práctica de la fertilización racional de los cultivos en España*, P. GARCÍA-SERRANO *et al.* (Co.). Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Madrid (España), 173-180.
- STEWART, T.A.; PIÑEIRO ANDION, J., 2002. *Siembra en superficie de trébol blanco en praderas establecidas, una guía práctica basada en la experiencia de los participantes en el Proyecto EFFECT de la Unión Europea*. 2ª Reimpresión. Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo. A Coruña (España), 4pp.

## DETERIORATED PASTURES IMPROVEMENT WITHOUT CULTIVATION

### SUMMARY

An experimental sowing without cultivation was done in autumn 2008 on a deteriorated ley, established on schrublands. A mixture of 11 *Rhizobium* inoculated legumes was used: subclover, arrowleaf clover, Mike's clover, crimson clover, Persian clover, white clover, red clover, pink serradella, biserrula, sainfoin and creeping trefoil. Two sowing machines were compared: 1) 'Sulky', a direct driller, and 2) 'Vertikator', a surface seeder. Four t/ha ground limestone with magnesium oxide were spread in all plots and 40 m<sup>3</sup>/ha of pig slurry was used in all plots but one for comparison. Pastures legume content went from 5% on control plot to 9% and 38% on plots sown with 'Vertikator' and 'Sulky', respectively. Total yield went from 2292 kg/ha dry matter on the plot without slurry to 5393 kg/ha on the plot that received slurry, both 'Sulky' direct drilled. It was concluded that slurry is a very important resource to increase yield and that 'Sulky' was clearly more efficient than 'Vertikator'.

**Key words:** Legumes, surface seeding, direct drilling, slurry fertilization.

# NUEVAS LEGUMINOSAS ANUALES COMO CULTIVO DE INVIERNO EN ROTACIONES FORRAJERAS INTENSIVAS DE GALICIA

## I.- RENDIMIENTO EN MATERIA SECA

G. FLORES, J. PIÑEIRO, N. DÍAZ, J. VALLADARES, B. FERNÁNDEZ-LORENZO, A. GONZALEZ-ARRAEZ, M.J. BANDE-CASTRO, S. PEREIRA-CRESPO y C. RESCH \*

### RESUMEN

Se presentan resultados de la producción observada en un ensayo donde se evaluaron seis especies de leguminosas anuales sembradas en otoño de 2009 como cultivo monofito de invierno y sometidas a una estrategia de corte para ensilar la siguiente primavera. Las especies fueron: trébol encarnado (*Trifolium incarnatum* L.); trébol migueliano (*T. michelianum* Savi); trébol persa (*T. resupinatum* L.) ssp. *resupinatum* y ssp. *majus*; trébol vesiculoso (*T. vesiculosum* Savi.) y serradela (*Ornithopus sativus* Brot.). La cosecha se realizó en seis fechas diferentes a intervalos de dos semanas desde mediados de marzo, con un segundo aprovechamiento del rebrote a las seis semanas. La producción de materia seca (MS) por hectárea varió ampliamente entre especies (de 3,3 a 6,6 t MS/ha como media de las distintas fechas en el primer corte) y entre fechas de corte (de 1,5 a 8,5 t MS/ha para la primera y última fecha, como media de todas las especies). A pesar de la buena producción observada para la mayor parte de las especies evaluadas, su utilidad como cultivo forrajero de invierno para ensilar, entrando en rotación con maíz, pudiera estar dificultada por el bajo contenido en materia seca del cultivo, que osciló entre 9,8% y 19,0% MS.

**Palabras clave:** Potencial forrajero, cultivo monofito, serradella, tréboles

### INTRODUCCIÓN

En los últimos años han aparecido en el mercado diferentes cultivares de leguminosas anuales adaptadas a zonas con inviernos suaves. Estas nuevas leguminosas pratenses han sido seleccionadas, entre otros caracteres, en base a la profundidad de su sistema radicular, amplia estación de crecimiento, tolerancia a plagas y enfermedades y asociación simbiótica adaptada a suelos ácidos (Loi *et al.*, 2008). Entre las especies utilizadas figuran diversos tréboles anuales, como el trébol persa (*Trifolium resupinatum* L.), trébol migueliano (*T. michelianum* Savi.) y el trébol vesiculoso (*T. vesiculosum* Savi.) así como la serradela francesa (*Ornithopus sativus* Brot.). Esta última especie, junto con el trébol encarnado (*Trifolium*

---

\* Instituto Galego de Calidade Alimentaria. Centro de Investigacións Agrarias de Mabegondo (INGACAL-CIAM). Apdo. 10, 15080 A Coruña

*incarnatum* L.) eran leguminosas anuales presentes en la práctica agrícola de las explotaciones gallegas (Lloveras, 1987), hoy en día prácticamente desaparecidas.

En condiciones de terrenos de monte de escasa fertilidad, situados en una zona del sur de Galicia con marcada influencia mediterránea que se manifestaba sobre todo por la escasez de agua en verano Piñeiro *et al.*, (2008) recurrieron con éxito al uso de estas leguminosas en el establecimiento de pastos para la alimentación del ganado vacuno, conservados como heno en verano y aprovechados en pastoreo el resto del año. Su utilización en los sistemas de rotaciones forrajeras intensivas de dos cultivos por año no ha sido evaluada hasta el momento, en Galicia.

El objetivo del presente trabajo es presentar resultados del primer año de evaluación del potencial forrajero de las citadas leguminosas anuales sembradas como cultivo monofito en situación de secanos húmedos de la zona costera de Galicia para formar parte de la rotación con maíz forrajero.

## MATERIAL Y MÉTODOS

**Localización.** El ensayo se realizó durante el período comprendido entre mediados de octubre de 2009 y comienzos de julio de 2010, en la finca del CIAM en Mabegondo (A Coruña), zona costera de clima atlántico a 100 m de altitud, en secano, sobre suelos de esquistos de profundidad y fertilidad medias, con valores de pH 5,4 a 5,7; de P (Olsen, extraído en  $\text{NaHCO}_3$ ) 21-37  $\text{mg kg}^{-1}$  y de K (extraído en  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) 180-210  $\text{mg kg}^{-1}$ .

**Tratamientos.**- Los tratamientos ensayados fueron:

- Seis especies de leguminosas sembrados como cultivo monofito: trébol encarnado cv. 'Viterbo'; trébol migueliano cv. 'Bolta'; trébol persa *ssp. resupinatum* cv. 'Kyambro'; trébol persa *ssp. majus* cv. 'Maral'; trébol vesiculoso cv. 'Zulu II' y serradela francesa cv 'Margurita'.
- Seis fechas de aprovechamiento en el primer ciclo de crecimiento, a partir del 15 de marzo hasta el 24 de mayo, cada dos semanas, seguidas por el corte de los rebrotes a las seis semanas de edad, a partir del 26 de abril hasta el 5 de julio.

El ensayo fue repetido en dos localizaciones diferentes en la finca de Mabegondo y siguió un diseño en parcelas subdivididas, con la especie como parcela principal, la fecha de corte como subparcela y cinco repeticiones en cada localidad.

**Siembra, fertilización y seguimiento del cultivo.**- La siembra se realizó entre el 13 y el 16 de octubre de 2009 en parcelas elementales de 7,8  $\text{m}^2$  (6,0 m x 1,3 m), con dosis de 30 kg de semilla/ha para la serradela y el trébol encarnado y de 10 kg/ha para los restantes tréboles. Tras un encalado con calizas molidas equivalente a 1,5 t/ha de óxido de calcio, se aplicaron en el establecimiento 100 kg de  $\text{P}_2\text{O}_5$  y 150 kg de  $\text{K}_2\text{O}$ /ha. No se realizaron aportaciones de fertilizante nitrogenado en ningún momento del ensayo.

**Muestreo de las parcelas.**- En las fechas previstas para cada corte, se tomó una muestra de 6,0 m x 0,90 m en las correspondientes parcelas mediante una segadora de barra oscilante de 0.90 m de anchura de corte. La muestra fue pesada en el campo y, por cuarteos sucesivos, se tomó una alícuota de aproximadamente 1000 g, que se envió al laboratorio para la determinación de la materia seca y composición botánica.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las siembras se realizaron según lo previsto en un otoño algo más cálido de lo habitual, que fue seguido por un invierno algo más frío y sobre todo más lluvioso, como se puede observar en la *Tabla 1*, pese a lo cual el establecimiento de las leguminosas fue satisfactorio en las dos localizaciones del ensayo en la finca. En el posterior desarrollo del cultivo no se apreciaron problemas de plagas o enfermedades ni accidentes meteorológicos relevantes que afectaran a las plantas. Todas las especies mostraron abundante nodulación en sus raíces.



Tabla 1.- Temperatura media y precipitación acumulada durante los meses del ensayo

Mes	Período 2009-2010		Media de los últimos 10 años	
	Tª media °C	Lluvia, mm	Tª media °C	Lluvia, mm
Octubre	16,4	127,4	14,8	187,1
Noviembre	12,5	276,2	10,8	167,2
Diciembre	8,3	214,8	8,5	132,9
Enero	7,9	184,0	9,0	117,9
Febrero	7,7	159,6	8,5	98,5
Marzo	9,6	84,0	10,7	112,3
Abril	12,7	44,6	11,9	84,3
Mayo	14,1	84,5	14,1	84,9
Junio	16,8	117,0	17,4	48,1
Julio	18,9	38,1	18,4	46,9

En la *Tabla 2* se muestra, para las diferentes especies y fechas de corte, la producción de materia seca (MS) total obtenida, la proporción de ésta aportada por la leguminosa sembrada y su contenido en MS (%). Para el primer ciclo la producción media del experimento, promediando todas las especies y fechas de corte, fue de 5905 ( $\pm 3233$ ) kg MS/ha, cantidad de la cual el 86,5% ( $\pm 13,3\%$ ) de la producción media cosechada correspondió a las leguminosas sembradas, que mostraron un contenido en materia seca de tan solo 12,1% ( $\pm 2,8\%$ ) de media. La especie más precoz en cuanto a la floración fue la serradela, que la inició el 29 de marzo, seguida del trébol migueliano (12 abril), trébol persa *resupinatum* (23 abril), trébol encarnado (26 de abril), trébol vesiculoso (5 de mayo) y trébol persa *majus* (22 de mayo).

Comparando las diferentes especies ensayadas para el conjunto de las seis fechas de corte del primer ciclo, las especies más productivas fueron los tréboles migueliano y encarnado (6898 y 6661 kg MS/ha, respectivamente) y la menos productiva el trébol persa *majus* (4562 kg MS/ha). El porcentaje más elevado de leguminosa sobre la producción total correspondió al trébol migueliano (95,1%) evidenciando su agresividad. En el sentido opuesto, el trébol persa ssp. *majus* fue la especie menos competitiva (72,2%), mientras que el resto de las especies no se diferenciaron entre sí (rango 88,5% a 87,3%). El contenido en MS fue bajo en todas las especies, oscilando entre 12,8% y 11,6% para el trébol persa *majus* y el trébol migueliano, respectivamente. Comparando las distintas fechas de corte del primer ciclo para el conjunto de especies evaluadas, la producción total se incrementó en cada corte, dentro del intervalo entre 2040 y 9451 kg MS/ha para el primer y último aprovechamiento, respectivamente. La contribución de la leguminosa sembrada a la materia seca total cosechada fue superior en los cortes más tardíos comparados con los precoces, con valores de 73,4% en el primer corte y de 90,1 % en el último. El contenido en MS de estos cortes fue superior al de los de fechas intermedias, con valores de 15,8; 10,4; 10,8; 10,5; 9,8 y 15,4 % para las fechas 1 a 6, respectivamente.

En el segundo ciclo, la producción media fue de 2014 ( $\pm 2289$ ) kg MS/ha, de la cual correspondió un 88,2% ( $\pm 11,9\%$ ) a las leguminosas sembradas, que mostraron un contenido en MS aún más bajo que en el primer crecimiento, de 11,8% ( $\pm 2,8\%$ ). La especie con mayor capacidad de rebrote y la más productiva fue el trébol persa *majus*, que produjo una media de 3826 kg MS/ha (88% de leguminosa) para el conjunto de los seis aprovechamientos en este ciclo. El resto de las especies no produjo rebrote más allá del tercer aprovechamiento, y las producciones oscilaron entre 2532 kg MS/ha para el trébol encarnado y 1081 kg MS/ha para la serradela. Para esta especie, el porcentaje de leguminosa en la producción cosechada fue el más bajo del conjunto (80,2%), mientras que el trébol encarnado mostró el valor más elevado (93,7%) evidenciando una buena capacidad de rebrote pero limitada, como se dijo, a los tres aprovechamientos.

Tabla 2.- Producción de materia seca total, contribución de la leguminosa al rendimiento y contenido en materia seca de las diferentes especies

Especies <sup>1</sup>	Producción (kg MS/ha)	Leguminosa (%)	MS (%)	Fecha de corte <sup>2</sup>	Producción (kg MS/ha)	Leguminosa (%)	MS (%)
<b>Primer ciclo</b>				<b>Primer ciclo</b>			
Serradela	6106	87,3	11,8	15 marzo	2040	73,4	15,8
T. encarnado	6661	88,5	11,9	29 marzo	2971	82,6	10,4
T. migueliano	6898	95,1	11,6	12 abril	4894	87,6	10,8
T. persa <i>resupinatum</i>	5364	88,9	12,1	26 abril	7209	91,0	10,5
T. persa <i>majus</i>	4562	72,2	12,8	10 mayo	8868	94,0	9,8
T. vesiculoso	5842	86,7	12,6	24 mayo	9451	90,1	15,4
d.m.s.	524	3,7	0,3		509	3,9	0,7
<b>Segundo ciclo</b>				<b>Segundo ciclo</b>			
Serradela	1081	80,2	11,3	26 abril	4140	89,7	10,5
T. encarnado	2532	93,7	11,2	10 mayo	3836	89,9	10,2
T. migueliano	1022	88,6	10,6	24 mayo	2280	84,2	14,0
T. persa <i>resupinatum</i>	1498	86,7	11,9	7 junio	754	92,9	12,2
T. persa <i>majus</i>	3826	88,0	12,7	21 junio	702	92,1	15,4
T. vesiculoso	2130	90,7	12,1	5 julio	378	70,6	19,0
d.m.s.	328	3,2	1,0		411	3,0	0,8

<sup>1</sup> Medias de cada especie para el conjunto de los cortes de primer y segundo ciclo

<sup>2</sup> Medias de cada fecha de corte para el conjunto de las especies en primer y segundo ciclo

d.m.s.: diferencia mínima significativa entre dos medias de la misma columna al nivel  $P < 0,05$

tos más precoces. El contenido en MS de los rebrotes de las distintas especies osciló entre 12,7% para el trébol persa *majus* y el 10,6% para el trébol migueliano.

En la *Tabla 3* se muestran los valores medios de la producción de las seis especies de leguminosas en cada corte de los dos ciclos de crecimiento y la producción acumulada para ambos. El rendimiento no se incrementa en el primer ciclo más allá del quinto corte en ninguna de las especies salvo en el caso del trébol migueliano, que no ve superada significativamente la producción más allá de la cuarta fecha de corte, y del trébol vesiculoso, que alcanzó su máxima velocidad de crecimiento entre los dos últimos aprovechamientos y tuvo una producción en el corte de finales de mayo que superó a la de todos los anteriores. A partir del corte realizado el 10 de mayo se hizo evidente un acusado grado de encamado en todas las especies, más marcado en el caso del trébol migueliano, debido a su hábito de crecimiento semipostrado y en el de la serradela, siendo menos marcado en el trébol encarnado y, sobre todo, en el trébol vesiculoso, ambos de porte más erecto.

La producción total acumulada de leguminosa del primer y segundo ciclo siguió el mismo modelo que el observado para el primero alcanzándose la máxima producción, para la media de todas las especies, cuando el primer aprovechamiento se realiza a mediados de mayo. Considerando la media de las diferentes fechas de corte para cada especie, el trébol encarnado mostró la máxima producción, con 8653 kg MS/ha, seguido de los tréboles migueliano y vesiculoso (7612 y 7449 kg MS/ha, respectivamente), trébol persa *majus* (6802 kg MS/ha) y de la serradela y trébol persa *resupinatum* (6304 y 6216 kg MS/ha, respectivamente), que no se diferenciaron significativamente entre sí.

Los resultados obtenidos en el primer año de ensayo son, en general, comparables con los referidos en la escasa bibliografía disponible acerca del comportamiento productivo de estas leguminosas cuando se cultivan como única especie. En un ensayo realizado en la finca de Mabegondo, Iglesias y Lloveras (1998) obtuvieron rendimientos de 5,8 y 6,2 t MS/ha en un corte

Tabla 3.- Producción de leguminosa (kg materia seca/ha) para las distintas especies y fechas de corte

Fecha de corte							
<b>Primer ciclo</b>	<b>15 marzo</b>	<b>29 marzo</b>	<b>12 abril</b>	<b>26 abril</b>	<b>10 mayo</b>	<b>24 mayo</b>	<b>Media por especie</b>
Serradela	2234	3348	4897	6877	8197	6998	5425
T. encarnado	1098	2239	5036	7792	10859	10454	6246
T. migueliano	2607	4038	5913	8793	9616	9141	6685
T. persa <i>resupinatum</i>	1482	2679	4155	5689	7578	7982	4928
T. persa <i>majus</i>	1261	1476	2483	3797	5544	5774	3389
T. vesiculoso	742	1506	3832	6952	8668	11196	5482
<b>Media por corte</b>	<b>1571</b>	<b>2548</b>	<b>4386</b>	<b>6650</b>	<b>8410</b>	<b>8591</b>	<b>5359</b>
<i>d.m.s.: especie, 589; fecha de corte, 559; especie x fecha de corte, 918</i>							
<b>Segundo ciclo</b>	<b>26 abril</b>	<b>10 mayo</b>	<b>24 mayo</b>	<b>7 junio</b>	<b>21 junio</b>	<b>5 julio</b>	<b>Media por especie</b>
Serradela	2780	1916	578	0	0	0	879
T. encarnado	5702	5844	2896	0	0	0	2407
T. migueliano	3307	2104	154	0	0	0	927
T. persa <i>resupinatum</i>	3509	2652	1575	0	0	0	1289
T. persa <i>majus</i>	2285	3965	4507	4191	3866	1667	3414
T. vesiculoso	4991	4688	2124	0	0	0	1967
<b>Media por corte</b>	<b>3762</b>	<b>3528</b>	<b>1972</b>	<b>699</b>	<b>644</b>	<b>278</b>	<b>1814</b>
<i>d.m.s.: especie, 298; fecha de corte, 404; especie x fecha de corte, 721</i>							
<b>Primer y segundo ciclo</b>							<b>Media por especie</b>
Serradela	5014	5264	5475	6877	8197	6998	6304
T. encarnado	6799	8084	7932	7792	10859	10454	8653
T. migueliano	5914	6142	6068	8793	9616	9141	7612
T. persa <i>resupinatum</i>	4991	5331	5730	5689	7578	7982	6216
T. persa <i>majus</i>	3547	5442	6990	7988	9409	7441	6802
T. vesiculoso	5733	6193	5956	6952	8668	11196	7449
<b>Media por corte</b>	<b>5333</b>	<b>6075</b>	<b>6358</b>	<b>7348</b>	<b>9054</b>	<b>8860</b>	<b>7173</b>

*d.m.s.: especie 632; fecha de corte, 648; especie x fecha de corte, 1052*

*d.m.s.: diferencia mínima significativa entre dos medias de la misma columna (media por especie) o fila (media por corte) para cada uno de los efectos principales o de su interacción (especie x fecha de corte) al nivel  $P < 0,05$*

realizado en la tercera semana de mayo para ecotipos locales de serradela y trébol encarnado, que son superados por los resultados del presente ensayo. En Australia, Loi *et al.*, (2000) refieren rendimientos en primavera de aproximadamente 5 t MS/ha para serradela y trébol migueliano cosechados en plena floración. Otros trabajos refieren rendimientos de hasta 6 t MS/ha para trébol encarnado cosechado en el momento de floración en EEUU y de aproximadamente 4 t MS/ha para trébol persa *resupinatum* en situación de regadío en Italia (Hoveland y Evers, 1995 y Martiniello, 1999, respectivamente, citados por Frame, 2005).

## CONCLUSIONES

Los resultados iniciales obtenidos muestran una elevada productividad media de las leguminosas anuales ensayadas, destacando los tréboles encarnado, migueliano y vesiculoso. Sin embargo, el alto contenido en humedad de estas forrajeras a lo largo de la prima-

vera puede dificultar su aprovechamiento como ensilado, al obligar al presecado. Otras características, como la evolución de su composición química, el hábito postrado de crecimiento de algunas especies, la ocurrencia de encamado en los cortes más tardíos pueden condicionar la elección de la fecha óptima de aprovechamiento para compatibilizarla con la siembra del maíz, aspectos que deben ser considerados con más detalle.

## Agradecimientos

Este trabajo fue realizado dentro del contrato suscrito entre el INGACAL y la empresa LEYMA CENTRAL LECHERA S.A. para la ejecución del proyecto O9MRU012E financiado dentro del programa INCITE de la Xunta de Galicia.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- FRAME, J., 2005. *Forage Legumes for Temperate Grasslands*. Food and Agriculture Organization of the United Nations (Roma) y Science Publishers, Inc. (EEUU y Reino Unido). 309 pp.
- IGLESIAS, I.; LLOVERAS, J. 1998. Annual cool-season legumes for forage production in mild winter areas. *Grass and Forage Science*, **53**, 318-325.
- LLOVERAS J. 1987. Traditional cropping systems in Northwestern Spain. *Agricultural Systems*, **23**: 259-275.
- LOI, A.; NUTT, B.J.; McROBB, R.; EWING, M.A., 2000. Potential new alternative annual pasture legumes for Australian Mediterranean farming systems. *Cahiers Option Méditerranéennes*, **45**, 51-54
- LOI, A.; NUTT, B.J.; REWELL, C.K. (2008). Domestication of new annual pasture legumes for resilient Mediterranean Farming Systems. *Options Méditerranéennes, Series A*, nº 79, 363-371.
- PIÑEIRO, J.; DÍAZ, N.; FERNÁNDEZ-PAZ, J.; CASTRO-LOSADA, M.; BANDE-CASTRO, M.J. 2008. Leguminosas anuales para la mejora de pastos en Galicia. En: *Pastos, clave en la gestión de los territorios: Integrando disciplinas*. P. FERNÁNDEZ-REBOLLO *et al.* (Eds.) Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía. Córdoba (España), 177-182.

## NEW ANNUAL LEGUMES AS WINTER CROPS FOR INTENSIVE FORAGE ROTATIONS IN GALICIA (NW SPAIN). I.- DRY MATTER YIELD

### SUMMARY

It is presented in this paper the dry matter yield results obtained in an experiment sited in the CIAM research station farm (coastal zone of Galicia, NW Spain) where six species of annual legumes were sown in small plots in mid-October 2009 as a winter monoculture crop and harvested in the next spring following a silage-cutting strategy. Legume species were: crimson clover; balansa clover; persian clover (*ssp. resupinatum* and *ssp. majus*); arrowleaf clover and french serradella. Forage was given a first cut at two weeks intervals in six harvest dates beginning at mid-march, and a second cut was taken after six weeks of regrowth. Dry matter (DM) yield varied broadly among species across cutting dates (from 3.3 to 6.6 t DM/ha and from 0.8 to 3.4 t DM/ha in first and second cycles, respectively) and among cutting dates across species (from 1.5 to 8.5 t DM/ha in the first cycle and from 3.7 to 0.2 t DM/ha in the second). In spite of the good average productivity of most of the legume species studied, their low DM content in spring (from 9.8 to 19.0% DM) could difficult their suitability for integrating a rotation with forage maize as a winter crop.

**Key-words:** Forage potential, monoculture crops, serradella, clovers, silage cutting regime.

## VALOR ALIMENTICIO DE ESPECIES PRODUCTIVAS EN PRADOS DE MONTAÑA

R. PELÁEZ, S. ANDRÉS, C. VALDÉS, R. GARCÍA y A. CALLEJA \*

### RESUMEN

Con el fin de comprobar la vigencia de los métodos clásicos para evaluar la calidad de los forrajes, se compararon los índices establecidos por Daget y Poissenet (1971) para calcular el valor pastoral, con la cuantificación del valor alimenticio, desde el punto de vista energético, siguiendo el esquema de valoración de los forrajes propuesto por Andrieu *et al.* (1981), en una serie de forrajes obtenidos de prados de montaña en cuatro momentos de siega sucesivos durante el primer ciclo de crecimiento y en tres rebrotes de los mismos. Los forrajes estudiados fueron: 10 gramíneas (*Alopecurus pratensis*, *Anthoxanthum odoratum*, *Arrhenatherum elatius*, *Cynosurus cristatus*, *Dactylis glomerata*, *Festuca pratensis*, *Holcus lanatus*, *Lolium perenne*, *Poa trivialis* y *Trisetum flavescens*), dos leguminosas (*Trifolium pratense* y *Trifolium repens*) y el prado en su conjunto. Se observa como, en determinados momentos de utilización de los forrajes, los valores conseguidos con los sistemas clásicos están sobrevalorados.

**Palabras clave:** valor pastoral, UGM, forrajes, INRA.

### INTRODUCCIÓN

El conocimiento de la carga ganadera que podían soportar las superficies de los prados de siega (UGM/ha) era de vital importancia en las explotaciones lecheras de la Montaña de León, que llegaron a representar el 5,1% de la producción láctea nacional (Suárez *et al.*, 1975), al ser estas superficies el auténtico cuello de botella al depender del forraje conservado el número de animales que se podían mantener estabulados en las explotaciones con unas compras mínimas de pienso. La forma más rápida de estimar este parámetro era, en la mayoría de las ocasiones, mediante el Valor Pastoral bien de las escuelas francesa (Daget y Poissenet, 1971) u holandesa/alemana (De Vries y De Boer, 1959) basados en la composición botánica de dichos prados, que podía variar de año en año a consecuencia de la climatología o de la fertilización que estos prados soportaban.

Sin embargo la entrada en el Mercado Común promovió la desaparición de un gran número de explotaciones con el problema de las cuotas lecheras y, aunque no hubo un des-

---

\* Instituto de Ganadería de Montaña (CSIC- Universidad de León). Departamento de Producción Animal. E-24071. León (España).  
[alfredo.calleja@unileon.es](mailto:alfredo.calleja@unileon.es)

censo muy acusado en el número de animales, hubo un gran cambio en el tamaño y tipo de explotaciones en la Montaña, pasando de producir leche a producir carne (Serrano *et al.*, 2002), auspiciados por las primas a las vacas nodrizas y como consecuencia de no poder competir con las zonas de regadío, con producciones forrajeras basadas en el maíz y la alfalfa, con animales de razas más productivas (Frisonas), condiciones climáticas más benignas y mejores estructuras viarias.

Estas nuevas estructuras pecuarias originaron grandes cambios en los sistemas de aprovechamiento de los recursos pascícolas de la zona; por un lado los prados de siega dejaron de ser el famoso "cuello de botella" de la economía de las explotaciones, puesto que la intensificación ligada a la necesidad de un forraje de mayor calidad carecía de sentido y porque al desaparecer explotaciones, las pocas que quedaban podían pasar a disfrutar de los prados de siega del fondo de valle, con el beneplácito de sus propietarios que así podían impedir la invasión de los mismos por maleza no deseada.

En relación con las necesidades nutritivas de los animales, si bien se ha seguido manteniendo la misma raza (Parda Alpina o, como se denomina en la actualidad, Parda de Montaña), el paso de aptitud básicamente lechera a principalmente cárnica implica la utilización de un forraje que no ha de ser obligatoriamente de alta calidad, las necesidades de cada animal podrían pasar de 13 a 8 UFL/día, por lo que (dependiendo del manejo que se le de a estos animales en cuanto a época de parto y venta de terneros) en muchas de las explotaciones primaria la cantidad de forraje recolectado frente a la calidad.

Como consecuencia de lo anterior, nos planteamos la necesidad de comprobar si los valores que se habían venido dando a las especies botánicas seguirían vigentes para las nuevas producciones, mediante un estudio de la composición química y valor alimenticio de las especies más importantes, como son las de "fondo de prado" (Vivier, 1971a) características de nuestras superficies pratenses (García Navarro, 1988) con el fin de cumplir la máxima de que una buena gestión del pastoreo de los animales domésticos implica el mejor conocimiento posible de la oferta forrajera o del valor agronómico de las formaciones vegetales.

## MATERIAL Y MÉTODOS

En el año 2005 se procedió a la toma de muestras en dos prados típicos de fondo de valle, situados a 1 100 m de altitud, de regadío y pertenecientes al Orden *Arrhenatheretalia*.

En los siete momentos de siega establecidos (cuatro en un primer ciclo entre los días 18 de Mayo y 26 de Junio y tres en rebrotes de distinta edad: 27, 39 y 90 días) se midió una superficie suficientemente grande (8 m<sup>2</sup>) para conseguir una adecuada cantidad de muestra; se cortó con una motosegadora y se pesó. Las muestras fueron llevadas al laboratorio y congeladas (-18°C) hasta el momento de su utilización.

Una vez descongeladas se procedió a dividir la muestra en dos mitades, con una de ellas se realizó una separación botánica con especial atención a las especies que en nuestros prados son consideradas como de "fondo de prado" (García Navarro, 1988) común a todos los prados de regadío y que está formado por 12 gramíneas (*Alopecurus pratensis*, *Anthoxanthum odoratum*, *Arrhenatherum elatius*, *Bromus hordeaceus*, *Cynosurus cristatus*, *Dactylis glomerata*, *Festuca pratensis*, *Festuca rubra*, *Holcus lanatus*, *Lolium perenne*, *Poa trivialis* y *Trisetum flavescens*); dos leguminosas (*Trifolium pratense* y *Trifolium repens*) y cuatro del grupo de "otras" (*Plantago lanceolata*, *Polygonum bistorta*, *Ranunculus acris* y *Taraxacum officinale*), si bien para este trabajo estas últimas no se han utilizado.

Una vez pesadas se procedió, junto con la otra submuestra, al secado completo de las mismas en estufa de aire forzado a 65°C, con el fin de obtener la materia seca y así la producción (kg/ha) para, posteriormente, ser molidas en molino de martillo, tipo Culatti, con luz de malla de 1 mm.

Para este trabajo se han utilizado los datos obtenidos en: humedad, materia orgánica, fibra bruta (ANKOM Technology Method 7) y proteína bruta (N x 6,25 Kjeldahl), a partir de los cuales se estimó el valor energético (en unidades forrajeras carne) y el valor lastre, como forma de expresión de la ingestión voluntaria, empleando las ecuaciones del INRA (Andrieu *et al.*, 1981; Favardin *et al.*, 1987). Finalmente se calculó el valor alimenticio como el porcentaje de las necesidades energéticas que un animal podría cubrir si los forrajes se administrasen "ad libitum" y como único alimento. Para esto se eligió como animal de referencia una vaca de raza Parda de Montaña, con un peso vivo de 600 kg, una producción de leche de 9 kg día<sup>-1</sup>, una condición corporal de 2,5 y amamantando un ternero con un peso al nacimiento de 40 kg.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la *Tabla 1* se muestran las producciones de las especies estudiadas así como del conjunto del prado en cada uno de los cortes efectuados. Hay que destacar, en un principio, la ausencia en los rebrotes de *A. odoratum*, *A. elatius*, *C. cristatus*, *P. triviales* y *T. flavescens*, hecho que en algunas de estas especies ya se había contrastado con anterioridad (García y Calleja, 2003).

*Tabla 1. Producciones (kg/ha MS) de las especies productivas y del total del prado*

	PRIMER CICLO				REBROTOS		
	CORTE 1º	CORTE 2º	CORTE 3º	CORTE 4º	27 DIAS	39 DIAS	90 DIAS
<i>Alopecurus pratensis</i>	173,0	135,0	379,0	293,0		50,0	194,0
<i>Anthoxanthum odoratum</i>	102,5	62,5	234,0	39,0			
<i>Arrhenatherum elatius</i>	42,0	129,5	26,5	23,0			
<i>Cynosurus cristatus</i>	52,5	74,0	66,0	72,0			
<i>Dactylis glomerata</i>	414,5	1096,0	1866,5	1057,0	119,0	258,0	1023,5
<i>Festuca pratensis</i>	269,5	106,0	323,0	278,0	13,5	143,5	264,0
<i>Holcus lanatus</i>	103,5	251,0	1293,5	813,0	11,5	60,5	276,0
<i>Lolium perenne</i>	103,0	163,5	82,0	215,0		21,0	46,5
<i>Poa trivialis</i>	48,0	66,0	164,0	482,0			
<i>Trisetum flavescens</i>	45,0	249,0	7,5	329,0			
<i>Trifolium pratense</i>	238,5	475,0	375,5	482,0	76,5	132,0	578,0
<i>Trifolium repens</i>	272,0	441,5	300,5	510,0	228,5	757,5	152,0
<b>TOTAL PRADO</b>	<b>3602,5</b>	<b>4957,5</b>	<b>6492,5</b>	<b>6112,0</b>	<b>727,0</b>	<b>2149,5</b>	<b>3653,5</b>

En el primer ciclo destaca la gran importancia que llega a alcanzar el dactilo superando, en alguno de los cortes, el 25% de la biomasa del prado. En el rebrote de más edad es, igualmente, la especie más productiva y, junto con los dos tréboles, alcanzan el 48% de la producción del prado.

El contenido proteico de los distintos forrajes se muestra en la *Tabla 2*. Aparte del descenso, lógico y nada novedoso, del contenido en proteína bruta a medida que las plantas van madurando, así como el mayor contenido que presentan las leguminosas; cabe destacar la pobreza de algunas especies en este parámetro, como es el caso de *A. odoratum*, *C. cristatus* y *P. triviales*, siendo estas dos últimas las que menos contenido en proteína tienen en el último corte del primer ciclo. Estas especies son de desarrollo muy precoz y que enseguida granan, ya en el tercer aprovechamiento tenían el 75% de la semilla formada.

Tabla 2. Contenido en proteína bruta (g/kg MS) de las principales especies y del prado

	PRIMER CICLO				REBROTOS		
	CORTE	CORTE	CORTE	CORTE	27	39	90
	1°	2°	3°	4°	DIAS	DIAS	DIAS
<i>Alopecurus pratensis</i>	115,1	95,4	79,5	67,4		143,5	143,0
<i>Anthoxanthum odoratum</i>	106,6	78,7	60,3	71,2			
<i>Arrhenatherum elatius</i>	138,4	95,1	76,0	64,3			
<i>Cynosurus cristatus</i>	98,9	73,5	54,4	51,4			
<i>Dactylis glomerata</i>	123,3	104,2	80,5	78,5	203,5	156,0	136,9
<i>Festuca pratensis</i>	122,9	89,3	68,8	94,4	165,7	142,2	131,2
<i>Holcus lanatus</i>	134,5	97,4	81,9	76,3	201,5	148,4	132,1
<i>Lolium perenne</i>	130,4	96,8	68,5	70,9		140,1	131,8
<i>Poa trivialis</i>	92,9	77,2	58,7	51,6			
<i>Trisetum flavescens</i>	115,7	83,3	77,0	79,5			
<i>Trifolium pratense</i>	203,8	172,6	126,8	132,6	259,1	188,8	168,2
<i>Trifolium repens</i>	229,3	201,5	181,4	190,9	253,7	227,6	182,0
<b>TOTAL PRADO</b>	150,5	108,5	79,5	83,3	187,1	168,8	132,1

En la *Tabla 3* se comparan los valores obtenidos por ambos sistemas. En la parte superior se muestra el valor alimenticio, expresado como porcentaje de energía cubierta por los forrajes en el animal tipo que hemos utilizado. En la parte inferior se presentan los valores pastorales de los prados en su conjunto (Daget et Poissonet, 1971) y sus transformaciones en unidades forrajeras (UF) y unidades de ganado mayo (UGM), de acuerdo con las especificaciones dadas por

Tabla 3. Valor alimenticio (porcentaje de energía cubierta) de las principales especies y del prado en comparación con el Valor Pastora

	PRIMER CICLO				REBROTOS		
	CORTE	CORTE	CORTE	CORTE	27	39	90
	1°	2°	3°	4°	DIAS	DIAS	DIAS
<i>Alopecurus pratensis</i>	101,3	77,55	63,5	53,6		113,9	112,8
<i>Anthoxanthum odoratum</i>	96,3	63,5	58,8	65,1			
<i>Arrhenatherum elatius</i>	99,5	69	63,4	70,2			
<i>Cynosurus cristatus</i>	89,7	58,7	53,2	51,1			
<i>Dactylis glomerata</i>	102,6	80,2	59,1	55,5	119,9	116,4	108,3
<i>Festuca pratensis</i>	107,5	63,1	66,3	57,9	128,6	123,1	120,8
<i>Holcus lanatus</i>	122,8	89,4	73,3	70,5	138,2	114,9	115,2
<i>Lolium perenne</i>	120,2	95,2	73,9	82,6		103,9	113,9
<i>Poa trivialis</i>	89,4	62,4	50,1	39,4			
<i>Trisetum flavescens</i>	90,6	69,9	76,7	78,2			
<i>Trifolium pratense</i>	161,0	133,9	106,2	102,5	190,2	154,9	124,4
<i>Trifolium repens</i>	178,3	171,8	161,7	159,2	174,2	168,0	159,5
<b>TOTAL PRADO</b>	132,2	105,8	77,1	67,4	123,3	104,7	92,1
(Daget y Poissonet, 1971, Vivier, 1971b)							
<b>VP (Valor Pastoral)</b>	41,42	54,37	62,94	55,89	56,58	59,80	59,64
<b>UF (VP * 60)</b>	2 485	3 262	3 777	3 353	3 395	3 588	3 578
<b>UGM (VP *0,02)</b>	0,83	1,09	1,3	1,12	1,2	1,13	1,19



Vivier (1971b). Hay cinco gramíneas que no cubren las necesidades energéticas ni en los mejores momentos de su estado fenológico (*A. odoratum*, *A. elatius*, *C. cristatus*, *P. trivialis* y *T. flavescens*), algunas de ellas ya estaban consideradas por Daget y Poissonet (1971) como las especies de gramíneas con peor índice específico; sin embargo dos de ellas (*A. elatius* y *P. trivialis*) se encontraban dentro del segundo grupo de valoración de las gramíneas. Del resto de gramíneas, que arrancan satisfaciendo las necesidades energéticas al completo, se van embasteciendo con el paso del tiempo llegando, al final del primer ciclo, con los valores más bajos en *A. pratensis* y *D. glomerata*. Es necesario destacar el buen comportamiento que presenta el holco, con unos valores muy próximos al ballico (*L. perenne*), y que ha sido una especie denostada con un valor de 2 en los índices franceses.

Los valores obtenidos para las leguminosas son muy elevados debido al efecto sinérgico de su mayor aporte energético y de su menor efecto lastre sobre el valor alimenticio. Estos efectos son explicables teniendo en cuenta sus contenidos en proteína y fibra bruta y la estructura de su pared celular.

Por otro lado sus altos contenidos proteicos, hace que exista un desequilibrio entre el PDIN y el PDIE (diferencia debida a la máxima síntesis de proteína microbiana calculada a partir de la disponibilidad de nitrógeno y de energía en el rumen) con valores muy elevados en el primero sobre el segundo por lo que a veces es necesario la utilización de alguna fuente externa de energía en la alimentación (cereales por ejemplo), para la óptima utilización de estas especies forrajeras.

La hierba obtenida del prado presenta un buen valor alimenticio a excepción de los dos últimos cortes en el primer ciclo, sin embargo no son los suficientemente bajos como para desperdiciar la opción de ahorrarse una siega, con los gastos consiguientes, y pasar de tres siegas (como se venía haciendo en las explotaciones lácteas) a dos.

Si comparamos los valores comentados hasta ahora con las unidades forrajeras y las UGM, obtenidos con el método de Daget y Poissonet (1971), podemos apreciar claramente las discrepancias existentes. La utilización de un valor único, independientemente del estado fenológico de cada especie, unido al incremento en la biomasa de algunas de ellas a lo largo del ciclo vegetativo, hace que los valores en unidades forrajeras, y por consiguiente en UGM, vayan incrementándose a medida que las plantas envejecen, mientras que los porcentajes de energía cubiertos por las mismas disminuyen, ambos valores vienen a coincidir en el segundo corte, pero discrepan en los demás; por lo que sería conveniente modificar los índices de Daget y Poissonet (1971) dependiendo del estado fenológico de las plantas, o bien fijar un estado fenológico para la utilización e los índices.

## Agradecimientos

A la Junta de Castilla y León por la financiación dentro del programa de ayudas a la actividad investigadora al grupo de excelencia GR158.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANKOM Technology Method 7. Crude Fiber Analysis in Feeds By Filter Bag Technique. Disponible en [http://www.ankom.com/media/documents/CrudeFiber\\_1108\\_A200.pdf](http://www.ankom.com/media/documents/CrudeFiber_1108_A200.pdf) [con acceso el 17 de diciembre de 2010].
- ANDRIEU, J.; DEMARQUILLY, C.; WEGAT-LITRE, E., 1981. *Tables de prévision de la valeur alimentaire des forrages*. (Dr. Demarquilly, C), *Prévision de la valeur nutritive des aliments des ruminants*. Ed. INRA publications. Versailles (Francia).
- DAGET, PH.; POISSONET, J., 1971. Une méthode d'analyse phytologique des prairies. *Ann. Agron.*, **22** (1), 5-41.
- DE VRIES, D. M.; DE VOER, TH., 1959. Methods used in botanical grassland research in the Netherland and their application. *Herbage Abst.*, **29**, 1-7

- FAVERDIN, P.; HODEN, A.; COULON, J.B., 1987. Recommandations alimentaires pour les vaches laitières. En: *Alimentations des ruminants: Révision des Systèmes et de Tables de L'INRA* (Ed. J. Jarrige), *Bull. Tech. C.R.Z.V. Theix, I.N.R.A.*, **70**, 133-152.
- GARCÍA NAVARRO, R., 1988. Aspectos agronómicos y composición mineral de los henos, gramíneas, leguminosas y "otras plantas" de prados permanentes de la Montaña de León. Tesis Doctoral. Facultad de Biología, 261 pp. León (España).
- GARCÍA, R.; CALLEJA, A., 2003. Capacidad de rebrote de especies de prados en la montaña de León. Efecto del modo de aprovechamiento y de la fertilización mineral. En: *Pastos, desarrollo y conservación*, A. B. Roblez Cruz *et al.* (Eds.). Junta de Andalucía, Sevilla (España).
- SERRANO, E.; LAVÍN, P.; MANTECÓN, A. R., 2002. *Caracterización de los sistemas de producción de ganado vacuno de carne de la montaña de León*. Ed. Valles del Esla S.A, 231 pp. León (España).
- SUÁREZ, A.; MANTERO, M. C.; REVUELTA, J. F.; PUENTE, T., 1975. *La ganadería leonesa y sus posibilidades de desarrollo*. Fundación Fray Bernardino de Sahún, 402 pp, León (España).
- VIVIER, M., 1971a. *Les prairies permanentes du Bassin et du Pays D'Auge*. Thèse Univ. Caen. 373 pp. Caen (Francia).
- VIVIER, M., 1971b. L'interprétation agronomique des inventaires botaniques des prairies permanentes, à l'aide des grilles floristiques et des indices spécifiques. *Fourrages*, **48**, 45-55

## FEEDING VALUE OF THE MOUNTAIN MEADOWS MOST RELEVANT SPECIES

### SUMMARY

To study the validity of Daget and Poissenet (1971) classic method on forage quality evaluation, a comparison with the feeding value estimated using energy and voluntary intake parameters as described by Andrieu *et al.* (1981) was made using forage samples obtained from mountain meadows. Forage samples were harvested in four successive dates; three meadows regrowths were also cut. The forages used were: 10 grasses: *Alopecurus pratensis*, *Anthoxanthum odoratum*, *Arrhenatherum elatius*, *Cynosurus cristatus*, *Dactylis glomerata*, *Festuca pratensis*, *Holcus lanatus*, *Lolium perenne*, *Poa trivialis* y *Trisetum flavescens*, two legumes (*Trifolium pratense* y *Trifolium repens*) and the whole meadows. The main conclusion was that Daget and Poissenet method overestimates forage quality at some harvesting dates.

**Key words:** pastoral value, AUE, INRA

# EFECTO DE LA FRECUENCIA DE CORTE EN LOS RENDIMIENTOS DE BRACHIARIA HÍBRIDO CV 'MULATO' EN EL TRÓPICO HÚMEDO DE HONDURAS

A. MENDOZA<sup>1</sup>, O. BARRANTES<sup>2</sup>, A. BROCA<sup>2</sup>, R. REINÉ<sup>3</sup> y C. FERRER<sup>2</sup>

## RESUMEN

Se presentan resultados preliminares sobre la incidencia del momento y frecuencia del corte sobre los rendimientos de *Brachiaria*, gramínea forrajera cultivada en el Trópico Húmedo de Honduras para la alimentación de vacuno. Se plantean 32 calendarios de aprovechamiento para el período de mínima precipitación y otros 32 para el de máxima, con combinaciones de intervalos entre cortes que varían de 30 a 60 días. El ensayo ha implicado un total de 109 muestreos. Con la combinación más productiva se ha llegado a obtener, en 8 cortes, unos rendimientos acumulados anuales de 44 612 kgMS/ha, 4580 kgPB/ha y 29 990 UFL/ha, que suponen unos incrementos de 47,7%, 66,1% y 56,5% respectivamente sobre la combinación menos productiva. Sería conveniente un nuevo experimento, a partir de los 3 calendarios o combinaciones más productivos obtenidos en este trabajo.

**Palabras clave:** gramínea forrajera tropical, calendario de corte, kg materia seca ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>, kg proteína bruta ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>, unidades forrajeras leche ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>.

## INTRODUCCIÓN

Desde hace varios años los ganaderos de vacuno de Honduras han mostrado sus preferencias como cultivo forrajero por un género de gramínea tropical, *Brachiaria*, mediante diferentes especies, variedades e híbridos. En Honduras diferencian tres zonas climáticas: Trópico Húmedo, Trópico Subhúmedo y Trópico Seco Subhúmedo. En un trabajo anterior del primer autor (Mendoza, 2006) se concluyó que en el Trópico Húmedo el cv 'Mulato', híbrido de *B. ruziziensis* x *B. brizantha*, presentaba los mejores rendimientos. El objetivo del presente trabajo ha sido realizar un análisis exploratorio sobre la importancia del momento y la frecuencia del corte en el manejo de este cultivo forrajero. Según Del Pozo (2002) estos elementos son básicos por la influencia que ejercen en el comportamiento morfológico y productivo de los cultivos forrajeros tropicales. Se pre-

<sup>1</sup> Disagro Honduras. Boulevard del Norte, Río Blanco, San Pedro Sula. Honduras.

<sup>2</sup> Dpto. de Agricultura y Economía Agraria. Universidad de Zaragoza. Fac. de Veterinaria. C/ Miguel Servet, 177. 50013 Zaragoza.

<sup>3</sup> Dpto. de Agricultura y Economía Agraria. Universidad de Zaragoza. Escuela Politécnica Superior. Ctra. Cuarte s/n. 22071-Huesca.

sentan resultados de rendimientos a partir de un ensayo realizado en 2007 en el que, con el cv 'Mulato' y en el Trópico Húmedo de Honduras.

## MATERIAL Y MÉTODOS

El Trópico Húmedo de Honduras se ubica al Norte del país, cubre un 29% de su superficie y siempre por debajo de los 600 msnm. La precipitación total anual es de 2200 a 4000 mm y la temperatura media mensual es muy uniforme y siempre por encima de los 20°C. En la *Figura 1* se observa que no hay período seco, que la mayor precipitación va de octubre a enero y que el año de la experiencia, 2007, fue un año "típico" del clima de la región. La experiencia fue realizada en la finca de "Las Marías" de la Comunidad de Jutiapa.

La gramínea forrajera sometida a ensayo es el cv 'Mulato', híbrido de *Brachiaria ruziziensis* clon 44-6 x *B. brizantha* CIAT 6297, obtenido en 1988 por el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), con sede principal en Colombia.

Se han comparado 32 frecuencias diferentes de cortes en el período de enero a junio

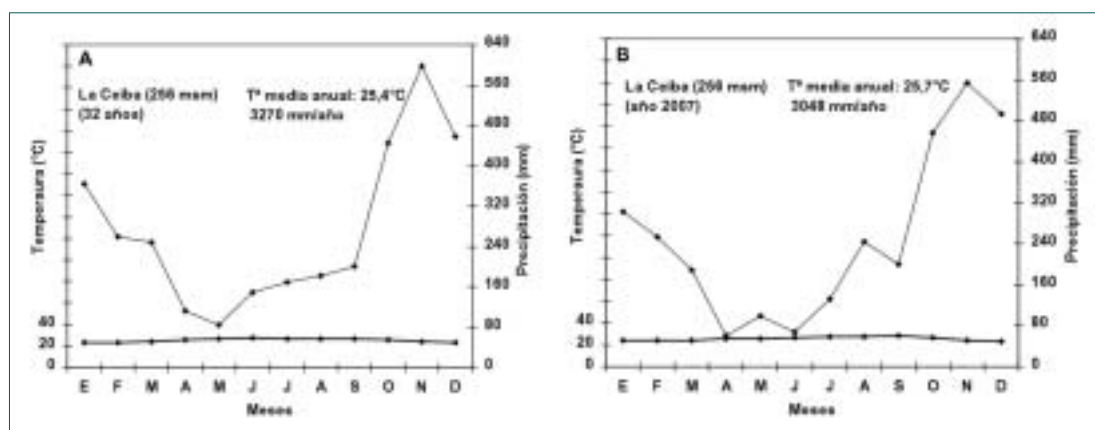


Figura 1. Diagramas ombrotérmicos (según Walter et al., 1975) de una estación representativa, La Ceiba, del Trópico Húmedo de Honduras. A: media de 32 años. B: datos correspondientes a 2007, año de la experiencia.

(de mínima precipitación) y otras 32 en el de julio a diciembre (de máxima precipitación). El diseño del calendario de cortes se representa en la *Tabla 1*. Para los intervalos entre cortes se han tenido en cuenta las recomendaciones de diferentes autores sobre gramíneas tropicales (entre 30 y 60 días), citadas por Del Pozo (2002). En la época de mínima precipitación se considera el comienzo del ciclo el 5 de enero y se realizan combinaciones de intervalos de 40, 50 y 60 días, lo que da lugar a un total de 32 combinaciones o tratamientos (unos con 3 y otros con 4 cortes) y de 54 muestras. En la época de máxima precipitación se considera el comienzo del ciclo el 1 de julio, realizando un 1<sup>er</sup> corte a los 35 días (el 5 de agosto) y a partir de entonces combinaciones de intervalos de 30, 40 y 50 días (menores que en la época anterior), lo que da lugar a un total de 32 tratamientos (unos con 4 y otros con 5 cortes) y a 54 muestreos. Estos muestreos se realizaron en jaulas de exclusión del pastoreo con una superficie variable según el número ordinal de corte, descendiendo progresivamente hasta 1 m<sup>2</sup> en el último. La altura de corte se estandarizó a 20 cm del suelo.

En cada una de las 109 muestras se analizó la materia seca (MS) y la proteína bruta (PB) según BOE (1995). Las unidades forrajeras leche (UFL/kgMS) se calcularon mediante las ecuaciones desarrolladas por De Blas *et al.* (1987) para gramíneas y rumiantes; para ello, además de la PB se analizaron la fibra ácido detergente (FAD) según Van Soest *et al.*

Tabla 1. Diseño del calendario de cortes en *Brachiaria* cv 'Mulato' en el Trópico Húmedo de Honduras. Con una x se indica el corte efectuado y entre dos x consecutivas se especifica el intervalo (en días) entre ambos

Época de mínima precipitación							Época de máxima precipitación															
Inicio ciclo	días	1° C	días	2° C	días	3° C	días	4° C	T	Inicio ciclo	días	1° C	días	2° C	días	3° C	días	4° C	días	5° C	T	
								40	X	T-1										30	X	T-1
				40	X			50	X	T-2								30	X	40	X	T-2
								60	X	T-3										50	X	T-3
			40	X				40	X	T-4				30	X					30	X	T-4
								50	X	T-5										40	X	T-5
								60	X	T-6										50	X	T-6
	40	X						40	X	T-7				30	X					30	X	T-7
								50	X	T-8										40	X	T-8
								60	X	T-9										50	X	T-9
								40	X	T-10										30	X	T-10
								50	X	T-11										40	X	T-11
								60	X	T-12										50	X	T-12
								40	X	T-13										30	X	T-13
								50	X	T-14										40	X	T-14
								60	X	T-15										50	X	T-15
5-01								40	X	T-16										30	X	T-16
								50	X	T-17	1-07	35	X							40	X	T-17
								60	X	T-18										50	X	T-18
	50	X						40	X	T-19										30	X	T-19
								50	X	T-20										40	X	T-20
								60	X	T-21										50	X	T-21
								40	X	T-22										30	X	T-22
								50	X	T-23										40	X	T-23
								60	X	T-24										50	X	T-24
								40	X	T-25										30	X	T-25
								50	X	T-26										40	X	T-26
								60	X	T-27										50	X	T-27
								40	X	T-28										30	X	T-28
	60	X						50	X	T-29										40	X	T-29
								60	X	T-30										50	X	T-30
								40	X	T-31										30	X	T-31
								50	X	T-32										40	X	T-32
								60	X	T-33										50	X	T-33

(1991) y la grasa bruta (GB) y las cenizas según BOE (1995). Con estos datos se cuantificaron los rendimientos en kgMS/ha, kgPB/ha y UFL/ha. Todos los análisis (un total de 109 x 5 = 545 determinaciones) se realizaron en el Laboratorio de San José, Sección Bromatología, del Servicio Nacional de Sanidad Animal (SENANSA) de Honduras.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la *Figura 2* se representan mediante histogramas los resultados acumulados de los rendimientos en kgMS/ha de los dos períodos (de mínima y de máxima precipitación). Se aprecia inmediatamente que existen notables diferencias entre los tratamientos, función, como se ha dicho, de la frecuencia y de los intervalos de tiempo entre cortes.

Por razones de espacio no presentamos histogramas de los rendimientos en kgPB/ha y UFL/ha; no obstante, dado que los valores en PB y UFL/kgMS son relativamente homogéneos en cada período, dichos histogramas se asemejan mucho en su perfil a los de la *Figura 2*, puesto que la producción en kgMS/ha actúa como factor determinante.

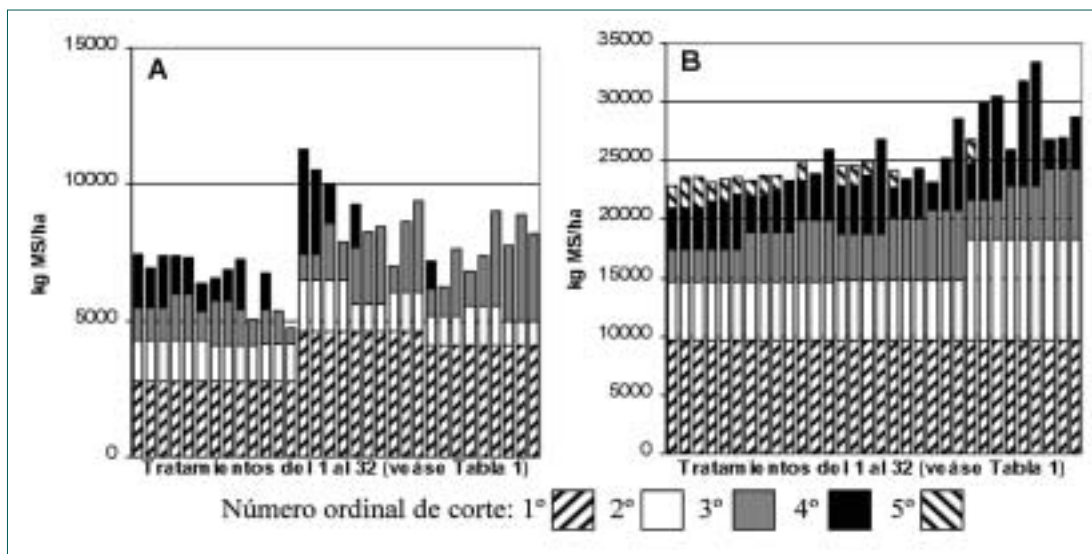


Figura 2. Rendimiento acumulado por tratamiento en kgMS/ha de *Brachiaria* híbrido cv 'Mulato' en el Trópico Húmedo. A en la época de mínima precipitación. B en la época de máxima precipitación

La *Tabla 2* presenta los rendimientos por cortes y total anual del calendario de aprovechamiento más productivo (véanse fechas de corte e intervalos de días entre cortes): 44 612 kgMS/ha, 4580 kgPB/ha y 29 990 UFL/ha. En la época de mínima precipitación el tratamiento más productivo ha sido el T-14 y en la de máxima precipitación el T-29. En ambos casos se han dado 4 cortes, es decir un total de 8 cortes en el año. Las combinaciones de intervalos en días (véase también *Tabla 1*) han sido 50-40-40-40 en el T-14 y de 35-50-40-50 en el T-29.

En el otro extremo, la *Tabla 3* presenta los rendimientos por cortes y total anual del calendario de aprovechamiento menos productivo (véanse fechas de corte e intervalos de días entre cortes): 30 197 kgMS/ha, 2758 kgPB/ha y 19 157 UFL/ha. En la época de mínima precipitación el tratamiento menos productivo ha sido el T-13 y en la de máxima precipitación el T-1. En el T-13 se han dado sólo 3 cortes y en el T-1, 5 cortes, es decir un total de 8 cortes en el año. Las combinaciones de intervalos en días (véase también *Tabla 1*) han sido 40-60-60 en el T-13 y de 35-30-30-30-30 en el T-1.

*Tabla 2.* Rendimientos en materia seca (MS), proteína bruta (PB) y unidades forrajeras leche (UFL), por cortes y total anual, del calendario de aprovechamiento más productivo en *Brachiaria híbrido* cv 'Mulato', en el Trópico Húmedo de Honduras.

Época Tratamiento	Mínima precipitación T-14				Máxima precipitación T-29				Total
	1º	2º	3º	4º	1º	2º	3º	4º	
Nº corte									
Fecha	24-02	05-04	15-05	24-06	05-08	24-09	03-11	23-12	
Interv. (días)	50	40	40	40	35	50	40	50	
kgMS/ha	4600	1920	897	3840	9720	8588	4594	10453	44612
PB (% MS)	9,9	10,1	6,2	8,9	9,3	10,7	12,4	11,0	
kgPB/ha	454	194	55	341	902	915	571	1148	4580
UFL/kgMS	0,87	0,87	0,83	0,82	0,67	0,63	0,60	0,55	
UFL/ha	4018	1664	744	3138	6484	5419	2770	5753	29990

Tabla 3. Rendimientos en materia seca (MS), proteína bruta (PB) y unidades forrajeras leche (UFL), por cortes y total anual, del calendario de aprovechamiento menos productivo en *Brachiaria híbrido* cv 'Mulato', en el Trópico Húmedo de Honduras

Época Tratamiento	Mínima precipitación T-13					Máxima precipitación T-1					Total
	1°	2°	3°	1°	2°	3°	4°	5°			
N° corte											
Fecha	14-02	15-04	14-06	05-08	04-09	04-10	03-11	03-12			
Interv. (días)	40	60	60	35	30	30	30	30			
kgMS/ha	2772	1380	550	9720	4900	2759	3532	1866		30197	
PB (% MS)	12,6	9,7	12,6	9,3	12	9,3	8,5	8,5			
kgPB/ha	350	133	70	902	588	256	300	159		2758	
UFL/kgMS	0,86	0,90	0,86	0,67	0,60	0,71	0,69	0,67			
UFL/ha	2396	1236	472	6484	2936	1951	2429	1253		19157	

A la vista de los resultados parece que en el período de mínima precipitación el 1<sup>er</sup> corte es definitivo y es preferible tardar 50 días para darlo (en vez de 40); a partir del 1<sup>er</sup> corte los intervalos deben ser de 40 días y dar 4 cortes, en vez de 60 días y 3 cortes. En el período de máxima precipitación, a partir del 1<sup>er</sup> corte son preferibles los intervalos de 40 o 50 días, con un total de 4 cortes que 30 días de intervalo y 5 cortes.

Con el calendario más productivo (Tabla 2) se han obtenido incrementos del 47,7% en kgMS/ha, del 66,1% en kgPB/ha y del 56,5% en UFL/ha con respecto al calendario menos productivo (Tabla 3).

Por otro lado, queremos resaltar que los máximos rendimientos encontrados en nuestro trabajo son muy superiores a los citados en la bibliografía consultada. Por ejemplo, los valores hallados implican un crecimiento medio diario de 62 kgMS/ha en la época de mínima precipitación y de 183 kgMS/ha en la de máxima, frente a tan sólo 18,5 y 161 kgMS/ha respectivamente, citados por Del Pozo (2002) en Cuba para *B. brizantha* fertilizada además con abono nitrogenado. En lo referente al cv 'Mulato' el rendimiento máximo anual, 44 612 kgMS/ha, está muy por encima del citado por otros autores en condiciones similares a las de este trabajo: 20 100 kgMS/ha (Pinzón y Santamaría, 2005) en Gualaca (Panamá), 18 100 kgMS/ha (Cuadrado *et al.*, 2005) en Cereté (Colombia) o 14 528 kgMS/ha (Cab *et al.*, 2008) en Veracruz (Méjico), si bien en este último caso se trata de un Trópico Seco Subhúmedo.

Aunque con este trabajo no podemos establecer estadísticamente que las diferencias encontradas se deben a las distintas combinaciones de frecuencias e intervalos entre cortes porque tenemos un solo caso independiente de cada situación, dichas diferencias son tan marcadas que, efectivamente, las frecuencias e intervalos parecen confirmarse como elementos muy relevantes en la productividad de este cultivo forrajero. A partir de estos resultados se puede plantear un estudio con réplicas, pero considerando sólo las combinaciones que resultaron más productivas (Tabla 4), disminuyendo de forma considerable el número de determinaciones analíticas.

## CONCLUSIONES

Del experimento preliminar llevado a cabo se deduce la importancia que tiene el momento, la frecuencia y los intervalos de tiempo entre aprovechamientos sobre los rendimientos en kgMS/ha, kgPB/ha y UFL/ha en el cultivo de la gramínea forrajera cv 'Mulato', híbrido de *Brachiaria ruziziensis* x *B. brizantha*, en el Trópico Húmedo de Honduras para la alimentación de vacuno. Las diferencias en rendimientos encontradas entre los distintos tipos de calendarios de aprovecha-

miento llegan a alcanzar un 66%, por lo que se sugiere en el futuro profundizar en el conocimiento de este aspecto de manejo en el citado cultivo forrajero tropical.

Tabla 4. Rendimientos acumulados anuales de *Brachiaria* cv 'Mulato' en los tres tratamientos más productivos de los periodos mínima y máxima precipitación, con especificación de la frecuencia e intervalos de días entre cortes

	Tratamiento	Intervalos de días entre cortes						Rendimientos acumulados anuales		
		Corte	1º	2º	3º	4º	kgMS/ha	kgPB/ha	UFL/ha	
Época de mínima precipitación	T-14		50	40	40	40		11257	1045	9565
	T-15		50	40	40	50		10537	931	9138
	T-16		50	40	50	40		10042	1029	8770
Época de máxima precipitación	T-26		35	50	30	50		30500	3091	20028
	T-28		35	50	40	40		31810	3360	21048
	T-29		35	50	40	50		33355	3536	20425

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BOE (Boletín Oficial del Estado), 1995. Métodos oficiales de piensos o alimentos para animales y sus primeras materias. Real Decreto 2257/1994. *BOE* 52, 7161-7198.
- CAB, F.E.; ENRÍQUEZ, J.F.; PÉREZ, J.; HERNÁNDEZ, A.; HERRERA, J.G.; ORTEGA, E.; CARRILLO, A.R., 2008. Potencial productivo de tres especies de *Brachiaria* en monocultivo y asociados con *Arachis pintoi* en Isla, Veracruz. *Téc. Pecu. Méx*, 46(3), 317-332.
- CUADRADO, H.; TORREGROSA, L.; GARCÉS, J., 2005. *Producción de carne con machos de ceiba en pastoreo del pasto híbrido Mulato 'Mulato' y Brachiaria decumbens en el Valle del Sinú*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA). Informe Mimeografiado. 9 pp.
- DE BLAS, C.; CONZALEZ, G.; ARGAMENTERÍA, A., 1987. *Nutrición y alimentación del ganado*. Ediciones Mundi-Prensa. 454 pp.
- DEL POZO, P.P., 2002. Bases fisiológicas para el manejo de los pastos tropicales. *Pastos*, 32 (2), 109-137.
- MENDOZA, A., 2006. *Contribución a la determinación del momento óptimo de aprovechamiento de tres cultivares de Brachiaria, gramínea forrajera de alta utilización en Honduras*. Trabajo presentado para la obtención del Diploma de Estudios Avanzados (DEA), Universidad de Zaragoza. 74 pp.
- PINZÓN, B, Y SANTAMARÍA, E., 2005. *Valoración del comportamiento agronómico de nuevos híbridos y variedades de Brachiaria*. Instituto Panameño de Investigación Agropecuaria (IDIAP). Informe Mimeografiado. 5 pp.
- VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A., 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal Dairy Science*, 74, 3583-359.
- WALTER, H.; HARNICKELL, E.; MUELLER-DOMBOIS, D. 1975. *Climate-diagram Maps of the Individual Continents and the Ecological Climatic Regions of the Earth*. SpringerVerlag. 36 pp and 9 maps.



## EFFECT OF THE HARVESTING FREQUENCY ON THE YIELD OF *BRACHIARIA* HIBRID CV 'MULATO' IN HONDURAS HUMID TROPIC

### SUMMARY

Preliminary results on the effect of the harvesting time and frequency of *Brachiaria* hibrid cv 'Mulato' cultivar are presented. *Brachiaria* is a forage grass used in the Humid Tropic area of Honduras in cattle rearing. Thirty two harvesting schedules were stated, both for the minimum and maximum raining periods, consisting of combinations time gaps between 30 and 60 days. The experiment involved 109 samplings for the yield analysis. The highest yearly accumulated yields, reached by means of the most productive schedule, were 44 612 kg Dry Matter ha<sup>-1</sup>, 4580 kg Crude Protein ha<sup>-1</sup>, and 29 990 Forage Units ha<sup>-1</sup>. Those data represent an increase of 47.7%, 66.1% and 56.5%, respectively, as compared to the less productive schedule. For future research, we suggest a new experiment, taking into account only the 3 schedules that showed the highest yields for each period.

**Key words:** Tropical forage grass, harvesting schedule, kg Dry Matter ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup>, kg Crude Protein ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup>, Forage Units ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup>.



## CALIDAD DE *BRACHIARIA* HÍBRIDO CV 'MULATO' EN EL TRÓPICO HÚMEDO DE HONDURAS: ÉPOCAS DE MÍNIMA Y DE MÁXIMA PRECIPITACIÓN

A. MENDOZA<sup>1</sup>, O. BARRANTES<sup>2</sup>, A. BROCA<sup>2</sup>, R. REINÉ<sup>3</sup> y C. FERRER<sup>2</sup>

### RESUMEN

Se presentan datos sobre la calidad (analíticos y calculados) del forraje obtenido en el calendario de cortes más productivo en el Trópico Húmedo de la gramínea tropical cv 'Mulato' híbrido de *B. ruziziensis* x *B. brizantha*. Se concluye que en la época de mínima precipitación, el forraje obtenido se puede considerar de segunda o tercera categoría según la clasificación del "American Forage and Grassland Council" (AFGC) y es comparable al de gramíneas forrajeras de países templados.

En cambio, en la época de máxima precipitación, con una producción total que triplica la de la época anterior, el forraje es de muy baja calidad, con elevadísimos valores medios de fibra neutro detergente (FND), 76,3%, fibra ácido detergente (FAD), 44,0%, celulosa, 41,1% y hemicelulosa, 32,3% y, por el contrario, muy bajos en unidades forrajeras leche, 0,61 UFL/kgMS. Su calificación AFGC es de quinta categoría, la peor. Su potencial de ingestión es muy bajo y las necesidades de complementación con concentrado, muy altas.

**Palabras clave:** constituyentes nutritivos, vacuno de leche, potencial de ingestión, complementación con concentrados, carga ganadera.

### INTRODUCCIÓN

Desde hace varios años los ganaderos de vacuno de Honduras han mostrado sus preferencias como cultivo forrajero por un género de gramínea tropical, *Brachiaria*, mediante diferentes especies, variedades e híbridos. En otra publicación nuestra (Mendoza *et al.*, 2011) se han presentado, para el cv 'Mulato' híbrido de *B. ruziziensis* x *B. brizantha* en el Trópico Húmedo, los rendimientos más productivos en función del calendario de cortes tanto en el período de enero a junio (de mínima precipitación) como en el de julio a diciembre (de máxima precipitación). El objetivo de este nuevo trabajo es presentar datos sobre la calidad (analíticos y calculados) del forraje obtenido en el citado calendario de cortes más

<sup>1</sup> Disagro Honduras. Boulevard del Norte, Río Blanco, San Pedro Sula. Honduras.

<sup>2</sup> Dpto. de Agricultura y Economía Agraria. Universidad de Zaragoza. Fac. de Veterinaria. C/ Miguel Servet, 177. 50013 Zaragoza.

<sup>3</sup> Dpto. de Agricultura y Economía Agraria. Universidad de Zaragoza. Escuela Politécnica Superior. Ctra. Cuarte s/n. 22071-Huesca.

productivo. Aunque esta aportación se ha concebido como fundamentalmente agronómica, se ha realizado también un diagnóstico orientativo sobre las posibilidades y limitaciones de esta especie forrajera en el marco de la producción de leche de vacuno en Honduras: potencial de ingestión, carga ganadera y necesidades de alimentación complementaria con concentrados.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Los datos de ubicación y clima del Trópico Húmedo de Honduras, así como la información sobre la finca donde se ha realizado la experiencia, el cultivar de *Brachiaria* ensayado y el calendario de cortes anuales se ha dado en la citada publicación de Mendoza *et al.* (2011). En este trabajo sólo se presentan datos sobre la calidad del forraje obtenido en el calendario de cortes más productivo, con rendimientos de 44 612 kgMS/ha.año, 4580 kgPB/ha.año y 29 990 UFL/ha.año obtenidos en ocho cortes (cuatro dados en la época de mínima precipitación y otros cuatro en la de máxima precipitación).

Las muestras se han analizado con respecto a materia seca (MS), proteína bruta (PB), extracto etéreo (EE) y cenizas según BOE (1995) y fibra neutro detergente (FND), fibra ácido detergente (FAD) y lignina ácido detergente (LAD) según Van Soest *et al.* (1991). Todos los análisis se realizaron en el Laboratorio de San José, Sección Bromatología, del Servicio Nacional de Sanidad Animal (SENANSA) de Honduras. Por otro lado se ha calculado la hemicelulosa = FND-FAD; la celulosa = FAD-LAD; los hidratos de carbono HC = 100-(PB+GB+cenizas); el valor relativo del forraje (VRF) según Calsamiglia (1997) a partir de los valores de FND y FAD; y las unidades forrajeras leche (UFL/kgMS) mediante ecuaciones para gramíneas y rumiantes (De Blas *et al.*, 1987) a partir de los valores de PB, FAD, GB y cenizas. Teniendo en cuenta los rendimientos en kgMS/ha, se cuantificaron también los rendimientos en kgPB/ha y UFL/ha.

Para estimar las posibilidades alimenticias del forraje ensayado se ha considerado que el tipo de ganado consumidor de estos forrajes son unas vacas con un peso vivo (PV) de 450 kg, una producción anual de 4200 L de leche (un periodo de lactación de 280 días y un promedio de 15 L de leche/día) y total aleatoriedad en las fechas de parto. Con estos datos hemos calculado (De Blas *et al.*, 1987) las necesidades medias diarias ponderadas para todo el año en proteína digestible (PD) y energía (UFL): 0,962 kgPD/día y 9,1 UFL/día.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La *Tabla 1* refleja los resultados de rendimiento en MS y de calidad de la hierba por época (mínima y máxima precipitación) y por cortes, las medias de cada uno de los parámetros y las diferencias significativas, en su caso, entre épocas. A continuación se comentan los rasgos más significativos de todos y cada uno de dichos parámetros.

Con respecto al **rendimiento**, es obvio que la producción media por corte es menor en la época de mínima precipitación (2814 kgMS/ha) que en la de máxima (8339 kgMS/ha). Ello se va a traducir en la correspondiente correlación negativa entre rendimiento y alguno de los parámetros indicativos de la calidad, siguiendo la regla clásica que rige en Agronomía.

El porcentaje de **materia seca** (MS) no refleja ninguna relación ni con el número ordinal de corte ni con los días transcurridos desde el corte anterior. El período de máxima precipitación presenta valores ligeramente más altos, correspondiéndose con unos rendimientos más elevados. Los niveles encontrados (medias de 23,5% y 27,0%) indican que las plantas se encuentran en un estadio fenológico vegetativo; en todo caso, en el período de máxima precipitación en una fase de encañado más avanzada.

El contenido en **proteína bruta** (PB) puede calificarse de relativamente bajo, como corresponde a una especie C4, y oscila entre 6,2% y 12,4% coincidiendo con valores dados

**Tabla 1. Rendimientos en materia seca (MS) y datos de calidad (analíticos y calculados) de *Brachiaria* híbrido cv 'Mulato', en la zona del Trópico Húmedo de Honduras, por épocas y por cortes en el calendario de aprovechamiento anual más productivo**

Época	Mínima precipitación					Máxima precipitación					t-Student
	1º	2º	3º	4º	Media	1º	2º	3º	4º	Media	
Nº Corte											
Fecha	24-02	05-04	15-05	24-06		05-08	24-09	03-11	23-12		
kgMS/ha	4600	1920	897	3840	<b>2814</b>	9720	8588	4594	10453	<b>8339</b>	*
MS (%)	23,0	24,0	23,0	24,0	<b>23,5</b>	27,0	26,0	24,0	31,0	<b>27,0</b>	*
PB (%)	9,9	10,1	6,2	8,9	<b>8,8</b>	9,3	10,7	12,4	11,0	<b>10,9</b>	NS
FND (%)	54,8	55,5	62,1	62,9	<b>58,8</b>	75,0	76,3	75,4	78,4	<b>76,3</b>	**
FAD (%)	30,4	30,5	32,7	33,1	<b>31,7</b>	41,0	42,9	44,5	47,5	<b>44,0</b>	***
Hemicelulosa (%)	24,4	25,0	29,4	29,8	<b>27,2</b>	34,0	33,4	30,9	30,9	<b>32,3</b>	*
LAD (%)	2,4	2,7	2,3	2,6	<b>2,5</b>	3,5	2,5	2,8	2,6	<b>2,9</b>	NS
Celulosa (%)	28,0	27,8	30,4	30,5	<b>29,2</b>	37,5	40,4	41,7	44,9	<b>41,1</b>	***
EE (%)	2,2	4,0	2,1	2,3	<b>2,7</b>	3,3	3,4	2,5	2,5	<b>2,9</b>	NS
Cenizas (%)	10,3	9,9	9,5	8,4	<b>9,5</b>	9,9	9,4	9,2	9,5	<b>9,5</b>	NS
HC (%)	77,6	76,0	82,2	80,4	<b>79,1</b>	77,6	76,5	75,7	77,1	<b>76,7</b>	NS
VRF	110,6	109,2	95,0	93,4	<b>102,1</b>	70,6	67,7	67,0	61,6	<b>66,7</b>	**
UFL/kgMS	0,87	0,87	0,83	0,82	<b>0,85</b>	0,67	0,63	0,60	0,55	<b>0,61</b>	***

Diferencias entre épocas (\* P<0,05; \*\* P<0,01; \*\*\* P<0,001)

para *B. brizantha* en América: 6,4% (Reis *et al.*, 2008) y 12,7% (Chambela *et al.*, 2008). El valor medio de ambos periodos, 9,8%, no difiere mucho del de gramíneas de países templados en floración, por ejemplo 9,6% en *Dactylis glomerata* (De Blas *et al.*, 1987).

Los resultados analíticos medios de **fibra neutro detergente (FND)** y **fibra ácido detergente (FAD)** indican unas cifras medias mucho mayores en el período de máxima precipitación (76,3% y 44,0% respectivamente) que en el de mínima (58,8% y 31,7%). Estos valores se pueden considerar "normales" para el período de mínima precipitación, incluso para gramíneas forrajeras de zonas templadas (SIA, 2010), pero en el de máxima precipitación (coincidiendo con los rendimientos más elevados) son muy altos, superiores a los dados para *B. brizantha* para la época de lluvias (64,3% para FND y 25,8% para FAD) por Chambela *et al.* (2008) o incluso a los de la paja de trigo.

En la **hemicelulosa**, se observan porcentajes menores en el período de mínima precipitación que en el de máxima. El valor mínimo encontrado, 24,4%, es sólo ligeramente superior al encontrado en gramíneas forrajeras de países templados (SIA, 2010), pero los valores que oscilan entre 29 y 34% sólo son comparables con los de gramíneas naturales bastas (*Brachypodium*, *Bromus*, *Helictotrichon*, etc.) y en avanzado estado de madurez (Broca *et al.*, 1998). Por otro lado se detecta en el primer período un aumento progresivo de hemicelulosa y en el segundo, una disminución también progresiva, lo que se explica por el comportamiento de las lluvias: en gramíneas tropicales el déficit hídrico disminuye la relación hojas/tallos (Baruch, 1994) y, como se sabe, los tallos son más ricos en hemicelulosa.

Los valores de **lignina**, sin diferencias significativas entre periodos, pueden considerarse "normales" y son comparables tanto a los dados para *B. brizantha* por Chambela *et al.* (2008), 2,9%, como a los de gramíneas forrajeras templadas (SIA, 2010). Estos datos no responden a lo que comúnmente se acepta sobre las gramíneas tropicales: tienen más haces vasculares y por tanto más lignina que las de zonas templadas (McDonald *et al.*, 1995).

En cuanto a la **celulosa**, al igual que la hemicelulosa, los valores del primer período pueden considerarse muy parecidos a los de gramíneas de zonas templadas (SIA, 2010), pero

los de la época de máxima precipitación sólo son comparables con los de paja de cereales.

El **extracto etéreo** (EE) y las **cenizas** presentan unos datos totalmente "normales" comparados con los de gramíneas tanto tropicales como de países templados. Y tampoco se aprecian diferencias significativas entre los dos periodos. Los **hidratos de carbono** (HC) se han calculado únicamente con el fin de valorar la energía (UFL/kgMS).

El **valor relativo del forraje** (VRF) permite su calificación desde 1ª hasta 5ª categoría, según la "American Forage and Grassland Council" (Calsamiglia, 1997). Nuestros valores suponen una calificación de segunda o tercera categoría al forraje de la época de mínima precipitación, pero de quinta categoría (la peor) al de la de máxima precipitación.

En cuanto a **unidades forrajeras leche** (UFL/kgMS), la media del primer período (0,85 UFL/kgMS) se puede considerar como relativamente alta y es comparable, por ejemplo, a las cifras dadas por De Blas *et al.* (1987) para *Lolium multiflorum* al comienzo del encañado (0,85 UFL/MS), para avena al comienzo de la espigazón o para el trigo en floración (0,84 UFL/MS). Sin embargo, los valores del período de máxima precipitación, con una media de 0,61 UFL/MS, son relativamente bajos, comparables con *Dactylis glomerata* o *Festuca arundinacea* en plena floración (De Blas *et al.*, 1987); para el valor de 0,55 UFL/MS encontrado en el 4º corte tenemos que recurrir ya a gramíneas bastas y en avanzado estado de madurez, como por ejemplo 0,54 UFL/MS en *Bromus erectus* (Broca *et al.*, 1998).

Aunque nuestro trabajo se ha concebido como fundamentalmente agronómico, vamos a hacer un diagnóstico meramente orientativo sobre las posibilidades y limitaciones de esta especie forrajera en el marco de la producción de leche de vacuno en Honduras.

La ingestión de MS es una función (Calsamiglia *et al.*, 1997) del potencial de ingestión (IMS (% PV)), que a su vez lo es de la calidad de la hierba a través de su contenido en FND. En la Tabla 2 (fila B) se dan los valores de IMS (% PV) y en la fila C, el cálculo de la MS que pueden ingerir estas vacas según la hierba del corte de que se trate. Observamos que la ingestión es mayor cuando se consume hierba de la época de mínima precipitación (de 8,6 a 9,8 kgMS/día) que cuando se consume la de máxima precipitación (de 6,9 a 7,2 kgMS/día). Conocido el dato de ingestión de MS y de la calidad de la hierba de cada corte en PD (Tabla 2, fila D) y en UFL/kgMS (fila G), hemos calculado la ingestión diaria real de PD (fila E) y de UFL (fila H). La ingestión en PD oscila entre 0,374 y 0,689 kgPD. En el caso de las UFL, en la época de máxima precipitación se unen los bajos niveles de ingestión de MS con la baja calidad en UFL, por lo que las ingestiones diarias oscilan tan sólo entre 3,8 y 4,8 UFL, frente a los valores de la época de mínima precipitación, que oscilan entre 7,1 y 8,5 UFL.

Conocidas las necesidades medias diarias de estas vacas (véase el epígrafe de Material y Métodos), 0,962 kgPD y 9,1 UFL, y la ingestión real (filas E y H de la Tabla 2), la diferencia entre ambos valores dará las necesidades de complementación, mediante concentrados, en función de la hierba (época y corte) que esté consumiendo el ganado. Así, en PD es precisa una complementación proteica diaria por vaca que oscila entre 0,273 kgPD y 0,588 kgPD. La complementación energética por vaca y día oscila entre 0,6 y 5,3 UFL.

Con el dato de rendimiento en kgMS/ha (Tabla 2, fila A) de cada uno de los ocho cortes, así como de la ingestión diaria en kgMS/vaca (fila C) se ha calculado el número de raciones diarias/vaca en cada uno de los citados ocho cortes (fila J). Puede observarse una gran variabilidad en este dato, muy inferior en los cortes de la época de mínima precipitación (entre 103 y 469 raciones) que en los de máxima precipitación (entre 638 y 1515 raciones); en esta última época se combinan los rendimientos más altos en kgMS/ha con las menores ingestiones en kgMS/vaca/día. La suma total anual de las raciones se da en la última columna de la fila J (Tabla 2): 5930 raciones diarias. Si se divide esta cantidad por los

Tabla 2. Cálculos de ingestión, necesidades de complementación y carga para vacuno de leche, cuando consume la hierba del sistema de aprovechamiento anual más productivo en *Brachiaria* híbrido cv 'Mulato', en la zona del Trópico Húmedo de Honduras

Época	Mínima precipitación				Máxima precipitación				Total
	T-14				T-29				
Tratamiento	1°	2°	3°	4°	1°	2°	3°	4°	
N° corte									
A: Rendimiento (kgMS/ha)	4600	1920	897	3840	9720	8588	4594	10453	44612
B: IMS (% PV)	2,18	2,16	1,93	1,91	1,60	1,57	1,59	1,53	
C: Ingestión diaria/vaca (kgMS)	9,8	9,7	8,7	8,6	7,2	7,1	7,2	6,9	
D: PD (% sobre MS)	6,9	7,1	4,3	6,2	6,5	7,5	8,7	7,7	
E: Ingestión diaria/vaca de PD (kg)	0,676	0,689	0,374	0,533	0,468	0,533	0,626	0,531	
F: NCD de PD/vaca (kg)	0,286	0,273	0,588	0,429	0,494	0,429	0,336	0,431	
G: UFL/kgMS	0,87	0,87	0,83	0,82	0,67	0,63	0,6	0,55	
H: Ingestión diaria/vaca de UFL	8,5	8,4	7,2	7,1	4,8	4,5	4,3	3,8	
I: NCD de UFL/vaca	0,6	0,7	1,9	2,0	4,3	4,6	4,8	5,3	
J: Raciones diarias/ha	469	198	103	447	1350	1210	638	1515	5930 (1)
K: NCTA de PD/ha (kg)	134	54	61	192	667	520	214	653	2495 (2)
L: NCTA de UFL/ha	281	139	196	894	5805	5566	3062	8030	23973 (3)

A: Véase Tabla 1

B: Potencial de ingestión por cada 100 kg de Peso Vivo: IMS (% PV) = 120/FND (Calsamiglia, 1977)

C: Considerando vacas de 450 kg de Peso Vivo, la ingestión diaria/vaca = IMS\*4,5

D: PD = Proteína Digestible. Se ha considerado una digestibilidad del 70% de la PB. (De Blas *et al.*, 1987)

E: Ingestión diaria/vaca de PD = C\*D/100

F: NCD de PD = Necesidades Complementarias Diarias/vaca de PD hasta 0,962 kg = 0,962 – E

G: Véase Tabla 1

H: Ingestión diaria/vaca de UFL = C\*G

I: NCD de UFL/vaca = Necesidades Complementarias Diarias/vaca de UFL hasta 9,1 UFL = 9,1 – H

J: Raciones diarias/ha = A/C

K: NCTA de PD/ha = Necesidades Complementarias Totales Anuales/ha de PD = F\*J

L: NCTA de UFL/ha = Necesidades Complementarias Totales Anuales/ha de UFL = I\*J

(1): Cálculo de la carga ganadera: 5930 raciones diarias/365 días = 16,2 vacas/ha

(2): Necesidades Complementarias de PD/vaca/año = 2495 kgPD/16,2 vacas = 154 kgPD/vaca/año

(3): Necesidades Complementarias de UFL/vaca/año = 23973 UFL/16,2 vacas = 1480 UFL/vaca/año

365 días del año (véase el pie (1) de la Tabla 2), la carga ganadera necesaria para consumir la totalidad de las raciones producidas sería de 16,2 vacas/ha.

Naturalmente, en la alimentación de este ganado habría que contemplar la necesidad de aportar alimentación complementaria en forma de concentrado. Para ello se han hecho los cálculos de las filas K y L de la Tabla 2: los totales anuales (última columna de dichas filas) son 2495 kPD/ha y de 23 973 UFL/ha. Dividiendo a su vez estas cifras por la carga ganadera (16,2 vacas/ha) obtendremos las necesidades complementarias totales por vaca y año en PD y UFL: 154 kgPD/vaca/año y 1480 UFL/vaca/año (pies (2) y (3) respectivamente de la Tabla 2).

## CONCLUSIONES

La calidad del forraje obtenido con cv 'Mulato' híbrido de *Brachiaria ruziziensis* x *B. bri-*

*zantha* es muy diferente según la época del año. En la de mínima precipitación, con una producción total de 11 257 kgMS/ha, el forraje obtenido se puede considerar comparable al de gramíneas forrajeras de países templados y con unos VRF que, según la clasificación del "American Forage and Grassland Council" (AFGC) indican segunda o tercera categoría.

En cambio, en la de máxima precipitación, con una producción total en cuatro cortes que triplica la anterior, 33 355 kgMS/ha, el forraje es de muy baja calidad, con elevadísimos valores de FND, FAD, Celulosa y Hemicelulosa y, por el contrario, muy bajos en UFL/kgMS. Por sus VRF su calificación AFGC es de quinta categoría, la peor. Consecuentemente el potencial de ingestión de estos forrajes es muy bajo y las necesidades de complementación con concentrado muy altas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARUCH, Z., 1994. Response to drought and flooding in tropical forage grass. I. Production and allocation of biomass leaf growth and mineral nutrients. *Plant and Soil*, **164**, 87-96.
- BOE (Boletín Oficial del Estado), 1995. Métodos oficiales de piensos o alimentos para animales y sus primeras materias. Real Decreto 2257/1994. *BOE* **52**, 7161-7198.
- BROCA, A.; FERRER, V.; MAESTRO, M.; FERRER, C., 1998. Valoración químico-bromatológica de las principales especies herbáceas de pastos arbolados y arbustivos de la Navarra seca-subhúmeda. En: *Actas de la XXXVIII Reunión Científica de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos*, 265-269.
- CALSAMIGLIA, S., 1997. *Manual sobre Nuevas Bases para la Utilización de la Fibra en Dietas de Rumiantes*. XIII Curso de Especialización FEDNA. 17 pp.
- CHAMBELA NETO, A.; FERNANDES, A.M.; DERESZ, F.; VIEIRA, R.A.M.; FONTES, C.A.A.; DEMINICIS, B.B.; BONAPARTE, T.P., 2008. Composição químico-bromatológica e digestibilidade de três gramíneas tropicais em Minas Gerais. *Arch. Zootec.*, **57**, 357-360.
- DE BLAS, C.; CONZALES, G.; ARGAMENTERÍA, A., 1987. *Nutrición y alimentación del ganado*. Ediciones Mundi-Prensa. 454 pp.
- MCDONALD, P.; EDWARDS, R.A.; GREENHALGH, J.F.D.; MORGAN, C.A., 1995. *Nutrición animal*. Ed. Acribia. 576 pp.
- MENDOZA, A.; BARRANTES, O.; BROCA, A.; REINÉ, R.; FERRER, C., 2011. Efecto de la frecuencia de corte en los rendimientos de *Brachiaria* híbrido cv 'Mulato' en el Trópico Húmedo de Honduras. En: *Pastos, paisajes culturales entre la tradición y los nuevos paradigmas del siglo XXI* (en prensa).
- REIS, L.S.L.S.; CHIACCHIO, S.B.; PARDO, P.E.; OBA, E.; GIUFFRIDA, R.; FRAZATTI-GALLINA, N.M., 2008. Selenium supplementation enhances weight gain in cattle. *Archivos de Zootecnia*. **57**, 271-274.
- SIA (Servicio de Información sobre Alimentos), 2010. *Base de datos "Pastos Españoles SEEP"* (<http://www.uco.es/sia>). Universidad de Córdoba. (Consulta realizada el 02/06/2010).
- VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A., 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal Dairy Science*, **74**, 3583-359.



## QUALITY OF *BRACHIARIA* HYBRID CV 'MULATO' IN HONDURAS HUMID TROPIC: MINIMUM AND MAXIMUM RAINFALL PERIODS

### SUMMARY

Analytic and calculated data on quality of the forage from the most productive harvesting schedule are showed, for *Brachiaria* hybrid cv 'Mulato' (*B. ruziziensis* x *B. brizantha* hybrid) in the Humid Tropic area of Honduras. From the study, it was concluded that the quality of the forage harvested in the period of minimum rainfall is comparable to the quality of template grasses. According to the American Forage and Grassland Council (AFGC), this forage belongs to the second or third category.

By contrast, when harvested in the period of maximum rainfall -and yields three times higher than in the minimum rainfall period- the forage has a very low quality: large average NDF values (76,3%), ADF (44,0%), Cellulose (41,1%) and Hemicellulose (32,3%) and, on the other hand, very low average energy values (0,61 FU/kgDM). According to the AFGC, this forage belongs to the fifth, lowest category. Consequently, the potential intake for these forages is very low and the need of concentrate supplements is very high.

**Key words:** Nutritional constituents, dairy cattle, potential intake, concentrate supplement, annual carrying capacity.



## CAPACIDAD DE REBROTE DEL TRITICALE DE DOBLE APTITUD (FORRAJE Y GRANO): INFLUENCIA DE LA DENSIDAD DE SIEMBRA Y LA DOSIS DE NITRÓGENO

F. LLERA CID, V. CRUZ SOBRADO, A. M. RIVERA MARTÍN y F. RODRÍGUEZ MORENO \*

### RESUMEN

En este trabajo se estudia la evolución de la capacidad de rebrote del triticale (*X Triticosecale* Wittmack) de doble aptitud (forraje y grano), cv. `Verato`, cuando se efectúan cortes de forraje (pastoreo simulado) en dos ocasiones. Para ello se diseñó un ensayo en split plot donde la parcela principal fue la densidad de siembra (400, 500 y 600 plantas/m<sup>2</sup>) y la subparcela, la dosis de nitrógeno (0, 75 y 125 kg N/ha). En estas parcelas se contaron los hijos antes del primer corte, después del primer corte y después del segundo corte. Los resultados de la capacidad de rebrote después del primer corte ponen de manifiesto que no existen diferencias entre las distintas dosis de siembra, pero sí muestran diferencias entre las dos dosis de nitrógeno aportadas de 75 y 125 kg N/ha (sin diferencias entre ellas) y la ausencia de abonado nitrogenado. Después del segundo corte, y para ambas variables, se observa que las dos dosis mayores no muestran diferencias entre sí, pero sí son diferentes de la dosis menor.

**Palabras clave:** *X Triticosecale*, ahijado, pastoreo, cortes, fertilización.

### INTRODUCCIÓN

En los triticales de doble aptitud (forraje y grano) hay tres cuestiones que son fundamentales para el éxito de su cultivo: la precocidad, el ahijamiento y la capacidad de rebrote. De las tres características citadas, la más importante e influyente en el éxito del cultivo del triticale de doble aptitud es la capacidad de rebrote, es decir, que el cultivo sea capaz de regenerar el área foliar a partir del remanente que haya dejado el ganado después del pastoreo. Si una variedad no posee una buena capacidad de rebrote, aunque sea precoz y produzca gran cantidad de biomasa, verá muy limitada su producción de grano, producción que hace rentable su cultivo.

El rebrote se ve afectado, fundamentalmente, por tres factores: la intensidad del pastoreo (carga ganadera y duración del pastoreo), el momento del aprovechamiento y la fertilización nitrogenada.

---

\* Centro de Investigación "La Orden-Valdesequera". Finca "La Orden". Ctra. A-V. Km 372. 06187 - Guadajira. Badajoz. España

La intensidad del pastoreo es un factor muy a tener en cuenta para que el rebrote no se vea afectado de forma importante. Saroff *et al.* (2003) indican que la dinámica de generación y expansión de las estructuras de las plantas están ligadas a su adaptación al pastoreo. Éstas determinan la regeneración del área foliar, que es la vía más rápida para recuperar la capacidad de síntesis de fotoasimilados, definiendo también la cantidad de yemas que pueden llegar a desarrollarse y producir nuevos hijos.

El momento más adecuado para el aprovechamiento del forraje del triticale es durante el ahijamiento, ya que los puntos de crecimiento (que darán lugar a las espigas) se encuentran un poco por debajo del nivel del suelo, en el nudo de ahijamiento, y por tanto no existe peligro de que puedan ser eliminados con el pastoreo. A partir del encañado, los entrenudos del tallo comienzan a alargarse empujando a la espiga hacia arriba. Un corte en este momento provocaría la eliminación de estos ápices reproductivos y se comprometería seriamente la cosecha de grano (Royo, 1992); esta autora indica que el momento más adecuado para realizar el aprovechamiento del forraje es el correspondiente al estadio 30 (final del ahijado) de la escala de Zadoks *et al.* (1974), y nunca después del inicio del encañado (estadio 31).

Por último y no menos importante, para una rápida regeneración del área foliar y para que se produzca un buen rebrote, es la aplicación de nitrógeno después del corte. Teniendo en cuenta que en la dehesa las rotaciones son a largo plazo y con una alternativa de leguminosas y triticale forrajero, estas necesidades no deben ser tan elevadas. Estudios realizados por Llera *et al.* (1997), Llera (2002) y Gil *et al.* (2009) han determinado una cantidad de nitrógeno a aportar al cultivo entorno a los 40-50 kg/ha.

El objetivo de este estudio consiste en establecer la influencia de la densidad de siembra y la dosis de abonado nitrogenado sobre la capacidad de rebrote de una variedad de triticale obtenida para este propósito: la doble aptitud (forraje y grano).

## MATERIAL Y MÉTODOS

El ensayo se llevó a cabo durante la campaña agrícola 2009-2010 en una parcela del Centro de Investigación Agraria Finca La Orden del término municipal de Guadajira (Badajoz), propiedad de la Junta de Extremadura, en condiciones de secano. El clima representativo de la zona es de tipo Mediterráneo. La precipitación total alcanzó los 731,8 mm, casi el doble de la de un año normal (*Figura 1*). El suelo, clasificado como Alfisol, presentó una textura franco-arenosa con un bajo porcentaje en materia orgánica oxidable (0,61 %), un pH neutro (6,97), una CIC muy baja (6,12 meq/100 g) y un contenido normal en fósforo asimilable (18,46 ppm).

El material vegetal utilizado fue un triticale de doble aptitud cv. `Verato´, obtenido por el Departamento de Cultivos Extensivos del Centro de Investigación "La Orden-Valdesequera". Las labores preparatorias consistieron en un pase cruzado de grada de discos sobre un rastrojo de cereal y otro pase de fresadora de eje horizontal. No se realizó ningún tipo de tratamiento fitosanitario. Para la siembra se utilizó una sembradora a chorrillo con 6 botas separadas 20 cm. Los distintos abonados realizados se resumen en la *Tabla 1*.

El diseño estadístico utilizado fue un split plot con 4 repeticiones, donde la parcela principal fue la densidad de siembra (D1: 400 pl/m<sup>2</sup>, D2: 500 pl/m<sup>2</sup> y D3: 600 pl/m<sup>2</sup>) y la subparcela la dosis de nitrógeno (N0: 0 kg N/ha, N1: 75 kg N/ha y N2: 125 kg N/ha). El tamaño de la subparcela fue de 3 m de ancho y 10 m de longitud.

En la *Figura 1* se muestra la cronología de los trabajos realizados, la fecha correspondiente a cada estadio del cultivo, el abonado presente en el terreno en cada momento y las precipitaciones acaecidas.

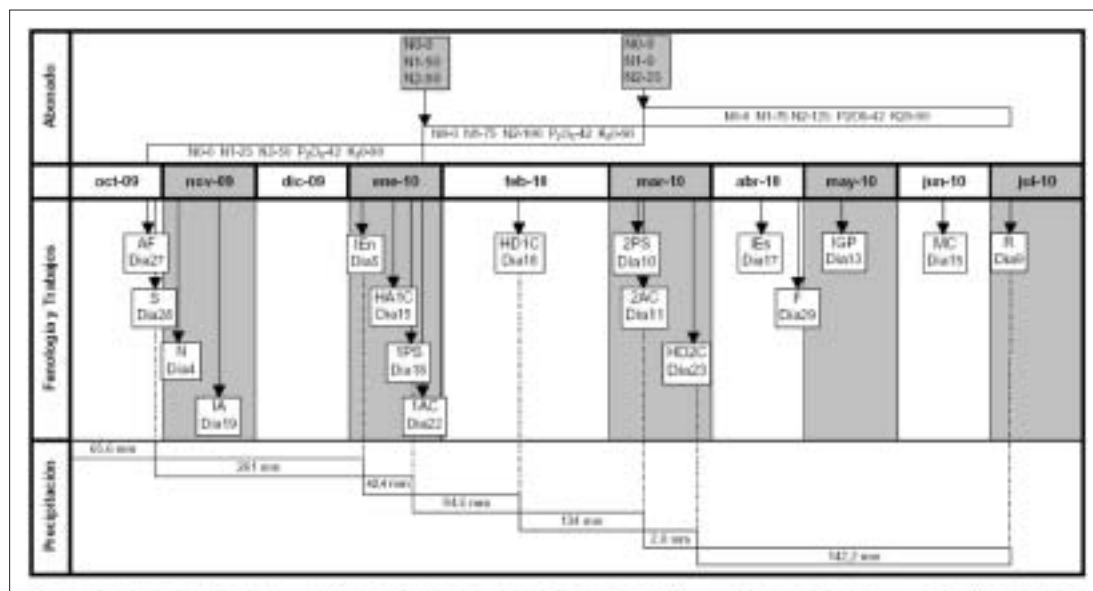


Figura 1. Cronología del Cultivo

AF= Abonado de Fondo, S= Siembra, N= Nascencia, IA= Inicio de Ahijado, IEn= Inicio de Encañado, HA1C= Hijos antes del 1º Corte, 1PS = 1º Pastoreo simulado (1º Corte), 1AC= 1º Abonado de Cobertera, HD1C= Hijos después del 1º Corte, 2PS= 2º Pastoreo simulado (2º Corte), 2AC= 2º Abonado de Cobertera, HD2C= Hijos después de 2º Corte, IEs = Inicio de Espigado, F= Floración, IGP= Inicio Grano Pastoso, MC= Madurez Comercial, R= Recolección.

Tabla 1. Abonos utilizados en el abonado de fondo y en las dos coberteras (kg/ha)

Tratamiento	Abonado de Fondo			1ª Cobertera	2ª Cobertera
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	N
	Sulfato amónico del 21%	Superfosfato cálcico del 28%	Cloruro potásico del 60%	Nitrato Amónico cálcico del 27%	Nitrato Amónico cálcico del 28%
N2 = 125 kg N/ha	50	42	90	50	25
N1 = 75 kg N/ha	25	42	90	50	0
N0 = 0 kg N/ha	0	42	90	0	0

Los datos relativos a la capacidad de rebrote de cada una de las parcelas, se obtuvieron mediante el conteo, sobre una muestra de 0,05 m<sup>2</sup> de superficie, del número de hijos antes y después de haberse realizado los cortes. El primer aprovechamiento (corte) se realizó pasado el estadio 30 de la escala de Zadoks (final del ahijado) debido a las lluvias. Para realizar dichos aprovechamientos se utilizó una segadora manual de peine frontal con cuchillas alternativas, que realizaba el corte en la planta a una altura de 2-3 cm para el primer corte y de 6-7 cm para el segundo.

El análisis de los datos se llevó a cabo mediante un análisis de la varianza (ANOVA), para determinar el efecto de la densidad de siembra y la dosis de nitrógeno sobre la capacidad de rebrote del triticale. Si el análisis mostraba diferencias significativas, se calculaba la mínima diferencia significativa mediante el test de Fisher para los niveles probabilidad del 95% y 99%.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la *Tabla 2*, se muestra el análisis estadístico de los resultados obtenidos en los muestreos realizados para determinar el número de hijos existentes en cada tratamiento.

Se puede observar, que antes del primer corte (HA1C) y después del segundo corte

**Tabla 2. Número de hijos antes del primer corte (HA1C), después del primer corte (HD1C = 1° rebrote) y después del segundo corte (HD2C = 2° rebrote)**

	HA1C			HD1C			HD2C		
Fecha del Muestreo	15/01/2010			18/02/2010			23/03/2010		
Dosis de Nitrógeno	0-25-50			0-75-100			0-75-125		
<b>Densidad</b> (plantas/m <sup>2</sup> )									
D3: 600	1071,7	a		731,39	a		581,67	a	
D2: 500	866,7	b		576,67	a		533,33	a	
D1: 400	823,3	b		630,30	a		435,00	b	
<b>Nitrógeno</b> (kg/ha)									
N2: 125	1020,00	a		728,66	a		583,33	a	
N1: 75	931,70	a	b	664,70	a		545,00	a	
N0: 0	810,00		b	545,00	b		421,67	b	
Significación									
Densidad	**			N.S.			**		
Nitrógeno	**			***			***		
Densidad x Nitrógeno	N.S.			N.S.			N.S.		
Media	920,56			646,12			516,67		
C.V. (%)	21,65			12,75			16,95		

Significación: \*\* (P< 5%), \*\*\* (P< 1%) y N.S.(No Significativo)

(HD2C), los efectos de la densidad de siembra y de la dosis de nitrógeno sobre la capacidad de rebrote del triticale son significativos. Sin embargo, en el muestreo realizado después del primer corte (HD1C), sólo es significativo el efecto de la dosis de nitrógeno aplicada. En todos los casos la interacción densidad de siembra-dosis de nitrógeno no fue significativa.

### Densidad de Siembra

En la *Tabla 2*, se aprecia una disminución natural de la capacidad de rebrote desde el primer muestreo hasta el último, en las tres densidades de siembra. La disminución en la capacidad de rebrote después del primer corte, puede deberse al retraso en la fecha de corte debido a las abundantes lluvias, ya que las plantas se encontraban en un estado fenológico más avanzado al estadio 30 de la escala de Zadoks.

El análisis estadístico muestra que el número de hijos antes del primer corte (HA1C) correspondientes a la dosis de siembra de 600 plantas/m<sup>2</sup> es diferente significativamente de los obtenidos con las otras dosis (500 plantas/m<sup>2</sup> y 400 plantas/m<sup>2</sup>), entre las que no se observan diferencias significativas.

En el primer rebrote (HD1C), no se observan diferencias significativas entre las tres dosis de siembra utilizadas. Por último, en el segundo rebrote (HD2C) vuelven a encontrarse diferencias significativas, de forma que la dosis más baja (400 plantas/m<sup>2</sup>) difiere de las más altas (500 plantas/m<sup>2</sup> y 600 plantas/m<sup>2</sup>), entre las que no se advierten dichas diferencias.

Davies (1969), Williams (1970) y Kirby y Faris (1972), reconocen la existencia de competencia por asimilados y nutrientes entre los hijos, es decir, a mayor densidad de plantas mayor número de hijos compitiendo, por lo que la capacidad de rebrote debería ser menor. En este trabajo, la capacidad de rebrote observada en la densidad de 600 plantas/m<sup>2</sup>, es siempre superior al resto de densidades.

La capacidad de rebrote del triticale depende de las condiciones en que se desarro-

lle el cultivo, sobre todo de las disponibilidades de agua y nutrientes, principalmente del nitrógeno. En esta campaña la disponibilidad de agua no ha sido un factor limitante, ya que las precipitaciones casi han duplicado a las de un año normal. Esto puede explicar el hecho de que a mayor dosis de siembra mayor es la capacidad de rebrote del cultivo, ya que la competencia entre plantas se ha podido ver enmascarada por la abundancia de agua.

### Dosis de nitrógeno

En la *Tabla 2*, se puede apreciar que el nitrógeno aplicado como abonado de fondo (0 kg N/ha, 25 kg N/ha y 50 kg N/ha, en las parcelas con tratamientos NO, N1 y N2, respectivamente) influyó sobre el número de hijos que se desarrollaron antes del primer corte, aunque sólo se mostraron diferencias significativas entre la dosis de 50 kg N/ha (N2) y la del testigo sin abonar (NO = 0 kg N/ha).

El número de hijos desarrollados después del primer corte fue inferior a los establecidos antes del primer corte (*Tabla 2*) en un 28,56%, 28,66% y 32,72% para las dosis N2, N1 y NO respectivamente (*Tabla 3*). También se observa que a mayor cantidad de nitrógeno aplicado mayor es la capacidad de rebrote del triticale, de tal forma que el rebrote producido en las dosis más altas (N2 = 100 kg N/ha y N1 = 75 kg N/ha) mostraron diferencias significativas respecto a la del testigo sin abonar (NO = 0 kg N/ha), aunque entre estas dos (N2 y N1) no existieron diferencias.

El número de hijos que se desarrollaron después del segundo corte también fue inferior a los existentes después del primer corte (*Tabla 2*). En la *Tabla 3* se observa que la reducción del rebrote en las dosis N2 y N1 fue muy similar en los tres casos e inferior a la que se produce en la dosis testigo NO (sin abonado nitrogenado).

*Tabla 3. Reducción de los hijos (%) después de realizar el primer y segundo corte*

	% de reducción de los HD1C respecto a los HA1C	% de reducción de los HD2C respecto a los HD1C	% de reducción de los HD2C respecto a los HA1C
N2	28,56	19,94	42,81
N1	28,66	18,00	41,50
NO	32,72	22,63	47,94

El porcentaje de reducción del número de hijos en el primer rebrote fue superior a la que se produjo en el segundo rebrote, posiblemente debido a que el primer corte se realizó después del estadio 30 de la escala de Zadoks.

En los resultados del segundo rebrote también se muestran diferencias significativas entre las dosis de nitrógeno superiores (N2 = 125 kg N/ha y N1 = 75 kg N/ha) y la del testigo sin abonar (NO = 0 kg N/ha), sin que entre N2 y N1 se observen diferencias significativas.

López- Bellido (1991) indica que el ahijado está fuertemente afectado por la nutrición, especialmente la nitrogenada, hecho que se corrobora en nuestro ensayo; el número de hijos aumenta al aumentar la cantidad de nitrógeno aportado. En la *Tabla 2*, se comprueba la clara influencia de la dosis de nitrógeno sobre la capacidad de rebrote del cultivo, en los tres casos.

Si se observa la evolución de la capacidad de rebrote, se aprecia una disminución desde el primer conteo hasta el último. Esto es debido, probablemente, a la destrucción de las estructuras foliares de las plantas al realizar los cortes, sin que la densidad de siembra y la dosis de nitrógeno puedan compensarlo.

## CONCLUSIONES

Con los datos obtenidos, y teniendo en cuenta las condiciones climatológicas tan concretas que han acontecido, se puede indicar que la capacidad de rebrote del triticale se ve afectada de manera importante por la dosis de nitrógeno y en menor medida por la densidad de siembra. Al incrementar la dosis de nitrógeno aportado tras cada pastoreo simulado, se produce un aumento significativo en la capacidad de rebrote. Una mayor densidad de siembra provoca un aumento del número de hijos por superficie.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DAVIES, I., 1969. The influence of management on tiller development and herbage growth. *Welsh Plant Breeding Station. (Aberystwyth)Tech. Bull.*, **3**, 1-121.
- GIL, A.; LLERA, F.; GARCÍA A M<sup>a</sup>.; RUFO, S., 2009. Nuevas oportunidades de alimentación en la dehesa: el Triticale. En: *La agricultura y la ganadería extremeñas: informe 2008*. Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales y Escuela de Ingenierías Agrarias de la UEX. Caja de Ahorros de Badajoz. Badajoz (España), 173-189 pp.
- KIRBY, E.J.M.; FARIS, D.G., 1972. The effect of plant density on tiller growth and morphology in barley. *Journal of Agricultural Science.*, **78**, 281-288.
- LLERA, F., PÉREZ, F.; AYUSO, A., 1997. Fertilización del triticale para forraje y grano. *Vida Rural*, **42**, 42-43
- LLERA, F., 2002. *Triticale: El cereal del futuro. Nuevas perspectivas y variedades: grano, forraje y doble aptitud (H.D. nº 6/02)*. Secretaría General de la Junta de Extremadura. 56 pp. Badajoz (España).
- LÓPEZ- BELLIDO, L. , 1991. Morfología, fisiología y ecología de los cereales. En: *Cereales*. Ediciones Mundi-Prensa, 539 pp. Madrid (España).
- ROYO, C., 1992. *El triticale. Bases para el cultivo y aprovechamiento*. Ediciones Mundi-Prensa, 96 pp. Madrid (España)
- SAROFF, C.; PAGLIARICCI, H.; FERREIRA, V., 2003. Efecto de la defoliación sobre la dinámica del crecimiento de triticale. *Agricultura Técnica (Chile)*, **63 (3)**, 266-276.
- WILLIAMS, R.D., 1970. Tillering in grasses cut for conservation with special reference to perennial ryegrass. *Herbal Abstract*, **40**, 383-388.
- ZADOKS, J.C.; CHANG, T.T.; KONZAK, C.F., 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Research*, **14**, 415-421.

## REGROWTH CAPACITY OF DUAL PURPOSE TRITICALE (FORAGE AND GRAIN): INFLUENCE OF SOWING DENSITY AND NITROGEN DOSE

### SUMMARY

The aim of this work was to determine the evolution of the regrowth capacity of triticale (*X Triticosecale* Wittmack) for dual purpose (forage and grain), cv. `Verato`, when is cut (simulated grazing) in two occasions. We designed a trial in split plot where the main plot was the sowing density (400, 500 and 600 plantas/m<sup>2</sup>) and the subplot, the rate of nitrogen (0, 75 and 125 kg N/ ha). In these plots, the number of tillers were counted before the first cut and after the first and second cut. The results of the regrowth capacity after the first cut, showed that there were no differences between the seeding dose, but were found differences between the two nitrogen contributed 75 and 125 kg/ha (no difference between them) and the dose without nitrogen fertilizer. After the second cut, and for both variables, the two higher doses showed no differences between them, but they were different from the lower dose.

**Key words:** *X Triticosecale*, tillering, grazing, cuts, fertilization.



# ESTUDIO DE LA TASA DE AHIJAMIENTO Y EL ÍNDICE DE SUPERVIVENCIA DEL TRITICALE DE DOBLE APTITUD (FORRAJE Y GRANO)

F. LLERA CID, A. M. RIVERA MARTÍN, V. CRUZ SOBRADO y F. RODRÍGUEZ MORENO \*

## RESUMEN

Se ha estudiado la tasa de ahijamiento y el índice de supervivencia del triticale (*X Triticosecale* Wittmack) de doble aptitud (forraje y grano), cv. `Verato`. Se estableció un ensayo en split split plot donde la parcela principal fue la densidad de siembra (400, 500 y 600 plantas/m<sup>2</sup>), la subparcela el número de cortes (sin corte, un corte y dos cortes) y la sub-subparcela la dosis de nitrógeno (0, 75 y 125 kg N/ha). Se muestrearon los hijos antes del primer corte en las parcelas que no se cortaron, los hijos desarrollados después del primer corte de las parcelas que se cortaron una sola vez y los hijos existentes después del segundo corte de las parcelas que se cortaron dos veces. La densidad, el corte y la dosis de nitrógeno tuvieron un efecto significativo sobre la tasa de ahijamiento. El índice de supervivencia está influido significativamente por el corte y por la densidad de siembra pero no se vio afectado, significativamente, por las distintas dosis de nitrógeno.

**Palabras Clave:** *X Triticosecale*, fertilización, cortes, densidad de siembra, dosis de nitrógeno.

## INTRODUCCIÓN

De los distintos tipos de triticales, primavera, facultativos, intermedios e invernales (Ye *et al.*, 2001), son los facultativos e intermedios los que mejor se adaptan a la doble aptitud ya que poseen mayor capacidad de ahijamiento y rebrote que los primaverales y alcanzan mayores producciones de forraje en las primeras fases del desarrollo que los invernales. En el Programa de Mejora de Triticales del Centro de Investigación Agraria Finca "La Orden-Valdesequera" se han obtenido dos variedades con este fin: Verato de tipo intermedio (ciclo medio-largo) y Montijano tipo facultativo (ciclo medio-corto). Estas variedades son idóneas para utilizarlas en pastoreo directo y dejarlas que sigan su ciclo hasta el final, pues son capaces de proporcionar una buena cosecha de grano.

Dos de las características que deben tener los triticales de doble aptitud son una buena tasa de ahijamiento, que proporcione gran cantidad de biomasa de forraje, y un buen indi-

---

\* Centro de Investigación "La Orden-Valdesequera" Finca "La Orden". Ctra. A-V. Km 372. 06187 Guadajira. Badajoz. España

ce de supervivencia, para que después de proporcionar forraje, el cultivo consiga una buena producción de grano.

López Bellido (1991), establece que el número de hijos que produce una planta caracteriza su nivel de ahijamiento y que éste es función de la especie, variedad, clima, nutrición (especialmente la nitrogenada), densidad de siembra (una alta densidad de siembra tiende a reducir el ahijado), profundidad de siembra (siembras profundas disminuyen la tasa de ahijamiento) y la fecha de siembra. Cuando hay una adecuada humedad en el suelo, la nutrición nitrogenada incrementa, de forma significativa, la tasa de ahijamiento. En la muerte de los hijos influye la competencia por la humedad y nutrición (Simmons *et al.*, 1982) y la insuficiente luz cuando se producen altas densidades de plantas.

Según Darwinkel (1978) y Whaley *et al.* (2000) más del 50% de los hijos no suelen llegar a producir espigas con granos. En los trabajos de García del Moral *et al.* (1984), se observa que la fertilización nitrogenada disminuye la mortalidad de los hijos. La muerte de un número elevado de hijos reduce el rendimiento en cereales, en especial cuando la disponibilidad de agua es un factor limitante (Berry *et al.*, 2003).

Un ahijado excesivo provoca una mayor mortalidad de hijos y por tanto, reduce el rendimiento en grano (García del Moral y García del Moral, 1995). Bajo condiciones de sequía son preferibles variedades con una menor tasa de ahijamiento, ya que producen un menor número de hijos no productivos, limitando el consumo de agua en el periodo inmediatamente anterior a la antesis (Elhani *et al.*, 2007). García del Moral y Ramos (1989), proponen que la mejor opción es una tasa de ahijamiento moderada con un elevado nivel de hijos fértiles.

El objetivo de este trabajo ha consistido en estudiar la influencia de la densidad de siembra, el número de cortes y la dosis de nitrógeno sobre la tasa de ahijamiento y el índice de supervivencia del triticale de doble aptitud (forraje y grano).

## MATERIAL Y MÉTODOS

El ensayo se llevó a cabo durante la campaña agrícola 2009-2010 en una parcela del Centro de Investigación Finca La Orden del término municipal de Guadajira (Badajoz), propiedad de la Junta de Extremadura, en condiciones de secano. La precipitación total alcanzó los 731,8 mm, prácticamente el doble de la de un año normal. El suelo, clasificado como Alfisol, presentó una textura franco-arenosa con un bajo porcentaje en materia orgánica oxidable (0,61 %), un pH neutro (6,97), una CIC muy baja (6,12 meq/100 g) y un contenido normal en fósforo asimilable (18,46 ppm).

El material vegetal utilizado fue un triticale de doble aptitud cv. `Verato´, obtenido por el Departamento de Cultivos Extensivos del Centro de Investigación "La Orden-Valdesequera". Las labores preparatorias consistieron en un pase cruzado de grada de discos sobre un rastrojo de cereal y otro pase de fresadora de eje horizontal. No se realizó ningún tipo de tratamiento fitosanitario. Para la siembra se utilizó una sembradora a chorrillo con 6 botas separadas 20 cm. Los distintos abonados realizados se resumen en la *Tabla 1*.

*Tabla 1. Abonos utilizados en el abonado de fondo y en las dos coberteras (kg/ha)*

Tratamiento	Abonado de Fondo			1ª Cobertera	2ª Cobertera
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	N
	Sulfato amónico del 21%	Superfosfato cálcico del 28%	Cloruro potásico del 60%	Nitrato Amónico cálcico del 27%	Nitrato Amónico cálcico del 27%
N2=125 kg N/ha	50	42	90	50	25
N1=75 kg N/ha	25	42	90	50	0
N0=0 kg N/ha	0	42	90	0	0

Se realizaron dos pastoreos simulados utilizando una segadora manual de peine frontal con cuchillas alternativas, que realizaba el corte en la planta a una altura de 2-3 cm para el primer corte y de 6-7 cm para el segundo. Para la determinación de la tasa de ahijamiento (número de hijos por m<sup>2</sup> dividido por número de plantas por m<sup>2</sup>) y el índice de supervivencia (número de espigas por m<sup>2</sup> dividido por número de hijos por m<sup>2</sup>) en cada unidad experimental, se marcó una superficie de 0,05 m<sup>2</sup> en los surcos centrales y en ella se contó: el número de plantas por m<sup>2</sup> después de la nascencia en todas las parcelas, el número de hijos por m<sup>2</sup> al final del ahijado en las parcelas de los tratamientos sin corte, el número de hijos por m<sup>2</sup> después del primer corte y tras el rebrote en las parcelas de los tratamientos con un corte, el número de hijos por m<sup>2</sup> después del segundo corte y tras el rebrote en las parcelas de los tratamientos con dos cortes y el número de espigas por m<sup>2</sup> antes de la cosecha en todas las parcelas experimentales. En la *Figura 1* se muestra la cronología de los trabajos y mediciones realizadas, el abonado presente en el terreno en cada momento y las precipitaciones acaecidas durante el cultivo.

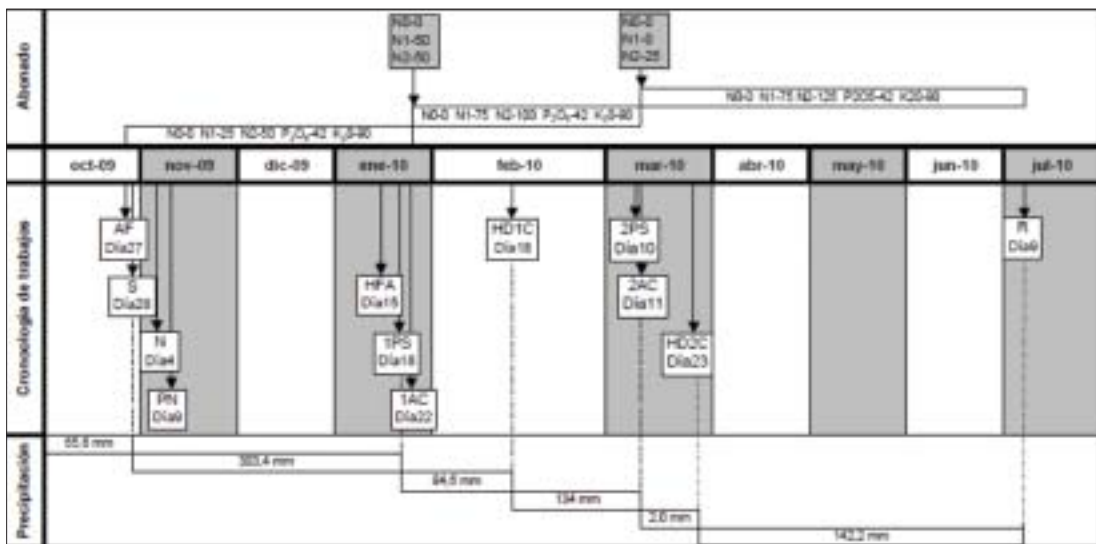


Figura 1. Cronología del trabajo y mediciones del cultivo

AF= Abonado de Fondo, S= Siembra, N= Nascencia, PN= Plantas nacidas, HFA= Hijos al final del ahijado, 1PS= 1º Aprovechamiento (1º Corte), 1AC= 1º Abonado de Cobertera, HD1C= Hijos después del 1º Corte, 2PS= 2º Aprovechamiento (2º Corte), 2AC= 2º Abonado de Cobertera, HD2C= Hijos después de 2º Corte, R= Recolección

El diseño estadístico fue un split split plot con cuatro repeticiones, siendo la parcela principal la densidad de siembra (D1-400 plantas/m<sup>2</sup> (160 kg/ha), D2- 500 plantas/m<sup>2</sup> (200 kg/ha) y D3-600 plantas/m<sup>2</sup> (240 kg/ha)), la subparcela el número de cortes (CO-SIN corte, C1- Un corte y C2-Dos cortes) y la sub-subparcela las dosis de nitrógeno aplicadas antes de la siembra, después del primer corte y después del segundo corte (NO-SIN nitrógeno (0-0-0), N1-75 kg N/ha (25-50-0) y N2-125 kg N/ha (50-50-25)). La unidad experimental estaba constituida por dos parcelas de 1,5 m de ancho y 10 m de longitud, utilizando una de ellas para los muestreos destructivos.

El análisis de los datos se llevó a cabo mediante un análisis de la varianza (ANOVA), para determinar el efecto de la densidad de siembra, el corte y la dosis de nitrógeno sobre la capacidad de ahijamiento y el índice de supervivencia del triticale. Si el análisis mostraba diferencias significativas, se calculaba la mínima diferencia significativa mediante el test de Fisher para los niveles probabilidad del 90%, 95% y 99%.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la *Tabla 2*, se exponen los resultados obtenidos para la tasa de ahijamiento y el índice de supervivencia. La densidad de siembra y la dosis de abonado nitrogenado mostraron una influencia estadísticamente significativa, pero fue el número de cortes y la interacción número de cortes y dosis de nitrógeno las que mostraron, de manera muy clara, diferencias altamente significativas para los dos parámetros estudiados.

*Tabla 2. Tasa de ahijamiento e índice de supervivencia en función de la densidad de siembra, el número de cortes y la dosis de abonado nitrogenado. Campaña 2009/2010*

	Tasa de Ahijamiento		Índice de supervivencia			T.A.	I.S.
<b>Densidad (plantas/m<sup>2</sup>)</b>					<b>Significación</b>		
D3: 600	1,42	a	79,56	a	Densidad	*	**
D2: 500	1,71	a b	70,42	a b	Nº de Cortes	***	***
D1: 400	1,92	b	68,34	b	Nitrógeno	**	N.S.
<b>Corte</b>					Densidad x Corte	N.S.	N.S.
C0: Sin corte	2,35	a	58,30	b	Densidad x Nitrógeno	N.S.	N.S.
C1: Un Corte	1,44	b	78,29	a	Corte x Nitrógeno	***	***
C2: Dos Cortes	1,26	b	81,74	a	Den. x Corte x Nit.	N.S.	N.S.
<b>Nitrógeno (kg/ha)</b>					<b>Media</b>	1,68	72,77
N2: 125	1,79	a	74,73	a	<b>C.V. (%)</b>	19,72	17,32
N1: 75	1,69	a b	72,56	a	Significación: *	(P<10%), ** (P< 5%),	
N0: 0	1,58	b	71,04	a	*** (P< 1%) y N.S.(No Significativo)		

### Tasa de Ahijamiento

La tasa de ahijamiento aumentó significativamente de la densidad mayor a la menor, lo que puede ser debido a la competencia entre plantas. La densidad intermedia no mostró diferencias significativas con ninguna de las otras dos densidades.

Respecto a los cortes, las plantas sin cortar tuvieron una mayor tasa de ahijamiento respecto a las cortadas una y dos veces. La recuperación después de la eliminación de forraje se ve afectada por muchos factores, tales como las condiciones ambientales, fecha de siembra, estado fenológico de la planta en el momento del corte y el genotipo. El primer corte se realizó cuando la planta se encontraba pasado el estadio 30 de la escala Zadocks *et al.* (1974). El daño causado por el corte del forraje en el estado fenológico de primer nudo perceptible (estadio 31 de la escala Zadocks), es más severo que si el corte se realiza en el estado fenológico de pseudo tallo erecto (estadio 30 de la escala Zadocks). El aprovechamiento durante la elongación del tallo en los cultivos de cereales, es especialmente perjudicial porque se eliminan los meristemas de crecimiento. La eliminación de la biomasa de la planta apenas antes del estadio 31, reduce considerablemente la acumulación de la materia seca, la extensión y la duración del área foliar después de antesis, así como los componentes del rendimiento (Royo y López, 1998).

La dosis de nitrógeno influye positivamente sobre la tasa de ahijamiento, ya que a mayor cantidad de nitrógeno aplicado mayor ahijamiento se produce, existiendo diferencias entre la dosis testigo (0 kg N/ha) y la dosis más alta (125 kg N/ha). Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Ferro Palma (2010), que en un ensayo de abonos verdes, establece que el mayor nivel de ahijamiento obtenido en las parcelas fertilizadas con veza frente a las fertilizadas con triticale fue debido a las mayores disponibilidades de nitrógeno aportadas por la leguminosa. En la *Figura 2*, se puede observar la influen-

cia que ejerce las dosis de nitrógeno sobre la tasa de ahijamiento a través de los distintos cortes.

Independientemente de la dosis de nitrógeno, las parcelas que no se cortaron muestran una tasa de ahijamiento significativamente mayor que las cortadas. Entre las parcelas cortadas una y dos veces no se observan diferencias significativas entre las distintas dosis de nitrógeno; sin embargo, existen diferencias significativas entre la dosis de nitrógeno testigo (0 kg N/ha) y la de 125 kg N/ha en las parcelas cortadas dos veces.

### Índice de Supervivencia

Anderson (1986) y Dotto (1989) comprobaron que a medida que aumenta la densidad de plantas disminuye el índice de supervivencia; sin embargo en este trabajo se observa que a medida que aumenta la densidad de siembra aumenta el índice de supervivencia, mostrándose diferencias significativas entre la densidad más baja y la más alta (Tabla 2). Esto puede ser debido a la influencia del ambiente, ya que durante el ciclo del cultivo las precipitaciones fueron excepcionalmente altas, comparadas con las del año medio, lo que provocó que la mayoría de los hijos sobrevivieran. Según Simmons *et al.* (1982), la proporción de hijos no productivos depende de la variedad y de las condiciones ambientales, en especial la disponibilidad de agua y nutrientes.

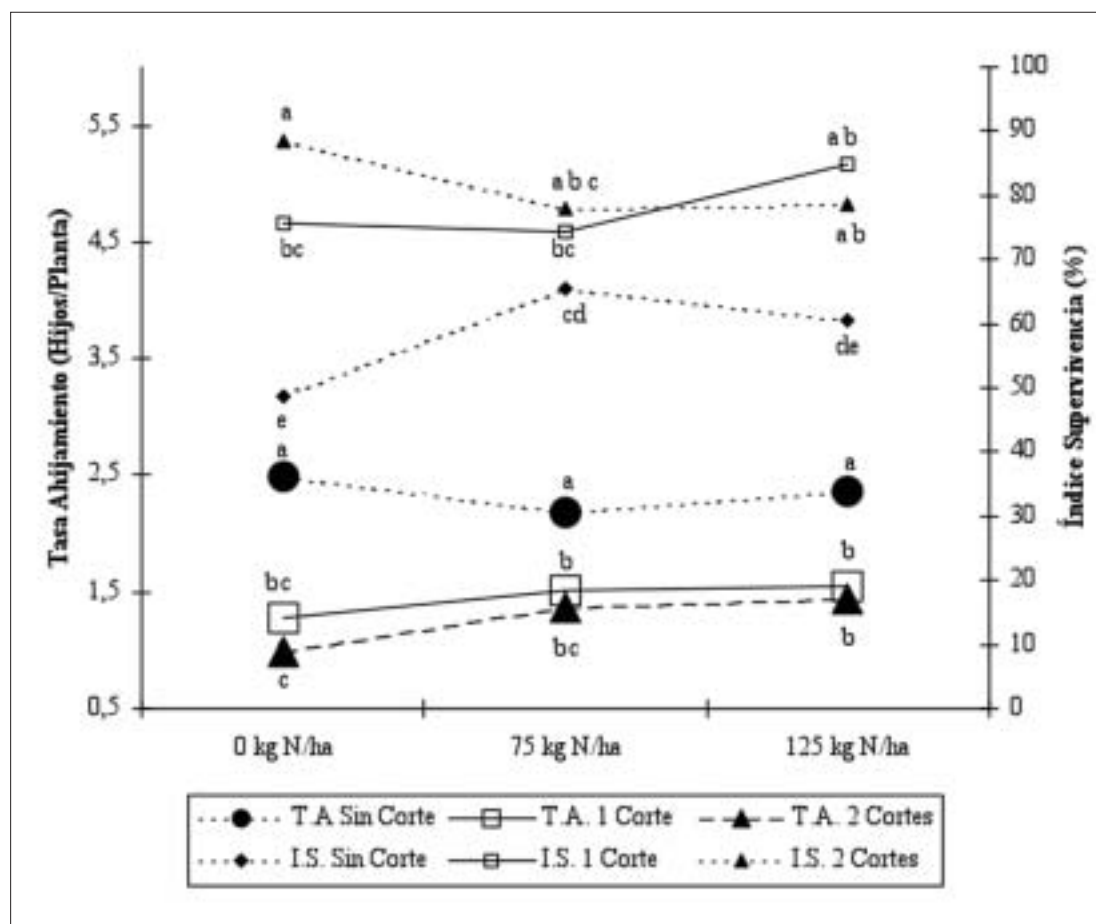


Figura 2. Influencia de la interacción número de cortes x dosis de abonado nitrogenado sobre la tasa de ahijamiento y el índice de supervivencia

También se puede apreciar que en las parcelas sin cortar, el índice de supervivencia es menor que en las cortadas. En las parcelas sin corte se observa una mayor proporción de hijos infértiles, cosa que no ocurre en las parcelas cortadas. Una mayor tasa de ahijamiento en las parcelas sin corte, ha dado lugar a un aumento de la mortalidad de los hijos en comparación con las parcelas de corte, con una disminución significativa del número de hijos por planta (igual que ocurre con la densidad siembra, es decir, a menor densidad mayor tasa de ahijamiento y menor índice de supervivencia). Los hijos infértiles suponen una pérdida de asimilados no aprovechados por los hijos supervivientes, ya que el carbono por ellos asimilado no es completamente redistribuido entre los hijos fértiles, en especial después de empezar su senescencia (Thorne y Wood, 1987). Según Ferro Palma (2010), el índice de supervivencia depende principalmente de la variedad, el número de hijos por m<sup>2</sup>, de las condiciones ambientales durante el transcurso del desarrollo del cultivo y de algunas técnicas de cultivo, como la dosis de siembra, fertilización y laboreo del suelo.

Para las dosis de nitrógeno se aprecia un incremento, no significativo, del índice de supervivencia a medida que aumenta la cantidad de nitrógeno aplicada, debido probablemente al lavado de nitrógeno provocado por el exceso de precipitación durante el ciclo del cultivo. En la *Figura 2*, se observan diferencias significativas en el índice de supervivencia entre los tres tratamientos de corte para las dosis de nitrógeno 0 kg N/ha y 125 kg N/ha. Tanto para las parcelas que se cortan una vez como para las que se cortan dos veces no existen efectos significativos en el índice de supervivencia para las tres dosis de nitrógeno. No obstante, sí hay diferencias en las parcelas sin corte entre la dosis de nitrógeno de 75 kg N/ha y 0 kg N/ha.

## CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta las condiciones climatológicas del período de estudio, las conclusiones que pueden deducirse son: la tasa de ahijamiento disminuye cuando aumentan la densidad de siembra y el número de cortes del forraje y aumenta, al incrementarse la cantidad de nitrógeno aplicado, especialmente el de cobertera. El índice de supervivencia es más alto conforme más alta es la densidad de siembra y a medida que se realizan más cortes. Se corrobora una relación negativa entre la tasa de ahijamiento y el índice de supervivencia en función de la densidad y el corte.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDERSON, W.K., 1986. Some relationship between plant populations, yield components and grain yield of wheat in a Mediterranean environment. *Australian Journal of Agricultural Research*, **37** (3), 219-233.
- BERRY, P.M.; SPINK, J.H.; FOULKES, M.J.; WADE, A., 2003. Quantifying the contributions and losses of dry matter from non-surviving shoots in four cultivars of winter wheat. *Field Crops Research*, **80**, 111-121.
- DARWINKEL, A. 1978. Patterns of tillering and grain production of winter wheat at a wide range of plant densities. *Netherlands Journal of Agricultural Science*, **26**, 383-398.
- DOTTO, S.R. 1989. Influencia de la densidad y distribución de plantas en el crecimiento y rendimiento de cultivares de Triticale (*X Triticosecale*. Witt) y de trigo (*T. aestivum*). Tesis doctoral. Universidad de Córdoba. 348 pp.
- ELHANI, S.; MARTOS, W.; RHARRABTI, Y.; ROYO, C.; GARCIA DEL MORAL, L.F., 2007. Contribution of main stem and tillers to durum wheat (*Triticum turgidum* L. var. durum) grain yield and its components grown in Mediterranean environments. *Field Crops Research*, **103**, 25-35.
- FERRO PALMA, J.M.A., 2010. Influencia de la fertilización con abonos verdes de veza (*Vicia sativa* L.) y triticale (*X Triticosecale* Wittmack) en la fertilidad del suelo, rendimiento y cal-

- idad del trigo blando (*Triticum aestivum* L.). Tesis Doctoral. Universidad de Extremadura. 249 pp.
- GARCIA DEL MORAL, L.F.; RAMOS, J.M.; RECALDE, L., 1984. Tillering dynamics of winter barley as influence by cultivars and nitrogen fertilizer: A field study. *Crops Science*, **24**, 179-181.
- GARCIA DEL MORAL, L.F.; RAMOS, J.M., 1989. Fisiología de producción de grano. En: *La cebada. Morfología, fisiología, genética, agronomía y usos industriales* (Ed. J.L. Molina Cano). Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Ediciones Mundi- Prensa. Madrid (España), 137-178.
- GARCIA DEL MORAL, L.F.; GARCIA DEL MORAL, M.B., 1995. Tiller production and survival in relation to grain yield in winter and spring barley. *Field Crops Research*, **44**, 85-93.
- LÓPEZ- BELLIDO, L. , 1991. Morfología, fisiología y ecología de los cereales. En: *Cereales*. Ediciones Mundi-Prensa, 539 pp. Madrid (España).
- ROYO, C.; LOPEZ, A., 1998. Effect of sowing date and cutting stage on yield and quality of irrigated barley and triticale used for forage and grain. *Journal of Agronomy and Crop Science-Zeitschrift Fur Acker Und Pflanzenbau*, **180 (1)**, 64-64.
- SIMMONS, S. R.; RASMUSON, D.C.; WIERSMA, J.V., 1982. Tillering in barley : genotype, row spacing, and seeding rate effects. *Crops Science*, **22**, 801-805.
- THORNE, G.N.; WOOD, D.W., 1987. The fat of carbon in dying tillers of winter wheat. *Journal of Agricultural Science*, **108**, 515-522.
- WHALEY, J.M.; SPARKES, D.J.; FOULKES, M.J.; SPINK, J.H.; SEMERE, T.; SCOTT. R.K., 2000. The physiological response of winter wheat to relations in plant density. *Annals of Applied Biology*, **137**, 167-177.
- YE, W.E.; DIAZ, H.; LOZANO, A.J.; ZAMORA, V.M. y AYALA, M.J., 2001. Agrupamiento de germoplasma de triticale forrajero por rendimiento, ahijamiento y gustosidad. *Técnica Pecuaria México*, **39 (1)**, 15-30.
- ZADOKS, J.C.; CHANG, T.T.; KONZAK, C.F., 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Research*, **14**, 415-421.

## TILLERING RATE AND SURVIVAL INDEX OF DUAL PURPOSE TRITICALE (GRAIN AND FORAGE)

### SUMMARY

Rate of tillering and survival index of dual for purpose (forage and grain)triticale (*X Triticosecale* Wittmack), cv. `Verato`, were studied. A trial split split plot trial was established, where the main plot was the planting density (400, 500 and 600 plants/m<sup>2</sup>), the subplot the number of cuts (uncut, cut and two cuts) and the sub- subplot the rate of nitrogen (0, 75 y 125 kg N/ha). Tiller popilation was sampled prior to first cut in plots that were not cut, tiller developed after the first cut of the plots that were cut once and the existing tiller after the second cut of the plots were cut twice. Density, cutting frequency and nitrogean rate had a significant effect on tillering rates. Survival index was significantly affected by cutting frequency and planting density, but was not affected, significantly, by nitrogen rate.

**Key words:** *X Triticosecale*, fertilization, cuts, sowing density, nitrogen rate.





# INFLUENCIA DEL APORTE DURANTE CUATRO AÑOS CONSECUTIVOS DE FÓSFORO, POTASIO Y OTROS NUTRIENTES SOBRE LA PRODUCCIÓN, COMPOSICIÓN BOTÁNICA Y CALIDAD DE PASTO DE DEHESA

O. SANTAMARÍA, M.J. POBLACIONES, L. OLEA, S. RODRIGO, J. GUERRA y T. GARCÍA-WHITE \*

## RESUMEN

En la dehesa, tradicionalmente las fertilizaciones realizadas han sido con fósforo debido a los incrementos productivos que suele ocasionar. La fertilización con otros nutrientes o no produce una respuesta positiva o no ha sido tan estudiada. Por ello, se trató de evaluar la influencia del aporte de varios nutrientes (P, K, Ca, Mg, Na y S), en diferentes combinaciones, sobre diferentes parámetros de calidad, producción y composición botánica de pasto de dehesa. El trabajo se llevó a cabo en una dehesa típica del suroeste de Extremadura en dos zonas de distinto uso, una de pasto natural y otra de pradera. Se establecieron ocho tratamientos fertilizantes con cuatro repeticiones por tratamiento. Las aplicaciones se hicieron en cobertera en otoño. Se realizaron dos cortes, a mediados de primavera y a comienzos del verano. Varios tratamientos lograron conseguir producciones de materia seca muy superiores al testigo sin fertilizar, de incluso más del doble. No obstante, las mejoras producidas no guardaron relación con la dosis de fósforo o de potasio. Los mismos tratamientos también produjeron un aumento significativo de la calidad del pasto, principalmente debido al fomento de la leguminosa que se obtuvo.

**Palabras clave:** fibra, lignina, pasto natural, pradera, proteína bruta.

## INTRODUCCIÓN

La dehesa es un sistema agrosilvopastoral que se extiende principalmente por todo el S.O. de la Península Ibérica. Los pastos herbáceos suponen el principal alimento de la ganadería extensiva que supone el principal aprovechamiento. Debido a la irregularidad climática de estas zonas, la producción herbácea es limitada y muy variable, tanto en cantidad como en calidad. Una de las mejoras usadas para incrementar estas producciones ha sido la fertilización, tradicionalmente realizada con fósforo debido a los incrementos productivos que suele ocasionar (Olea *et al.*, 2005). La fertilización nitrogenada y la potásica no se han utilizado tan frecuentemente por la respuesta tan escasa o incluso negativa que producen sobre el pasto (Jiménez-Mozo y Martínez-Agulla, 1984; Nesic *et al.*, 2006). El efecto de otros nutrientes, ha sido menos estudiada en pasto de dehesa. Por ello, en 2006 se inició un pro-

---

\* Departamento de Ingeniería del Medio Agronómico y Forestal (U. de Extremadura). Escuela de Ingenierías Agrarias. Ctra. Cáceres s/n, 06007 Badajoz.

yecto para evaluar la influencia del aporte de varios nutrientes (incluido el P y K, aunque también de Ca, Mg, Na y S), en diferentes combinaciones, sobre diferentes parámetros de calidad, producción y composición botánica del pasto de dehesa. En este trabajo se presentan los resultados del año agrícola 2009/2010, tras 4 años consecutivos de fertilización.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Los experimentos fueron realizados en una dehesa representativa del S.O. de la provincia de Badajoz (Coordenadas UTM: x = 686227,9; y = 4243406,1), dedicada a la producción de pastos, aprovechada a diente por ganado ovino y porcino. Clima semiárido mediterráneo con pluviometría anual de 653 mm y T<sup>a</sup> media anual de 16,1° C (media de los 30 últimos años). Durante el año de estudio, la T<sup>a</sup> media fue más alta que la del año medio (17,1 °C), al igual que las precipitaciones (745,4 mm), distribuidas al 58,5%, 27,1% y 10,0% en invierno, primavera y verano respectivamente.

El estudio se realizó sobre pasto natural y pradera. Las características iniciales del suelo fueron: suelos ácidos (pH=5,6) y con niveles de fertilidad medio-altos, mayores en pasto natural (16 ppm de P asimilable y 37,48% de arcilla) que en pradera (8 ppm de P y 31,01 % de arcilla). El pasto natural estaba formado fundamentalmente por *Bromus* spp, *Lolium rigidum* Gaud, *Hordeum murinum* L, *Ornithopus compressus* L., *Biserrula pelecinus* L. y varias especies del género *Trifolium* y otras plantas de la familia de las crucíferas y de las plantagináceas. En cuanto a la pradera, fue instaurada en 2005 con una mezcla de *T. subterraneum* L. (4 variedades) y *Lolium multiflorum* Lam. (tipo bianual).

Se evaluaron tres fertilizantes: Thomaskali (12% CaO, 12% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 18% K<sub>2</sub>O, 4% MgO, 3% S), Kainita (20% Na, 11% K<sub>2</sub>O, 5% MgO, 4% S) y Kieserita (50% SO<sub>3</sub>, 25% MgO), de la misma casa comercial (K+S KALI GMBH, Kassel, Alemania), además del superfosfato de cal (29% CaO, 27% SO<sub>3</sub>, 18% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, Intergal Española S.A., Madrid), con distintas dosis formando ocho tratamientos (*Tabla 1*) distribuidos al azar en cuatro bloques completos. Cada repetición de cada tratamiento se emplazó en parcelas unitarias de 6 m<sup>2</sup> x 3 m<sup>2</sup>.

Cada año, empezando en el año agrícola 2006/07, los fertilizantes se aportaron a voleo, en cobertera y después de las primeras lluvias otoñales. En el área experimental se realizó un pastoreo continuo diferido, retirando a los animales del área de ensayo entre el 1 de marzo y el 30 de junio para así controlar la producción en ese periodo mediante dos cortes, uno realizado a mediados de primavera y otro a finales de primavera-principios de verano. Sobre las 128 muestras de biomasa recogidas se determinó la materia seca total (MS), como la suma de la recogida en ambos cortes, proteína bruta (PB), fibra neutro detergente (FND), fibra ácido detergente (FAD) y lignina ácido detergente (LAD) según los procedimientos habituales (PB: Método de Dumas, AOAC, 1995; FND, FAD y LAD: Van Soest, 1963).

*Tabla 1. Tratamientos de fertilización evaluados*

Trat.	Producto-dosis	Trat.	Producto-dosis
S	250 kg·ha <sup>-1</sup> Superfosfato de cal	M2	200 kg·ha <sup>-1</sup> de Kainita + 100 kg·ha <sup>-1</sup> de Thomaskali
T1	175 kg·ha <sup>-1</sup> Thomaskali	K1	80 kg·ha <sup>-1</sup> de Kieserita + 100 kg·ha <sup>-1</sup> de Thomaskali
T2	300 kg·ha <sup>-1</sup> Thomaskali	K2	125 kg·ha <sup>-1</sup> de Kieserita + 100 kg·ha <sup>-1</sup> de Thomaskali
M1	150 kg·ha <sup>-1</sup> de Kainita + 100 kg·ha <sup>-1</sup> de Thomaskali		B Testigo sin fertilizar

La comparación del efecto de los distintos factores sobre cada uno de los parámetros analizados se realizó mediante ANOVA. Primero se hizo un análisis conjunto considerando los efectos principales (tipo de pasto, momento del corte y tratamiento) y sus interacciones; y luego se hicieron análisis separados para cada tipo de pasto considerando como efectos principales el momento del corte y el tratamiento, así como su interacción. Además se realizaron comparaciones múltiples mediante test LSD de Fisher para ver las diferencias entre los distintos tratamientos en el caso de diferencias significativas en el ANOVA. Todo ello con el paquete estadístico SAS (v. 9.1.3, SAS Institute Inc., Cary, NC).

## RESULTADOS

### Efecto del tipo de pasto (natural y pradera)

Considerando el efecto principal 'tipo de pasto' en el ANOVA conjunto, se observó que la producción de biomasa (suma de los dos aprovechamientos) fue mayor en pradera ( $P < 0,05$ ) que en pasto natural (Tabla 2), y que no hubo diferencias significativas entre los porcentajes de gramíneas, leguminosas y otras. La cobertura fue significativamente mayor en pradera que en pasto natural. En los parámetros de calidad, la proteína bruta media fue significativamente mayor en pradera ( $16,0\% \pm 0,4\%$ ) que en pasto natural ( $14,2\% \pm 0,5\%$ ). Los porcentajes de las dos fibras analizadas, FND y FAD, fueron significativamente mayores en pasto natural (FND =  $51,3\% \pm 1,0\%$ ; FAD =  $34,1\% \pm 0,6\%$ ) que en pradera (FND =  $47,2\% \pm 0,8\%$ ; FAD =  $31,9\% \pm 0,5\%$ ). En el caso de la lignina ácido detergente (LAD) fue al contrario y también con diferencias significativas, en pasto natural  $5,1\% \pm 0,2\%$  y en pradera  $5,5\% \pm 0,3\%$ .

Tabla 2. Influencia del tipo de pasto (N: natural y P: pradera) sobre la MS, composición botánica y cobertura (media  $\pm$  error estándar)

		MS (kg/ha)		Gramíneas (%)		Leguminosas (%)		Otras hierbas (%)		Cobertura (%)	
Tipo pasto	N	3246 $\pm$ 199	*	37,9 $\pm$ 3,0	NS	37,3 $\pm$ 3,4	NS	24,9 $\pm$ 2,4	NS	92,2 $\pm$ 1,4	*
	P	4032 $\pm$ 100		34,5 $\pm$ 2,9		37,1 $\pm$ 4,6		28,4 $\pm$ 3,6		98,5 $\pm$ 0,5	

\* diferencias significativas a  $p < 0,05$ ; NS: No significativo.

### Efecto de la época de corte y tratamiento de fertilización

En producción, no hubo diferencias significativas entre tratamientos en pasto natural, pero sí en pradera (Tabla 3) donde el testigo (B) fue superado significativamente por todos los tratamientos. Destacaron los tratamientos K2 y M1 que produjeron significativamente más que el superfosfato de cal (S) y más del doble de biomasa que el testigo sin fertilizar.

En cuanto a la composición botánica y cobertura, se observó que en pasto natural, el tratamiento sólo influyó significativamente en el porcentaje de leguminosas aparecidas, registrándose los menores porcentajes con el superfosfato (Tabla 3). La época del corte afectó tanto al porcentaje de leguminosas como al de otras hierbas, así como a la cobertura, dándose mayores valores de leguminosas y de cobertura en el 2º aprovechamiento (finales de primavera-principios de verano). En pradera, en líneas generales, los tratamientos mejoraron el grado de cobertura y aumentaron los niveles de leguminosas frente al testigo. Llamó la atención que en este caso, y al contrario del pasto natural, prácticamente no se registraron leguminosas en el aprovechamiento más tardío, el realizado a finales de primavera-principios de verano, cuando en el primero, fue el componente mayoritario.

Tabla 3. Influencia del corte (1: principios de primavera y 2: principios de verano) y del tratamiento sobre la MS, composición botánica y cobertura (media ± error estándar)

	MS (kg/ha)	Gramíneas (%)	Leguminosas (%)	Otras hierbas (%)	Cobertura (%)		
Pasto natural	Corte	1	34,6 ± 4,3	30,8 ± 4,4	34,6 ± 3,8	85,6 ± 2,3	
		2	41,1 ± 4,2	43,8 ± 5,0	15,1 ± 1,9	98,9 ± 0,7	
	Tratamiento	B	3267 ± 420	36,3 ± 7,3	48,8 ± 9,6	15,0 ± 4,2	93,1 ± 2,2
		K1	3367 ± 239	30,0 ± 7,3	43,8 ± 11,0	26,3 ± 7,3	96,3 ± 2,6
		K2	3602 ± 346	38,1 ± 9,1	40,0 ± 12,0	21,9 ± 7,1	94,4 ± 3,1
		M1	3169 ± 524	32,5 ± 9,7	41,9 ± 9,9	25,6 ± 8,7	90,6 ± 6,1
		M2	3234 ± 319	28,1 ± 10,1	44,4 ± 12,3	27,5 ± 10,4	89,4 ± 5,4
		S	3282 ± 211	46,3 ± 9,3	19,4 ± 6,9	34,4 ± 8,9	95,0 ± 2,7
		T1	3120 ± 345	31,9 ± 9,6	35,6 ± 11,4	26,3 ± 7,3	92,5 ± 4,4
		T2	2959 ± 375	31,9 ± 8,4	45,6 ± 10,2	22,5 ± 8,7	92,5 ± 4,7
Pradera	Corte	1	21,8 ± 2,8	73,5 ± 3,1	4,7 ± 0,9	98,1 ± 0,8	
		2	47,2 ± 4,2	0,7 ± 0,3	52,1 ± 4,3	99,0 ± 0,5	
	Tratamiento	B	2098 ± 258	21,9 ± 7,8	28,1 ± 11,2	50,0 ± 18,2	95,0 ± 2,7
		K1	3582 ± 286	31,3 ± 10,6	41,3 ± 16,9	27,5 ± 11,7	100,0 ± 0,0
		K2	5274 ± 487	35,6 ± 10,3	38,1 ± 15,8	26,3 ± 9,0	98,8 ± 1,3
		M1	5077 ± 333	35,0 ± 12,5	44,4 ± 17,5	20,6 ± 11,2	100,0 ± 0,0
		M2	3877 ± 288	35,6 ± 7,2	38,8 ± 15,8	25,6 ± 10,5	98,8 ± 0,9
		S	3831 ± 276	43,1 ± 8,9	33,8 ± 13,9	23,1 ± 9,4	100,0 ± 0,0
		T1	4476 ± 762	35,0 ± 11,0	42,5 ± 17,2	22,5 ± 10,7	100,0 ± 0,0
		T2	4759 ± 315	35,0 ± 9,2	38,8 ± 15,8	26,3 ± 10,3	100,0 ± 0,0

Letras distintas indican diferencias significativas (p<0,05) según test LSD. NS: No significativo según ANOVA.

En cuanto a los parámetros de calidad, únicamente se muestran los obtenidos en pradera (Fig. 1), al ser éstos donde más diferencias se obtuvieron entre cortes y tratamientos fertilizantes, aunque fueron similares en diferencias al pasto natural. Los valores mayores de fibra y lignina en el pasto se obtuvieron en el aprovechamiento más tardío, el de finales de primavera-principios de verano.

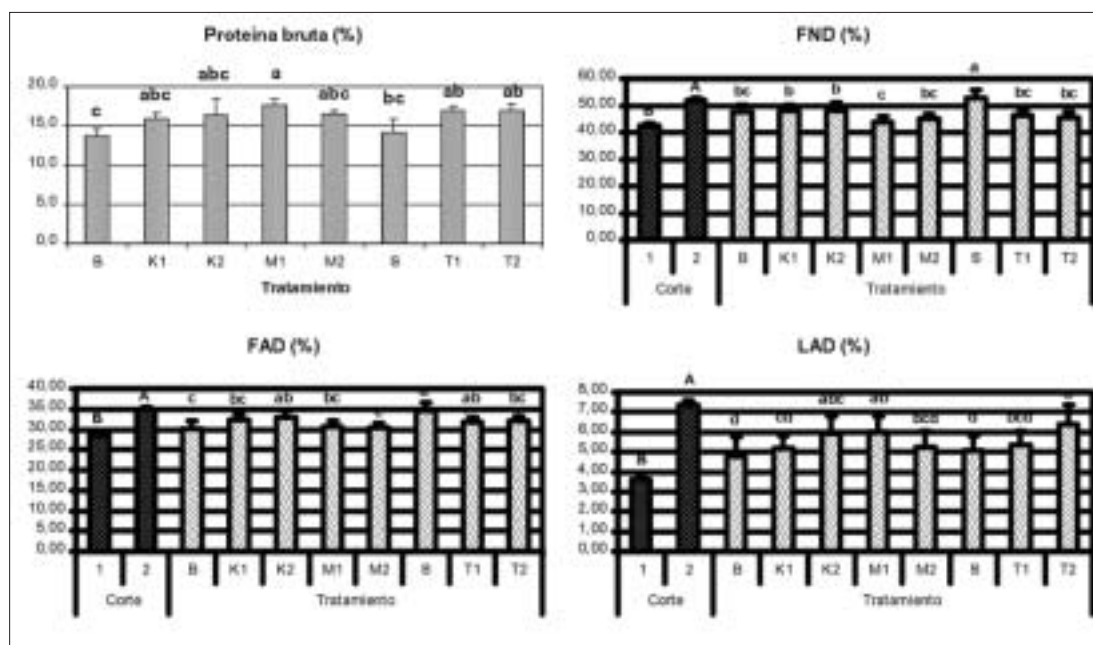


Figura 1. Influencia en pradera de los efectos principales considerados de corte (1: mediada la primavera; 2: principios de verano) y tratamiento fertilizante, sobre los parámetros de calidad analizados. Las barras verticales expresan el error estándar. Letras distintas, dentro de cada efecto principal, indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) según el test LSD.

Con respecto a los tratamientos, la aplicación de M1, T1 y T2 produjo un pasto con contenido proteico superior significativamente al del testigo; el M1 incluso superó los valores obtenidos con el Superfosfato (S) (Fig. 1). Con respecto a la fibra, el tratamiento M1 también fue de los que mejor se comportaron, obteniéndose en éste los menores valores, aunque en este caso sin diferencias con el testigo, aunque si con el superfosfato. De manera contraria, la biomasa del testigo y del superfosfato fueron las que menores valores de lignina alcanzaron.

## DISCUSIÓN

En general en pradera se produjo una mayor cantidad de biomasa herbácea y de mejor calidad (mayores contenidos de proteína y menores de fibra). Con respecto a la producción de biomasa, este resultado se contrapone a los obtenidos con anterioridad (Santamaría *et al.*, 2009) en los que siempre la producción era mayor en pasto natural. Con respecto a la calidad, si que hay coincidencia con años anteriores (2006/2007, 2007/08 y 2008/09), aunque en este caso no se pueden achacar a las diferencias en la composición botánica, al no existir, posiblemente debido a la naturalización de la pradera desde su instauración en 2005. La explicación más plausible vendría dada por la diferente localización de ambos ensayos, y por tanto con diferentes condiciones locales.

Después de 4 años consecutivos de fertilización, el año de estudio (2009/10) ha sido

el primero en el que se han detectado diferencias significativas entre tratamientos en cuanto a la producción de biomasa herbácea y en cuanto a la calidad. Esto podría haber sido debido al efecto acumulativo de los diferentes nutrientes en el suelo, sumado a las abundantes precipitaciones del año de estudio; y es que se ha constatado (Olea y Paredes, 1997) que en años con pluviometría alta la respuesta del pasto a la fertilización es mucho mayor. En cuanto a resultados globales, podríamos decir que el fertilizante con mejor comportamiento fue M1 que consistió en  $150 \text{ kg ha}^{-1}$  de Kainita (20% Na, 11%  $\text{K}_2\text{O}$ , 5%  $\text{MgO}$ , 4% S) +  $100 \text{ kg ha}^{-1}$  de Thomaskali (12%  $\text{CaO}$ , 12%  $\text{P}_2\text{O}_5$ , 18%  $\text{K}_2\text{O}$ , 4%  $\text{MgO}$ , 3% S). Tradicionalmente se ha dicho que las fertilizaciones fosfóricas eran las que mayor efecto tenían en cuanto a la producción y calidad del pasto, sin embargo en el presente trabajo, los tratamientos con mayor efecto fueron los que menor dosis de  $\text{P}_2\text{O}_5$  tenían (12 UF frente a las 45 UF que aportaba el superfosfato). Si bien es cierto que en las condiciones iniciales de partida en nuestra área experimental, los valores de P no eran especialmente deficitarios. Por el contrario un aporte importante de K (de en torno a las 35 UF), sumado a un aporte de Na (30 UF que es lo que aportó el tratamiento M1) si que parece haber tenido un mayor efecto sobre la producción y calidad del pasto con nuestras condiciones de estudio. Esto se podría explicar debido a los no muy elevados niveles iniciales de estos nutrientes en el suelo y al bajo reciclaje del sodio, que al ser consumida por el ganado mediante pastoreo, pasa a formar parte de la estructura de los animales y de ciertas producciones (Castillón, 1993). Por tanto, los niveles en suelo serían cada vez más bajos, y su aporte compensaría ese déficit. También el Mg parece que tuvo cierta importancia al ser un componente de los tratamientos más productivos; no así el Ca, ya que en los tratamientos en los que más se aplicaba (S y T2) no fueron los de mayor efecto.

## CONCLUSIONES

El tratamiento M1, con el que se aplicaron  $12 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{CaO}$ ,  $12 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $34,5 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $11,5 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{MgO}$ ,  $9 \text{ kg ha}^{-1}$  de S y  $30 \text{ kg ha}^{-1}$  de Na, fue con el que se obtuvieron las mayores producciones y las mejores calidades del pasto en las condiciones de estudio, obteniéndose valores de más del doble con respecto al testigo sin fertilizar y de más del 75% con respecto al superfosfato de cal. La aplicación de mayores dosis de fósforo o de potasio no supuso una mejora ni cuantitativa ni cualitativa del pasto.

## Agradecimientos

El presente proyecto ha sido financiado por K+S Kali GMBH a través de un convenio de colaboración con la Universidad de Extremadura. La información climatológica ha sido elaborada a partir de datos de la Agencia Estatal de Meteorología. MMAMRM.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AOAC., 1995. *Official Methods of Analysis*. 16th ed. Arlington, USA.
- CASTILLÓN, P., 1993. Valoración agronómica de las deyecciones de los animales. En: *Residuos Ganaderos*. Fundación "La Caixa", AEDOS.
- JIMÉNEZ-MOZO, J.; MARTÍNEZ-AGULLA, T., 1984. Fertilización de pastos I: Necesidades nutritivas referentes a los macroelementos, Fósforo, Potasio y Nitrógeno en pastos de secano de la región Extremeña. Publicaciones SEA. UEx. Badajoz.
- NESIC, Z.; TOMIC, Z.; VUCKOVIC, S.; 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.; PAREDES, J., 1997. Influencia de la superficie disponible y tamaño del rebaño de

los pastos mejorados en la producción de la dehesa en el SO de España. *Pastos*, **27**, 219-247.

OLEA, L.; LÓPEZ-BELLIDO, R.J.; POBLACIONES, M.J., 2005. Europe types of silvopastoral systems in the Mediterranean area: dehesa. En: *Silvopastoralism and Sustainable Land Management*, MOSQUERA, M.R. *et al.* (Eds). CABI Publishing, Oxfordshire, UK, 30-35.

SANTAMARÍA, O.; POBLACIONES, M.J.; OLEA, L.; RODRIGO, S.; VIGUERA, F.J.; GARCÍA-WHITE, T., 2009. Influencia de nuevos fertilizantes sobre la producción de biomasa y parámetros de calidad en pastos de dehesa del SO de España. En: *La multifuncionalidad de los pastos: producción ganadera sostenible y gestión de los ecosistemas*, REINÉ, R. *et al.* (Eds.). Gráficas Alós. Huesca, 581-587.

VAN SOEST, P.J., 1963. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. II. A rapid method for determination of fiber and lignin. *J. Assoc. Official Agric. Chem.*, **46**, 829-834.

## **INFLUENCE OF PHOSPHORUS, POTASSIUM AND OTHER NUTRIENTS APPLICATION DURING FOUR-YEARS ON BIOMASS PRODUCTION, SPECIES COMPOSITION AND NUTRITIVE VALUE OF DEHESA PASTURE**

### **SUMMARY**

In *dehesa*, fertilization has been traditionally carried out with phosphorus due to the important yield increase it produces. Fertilization with other nutrients has not produced a so positive effect or has not been so intensively studied on *dehesa* pasture. For this reason, the main aim of the study was to evaluate the influence of the incorporation of several nutrients on the soil (P, K, Ca, Mg, Na and S), in different combinations, on biomass production, species composition and nutritive value of *dehesa* pasture. The study was carried out in a typical *dehesa* located in Extremadura, in two areas: one with natural pastures and other with sown pastures. Eight surface-broadcast fertilization treatments were done in autumn. Two grazing periods were simulated by cutting the pasture in middle-spring and late-spring. Several treatments produced increases on the dry matter, even two times the production obtained in the not-fertilized controls. Nevertheless, these increases did not keep relationship with phosphorus or potassium doses. The same treatments also produced a significant increment in the nutritive value of pasture, mainly due to the increment of the legume fraction treatment produced.

**Key words:** fiber, lignin, natural pasture, sown pasture, crude protein.





# EFFECTO DEL MANEJO DE RESIDUOS DE *LOLIUM MULTIFLORUM* DEJADOS EN CAMPO SOBRE LA FAUNA MICROBIANA Y LA ACTIVIDAD ENZIMÁTICA DEL SUELO

L. SAN EMETERIO, L. MÚGICA, y R.M. CANALS \*

## RESUMEN

En una rotación de cultivos, la cantidad de residuos vegetales dejados en campo y su posterior manejo (enterrado/no laboreo) puede afectar los cultivos posteriores en la rotación, bien directamente, interfiriendo en su crecimiento temprano por procesos como la alelopatía, bien indirectamente, afectando la actividad microbiana del suelo y la disponibilidad de nutrientes. Algunos estudios indican que *Lolium multiflorum*, una gramínea pratense de uso habitual en rotaciones forrajeras intensivas, puede ocasionar este tipo de efectos depresivos en el cultivo posterior. El objetivo de este estudio es evaluar el efecto de distintas labores de manejo de residuos de *L. multiflorum* sobre la fauna microbiana y la actividad enzimática del suelo relacionada con la disponibilidad de nutrientes. En junio de 2010, se establecieron 24 microparcels que incluían los siguientes tratamientos: 1) suelo con residuos secos y enterrados, 2) suelo con residuos frescos en superficie, 3) suelo con residuos frescos enterrados, y 4) control de suelo desnudo. Se realizaron dos muestreos, a la semana y a los tres meses del establecimiento del ensayo, y se analizó el C y N en la biomasa microbiana, la nitrificación potencial y diversas actividades enzimáticas. Para el periodo de tiempo muestreado, no se han encontrado efectos inhibitorios significativos en la actividad microbiana del suelo debido a la presencia de residuos de *L. multiflorum*.

**Palabras clave:** Glucosidasa, fosfatasa, ureasa, amidasa, fenoles.

## INTRODUCCIÓN

El raigrás italiano (*Lolium multiflorum* Lam.) es una gramínea forrajera muy apreciada por su gran productividad, su rápido establecimiento, su agresividad frente a otras especies adventicias y su alta calidad nutritiva (Piñeiro *et al.*, 2001). Gracias a estas características es la gramínea pratense más sembrada en España. Habitualmente es utilizada como cultivo de invierno en rotaciones con el fin de intensificar la producción forrajera (López Cedrón *et al.*, 2006), o para proporcionar una cubierta verde que minimice las pérdidas de N por lixiviación (Kramberger *et al.*, 2009). Mientras que algunos estudios no encuentran efectos negativos de esta especie sobre cultivos posteriores (López Cedrón *et al.*, 2006), otros es-

---

\* Dpto. Producción Agraria. Campus Arrosadia s/n. 31006 Pamplona. Navarra (España).

tudios indican una inhibición del ahijado del arroz tras el aporte de residuos de *L. multiflorum* (Li *et al.*, 2008) y una disminución en la producción de maíz (Kramberger *et al.*, 2009). Una de las explicaciones posibles a estos efectos inhibitorios es la presencia de aleloquímicos en los residuos de esta especie (Li *et al.*, 2008; Kramberger *et al.*, 2009).

En los tallos y raíces de esta especie se han aislado y caracterizado compuestos fenólicos (Ponce *et al.*, 2009). A nivel planta-suelo, los fenoles han sido frecuentemente asociados a las interacciones alelopáticas entre vegetales. Además pueden participar en la defensa de las plantas contra microorganismos patógenos e interferir en las interacciones entre plantas y microorganismos (Castells, 2008). Debido al potencial alelopático de esta especie, el manejo de sus residuos podría influir sobre los cultivos posteriores en la rotación. Además, otros aspectos de la calidad del residuo son importantes, como la presencia de compuestos carbonatados de fácil degradación (Oreja *et al.*, 2010).

Bajo sistemas de laboreo convencional los residuos son incorporados al suelo enterrándose en profundidad mediante el arado, mientras que en los sistemas de no laboreo los residuos se dejan en la superficie. Por otra parte, en rotaciones forrajeras intensivas, los residuos se entierran después del último corte, una vez que están secos, mientras que en rotaciones cuyo fin es proporcionar una cubierta verde, los residuos se entierran usualmente en fresco. El secado de los residuos previo a su incorporación en el suelo puede afectar a la cantidad de aleloquímicos presentes y por lo tanto modular su efecto sobre cosechas posteriores. Así, el objetivo de este estudio es evaluar de forma detallada a escala de microparcela si un mismo residuo vegetal, aplicado al suelo de distintas maneras, afecta igual o de manera diferente las actividades enzimáticas microbianas relacionadas con la disponibilidad de los principales nutrientes edáficos y cuál es la dinámica temporal de dichas actividades.

## MATERIAL Y MÉTODOS

La parcela de estudio está localizada en Arazuri, Navarra (42°48'N-1°43'W), sobre un suelo agrícola de textura arcillo-limosa, con un contenido de nitrógeno total bajo (0,18%) y mayores concentraciones de nitrato (5,96 µg/g N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) que de amonio (0,64 µg/g N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>). El ensayo se estableció en junio de 2010 en subparcelas de 50 cm x 50 cm con un diseño completamente al azar y 6 repeticiones. Se aplicaron los siguientes tratamientos: 1) suelo con residuos secos y enterrados 300 g/m<sup>2</sup> (ENS); 2) suelo con residuos frescos enterrados 900 g/m<sup>2</sup> (ENV); 3) suelo con residuos frescos dejados en superficie 900 g/m<sup>2</sup> (SUP); y 4) control de suelo desnudo (CON). Los residuos secos de *L. multiflorum* se dejaron secar al sol durante una semana y se estimó su contenido de humedad en menos de un 40%. Los residuos frescos se cortaron el mismo día de la aplicación y se estimó su contenido de humedad en un 80%. Por lo tanto, la cantidad de residuos aplicada en ambos casos equivale a 180 g/m<sup>2</sup> de peso seco (para el enterrado en seco, probablemente era mayor). Los residuos se enterraron con azada a una profundidad de unos 10 cm. Los muestreos se realizaron a la semana y a los tres meses (septiembre) del establecimiento. De cada subparcela se extrajo un cilindro de suelo de 9 cm x 10 cm (diámetro x profundidad) y en el caso de las subparcelas con residuos en superficie, 20 g de residuo vegetal. Cada muestra de suelo se mezcló y se homogeneizó y se tomaron submuestras para la determinación de humedad (24 hr a 105°C), biomasa microbiana (método de fumigación con cloroformo) y nitrificación potencial. Para la determinación de las actividades enzimáticas sobre suelos tamizados (2mm) y residuos molturados y tamizados, se siguieron los protocolos de Taylor *et al.*, (2002), para glucosidasa y fosfatasa alcalina, Kandeler y Gerber (1988), para ureasa y Acosta-Martinez y Tabatabai (2000), para amidasa. Los resultados fueron analizados mediante modelos lineales generales univariantes (SPSS 17.0). Las variables sin distribución normal se transformaron logarítmicamente.

## RESULTADOS

### Nitrificación potencial

Aunque la nitrificación potencial aumentó significativamente a los tres meses de aplicar los residuos en todos los suelos ( $F=313,551$   $p<0,0001$ ), se observa una tendencia a evolucionar de manera diferente entre tratamientos (interacción fecha\*tratamiento  $F=2,714$   $p=0,057$ ). El aumento de la nitrificación potencial a los tres meses parece ser menor en los suelos en los que los residuos han sido enterrados ( $F$  tratamiento=  $1,484$   $p=0,233$ , Figura 1a).

### Biomasa microbiana

El efecto de la aplicación de los tratamientos fue significativo desde la primera semana ( $F=4,327$ ,  $p=0,010$ ) presentando los suelos con residuos en superficie mayor biomasa microbiana que el resto (Figura 1b). No se encontraron efectos significativos de la fecha de muestreo ( $F=2,360$ ,  $p=0,132$ ) ni de la interacción entre fecha y tratamiento ( $F=2,052$ ,  $p=0,122$ ).

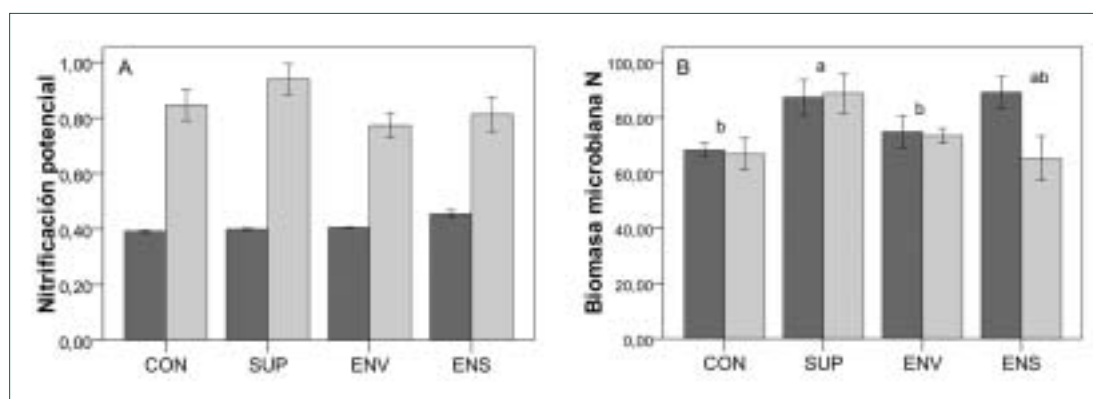


Figura 1. Nitrificación potencial y biomasa microbiana del suelo. CON, control; SUP, residuo en superficie; ENV, residuo enterrado verde; ENS residuo enterrado seco. Gris oscuro, muestreo de junio, Gris claro, muestreo de septiembre. A,  $\mu\text{g N}/(\text{g}\cdot\text{h})$ ; B,  $\mu\text{g N}/\text{g}$ . Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos. Barras de error indican error estándar

### Actividad enzimática

En general, a los tres meses de la aplicación de los residuos, se incrementó la actividad enzimática del suelo (Figura 2). Las actividades de la fosfatasa, glucosidasa y ureasa aumentaron significativamente ( $F=7,683$   $p=0,008$ ;  $F=4,440$   $p=0,041$ ; y  $F=6,283$   $p=0,016$ , respectivamente), mientras que la actividad de la amidasa no presentó cambios significativos ( $F=0,012$   $p=0,914$ ). Aunque no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos, las actividades enzimáticas de la fosfatasa, glucosidasa y ureasa tendieron a evolucionar de manera diferente en el suelo dependiendo del tratamiento aplicado (efecto de la interacción entre fecha y tratamiento  $p<0,10$ ).

Respecto a la actividad enzimática de los residuos vegetales dejados en superficie, los resultados dependieron del tipo de enzima (Figura 3). La fosfatasa aumentó su actividad a los tres meses ( $F=129,81$   $p<0,0001$ ), la ureasa y la amidasa presentaron cierta tendencia al incremento de su actividad ( $F=3,127$   $p=0,107$ ;  $F=3,888$   $p=0,077$ , respectivamente), mientras que la glucosidasa no presentó cambios significativos ( $F=0,202$   $p=0,663$ ).

## DISCUSIÓN

Diversos estudios indican un descenso en la biomasa microbiana (Diallo *et al.*, 2006) y una

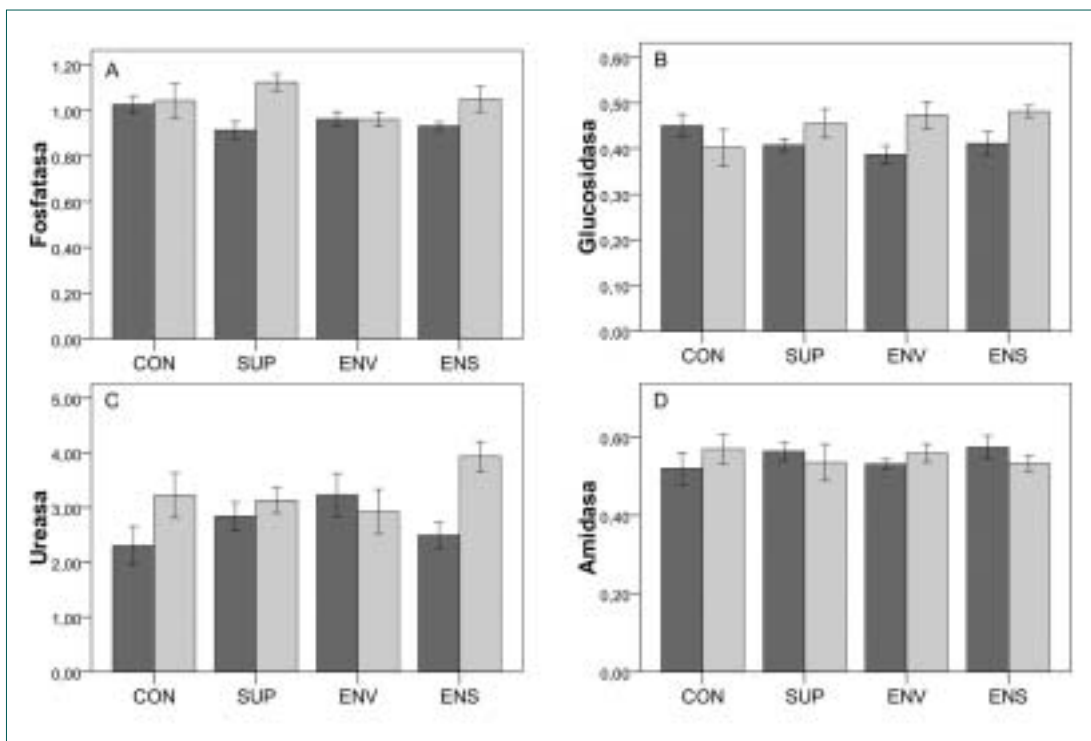


Figura 2. Actividad enzimática del suelo. CON, control; SUP, residuos en superficie; ENV, residuo enterrado verde; ENS residuo enterrado seco. Gris oscuro, muestreo de junio, Gris claro, muestreo de septiembre. A) fosfatasa , mmoles PNP/(kg\*h);B) glucosidasa, mmoles PNP/(kg\*h); C) ureasa, mmoles N/(kg\*h); D) amidasa, mmoles Bnaftilamina/(kg\*h). Barras de error indican error estándar.

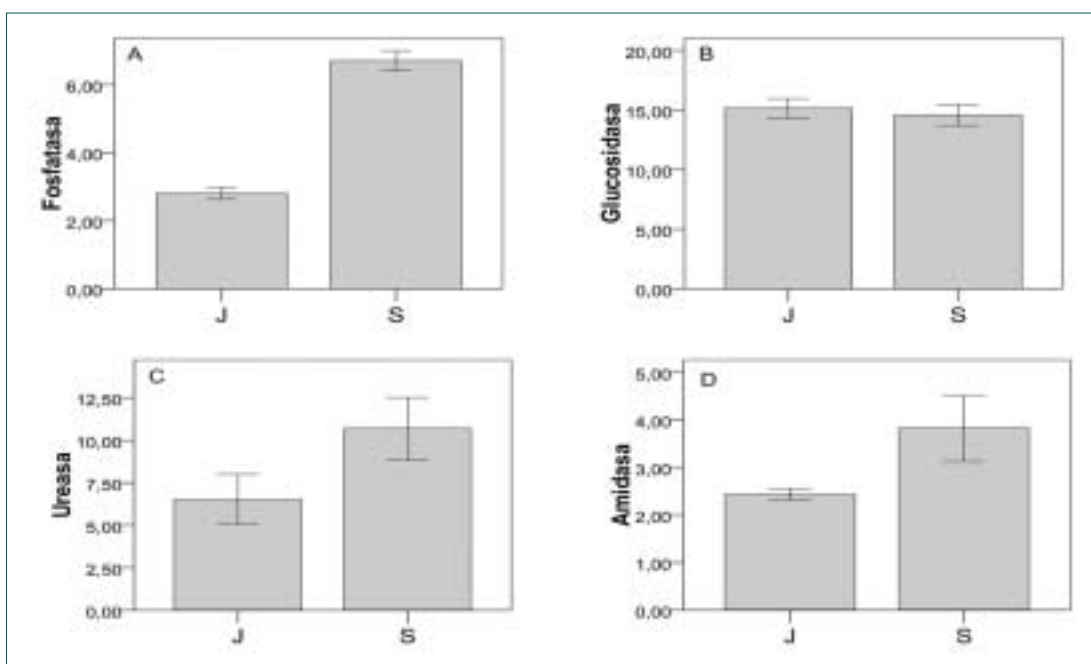


Figura 3. Actividad enzimática de los residuos dejados en superficie. J, muestreo de junio; S, muestreo de septiembre. A) fosfatasa , mmoles PNP/(kg\*h);B) glucosidasa, mmoles PNP/(kg\*h); C) ureasa, mmoles N/(kg\*h); D) amidasa, mmoles Bnaftilamina/(kg\*h). Barras de error indican error estándar.

inhibición de la actividad enzimática (Joanisse *et al.*, 2007) y de la nitrificación (Castells, 2008) tras la aplicación de residuos y lixiviados con altas concentraciones de fenoles o taninos. Además, según An *et al.* (2001), la fitotoxicidad de estos residuos es más severa durante las primeras etapas de la descomposición, declinando posteriormente. Contrariamente, en nuestro estudio no observamos efectos inhibitorios ni a la semana (respecto al control) ni a los tres meses de aplicados los tratamientos. Los residuos dejados en superficie favorecieron un incremento de la actividad microbiana del suelo una semana después de su aplicación y en las demás variables medidas no se comprobaron efectos significativos de los tratamientos aplicados respecto al control. Otros estudios recientes afirman encontrar efectos positivos en la actividad enzimática y en biomasa microbiana tras la adición de residuos de las gramíneas *Imperata cylindrica* (Fang *et al.*, 2010) y *Avena sativa* (García-Orenes *et al.*, 2010).

En cuanto al sistema de manejo, García-Orenes *et al.* (2010) indican una mayor biomasa microbiana y actividad enzimática en suelos con sistemas de no laboreo o de laboreo reducido en los que los residuos quedan en la superficie del suelo. Otros trabajos contrariamente señalan que la incorporación al suelo de extractos de residuos ejerce un efecto detoxificante (An *et al.*, 2001), que presumiblemente conlleva un incremento de la actividad microbiana. En nuestro estudio encontramos en suelos sin laboreo, con los residuos dejados en superficie, un incremento significativo de la biomasa microbiana (Figura 1b) y una tendencia a medio plazo a aumentar la nitrificación potencial (Figura 1a), y la actividad de la enzima fosfatasa (Figura 2a), en comparación con suelos labrados con residuos incorporados.

## CONCLUSIONES

En este trabajo no se comprueba a corto y medio plazo la existencia de procesos inhibitorios en la actividad enzimática microbiana debido a la presencia de residuos de *L. multiflorum*. Contrariamente, el nitrógeno presente en la biomasa microbiana tiende a aumentar con la adición de residuos, y lo hace significativamente en el caso de los residuos dejados en superficie. Respecto a la nitrificación potencial, ésta responde significativamente a patrones temporales. La actividad enzimática del suelo parece evolucionar de manera diferente en los suelos tratados con residuos, aunque es necesario realizar más muestreos temporales para confirmarlo.

## Agradecimientos

Este ensayo se ha realizado con financiación del Ministerio de Educación y Ciencia del Gobierno de España mediante el CGL2006-04530/BOS.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACOSTA-MARTINEZ, V.; TABATABAI, M. A., 2000. Arylamidase activity of soils. *Soil Science Society of America Journal*, **64**(1), 215-221.
- AN, M.; PRATLEY, J. E.; HAIG, T., 2001. Phytotoxicity of vulpia residues: IV. Dynamics of allelochemicals during decomposition of vulpia residues and their corresponding phytotoxicity. *Journal of Chemical Ecology*, **27**(2), 395-409.
- CASTELLS, E., 2008. Indirect effects of phenolics on plant performance by altering nitrogen cycling: another mechanism of plant-plant negative interactions. En: *Allelopathy in Sustainable Agriculture and Forestry*, 137-156. Ed. R.S: Zeng, A.U: Mallik, S.M. Luo. Springer. New York (USA).
- DIALLO, M. D.; DUPONNOIS, R.; GUISE, A., SALL, S.; CHOTTE, J. L.; THIOULOUSE, J., 2006. Biological effects of native and exotic plant residues on plant growth, microbial biomass and N availability under controlled conditions. *European Journal of Soil Biology*, **42**(4), 238-246.
- FANG, S. Z.; LIU, J. J.; LIU, D.; XIE, B.D., 2010. Enzymatic activity and nutrient availability in the rhizosphere of poplar plantations treated with fresh grass mulch. *Soil Science and Plant*

- Nutrition*, **56(3)**, 483-491.
- GARCIA-ORENES, F.; GUERRERO, C.; ROLDAN, A., MATAIX, J.; CERDA, A., 2010. Soil microbial biomass and activity under different agricultural management systems in a semiarid Mediterranean agroecosystem. *Soil y Tillage Research*, **109(2)**, 110-115.
- JOANISSE, G. D.; BRADLEY, R. L.; PRESTON, C. M., MUNSON, A. D., 2007. Soil enzyme inhibition by condensed litter tannins may drive ecosystem structure and processes: the case of *Kalmia angustifolia*. *New Phytologist*, **175(3)**, 535-546.
- KANDELER, E.; GERBER, H., 1988. Short-Term Assay of Soil Urease Activity Using Colorimetric Determination of Ammonium. *Biology and Fertility of Soils*, **6(1)**, 68-72.
- KRAMBERGER, B.; GSELMAN, A.; JANZEKOVIC, M., KALIGARIC, M.; BRACKO, B., 2009. Effects of cover crops on soil mineral nitrogen and on the yield and nitrogen content of maize. *European Journal of Agronomy*, **31(2)**, 103-109.
- LI, G. X.; ZENG, R. S.; LI, H. J., YANG, Z.Y., 2008. Allelopathic effects of decaying Italian ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.) residues on rice. *Allelopathy Journal*, **22(1)**, 15-23.
- LÓPEZ CEDRÓN, F. X.; RUIZ-NOGUEIRA, R.; CONFALONE, A., PIÑEIRO, J.; SAU, F., 2006. Productividad de la rotación anual raigrás-maíz en Galicia: Evaluación durante cinco años en regadío y secano y bajo dos sistemas de siembra. *Pastos*, **36(2)**, 193-216.
- OREJA A, SAN EMETERIO L, VILLANUEVA E, CANALS RM. 2010. Trade-offs of phenolic compounds in sustainable grassland production: availability of nitrogen to plants. *Grassland Science in Europe*, **15**, 717- 719
- PIÑEIRO, J.; DÍAZ DÍAZ, N.; PÉREZ, M., 2001. Raigrás italiano. *Agricultura*, **827**,436-443.
- PONCE, M. A.; BOMPADRE, M. J.; SCERVINO, J. M., OCAMPO, J. A.; CHANETON, E. J., 2009. Flavonoids, benzoic acids and cinnamic acids isolated from shoots and roots of Italian rye grass (*Lolium multiflorum* Lam.) with and without endophyte association and arbuscular mycorrhizal fungus. *Biochemical Systematics and Ecology*, **37(4)**, 245-253.
- TAYLOR, J. P.; WILSON, B.; MILLS, M. S., BURNS, R. G., 2002. Comparison of microbial numbers and enzymatic activities in surface soils and subsoils using various techniques. *Soil Biology y Biochemistry*, **34(3)**, 387-401.

## EFFECT OF *LOLIUM MULTIFLORUM* RESIDUES ON SOIL MICROBIAL POPULATIONS AND SOIL ENZYME ACTIVITY IN FIELD CONDITIONS

### SUMMARY

*Lolium multiflorum* is a productive forage grass cultivated usually as a winter crop in intensive rotations. However, sometimes the production of subsequent crops has been affected. The quantity of crop residues and its later management (till/no till) can have a potential influence on subsequent crops, either directly, affecting its early growth, or indirectly, affecting soil microbial activity and nutrients availability. The aim of this study is to evaluate the effect of the management of *L. multiflorum* residues on the soil microbial populations and on the soil enzymatic activity. In June 2010, we set up 24 microplots with the following treatments: 1) dry residues incorporated into the soil, 2) fresh residues left on the soil surface, 3) fresh residues incorporated into the soil and 4) a control of bare soil. We sampled two times, one week after the assay establishment and three months later, and we measured C and N microbial biomass, nitrification potential and diverse enzymatic activities of soils. We did not find significant inhibitory effects on soil microbial activity due to the presence of *L. multiflorum* residues.

**Key words:** Glucosidase, fosfatase, urease, amidase, fenoles

## EFFECTO DE LA PROFUNDIDAD DE SIEMBRA EN LA EMERGENCIA DE ESPECIES PRATENSES

B.R. VÁZQUEZ DE ALDANA, A. GARCÍA-CIUDAD, A. ÁLVAREZ y B. GARCÍA-CRIADO \*

### RESUMEN

La emergencia es un proceso de gran importancia en el éxito de la implantación de especies herbáceas en los ecosistemas de pastizal; un proceso regulado por varios factores ambientales como la luz, temperatura, pH del suelo y humedad. Sin embargo, hay otros factores como la profundidad a los que se ha prestado menor atención. El objetivo de este trabajo fue determinar el efecto de la profundidad de la siembra en la emergencia de 14 especies pratenses: *Agropyron cristatum*, *Anthyllis vulneraria*, *Dactylis glomerata*, *Festuca ovina*, *Festuca rubra*, *Lotus corniculatus*, *Phleum pratense*, *Plantago lanceolata*, *Poa pratensis*, *Trifolium repens*, *Trifolium subterraneum*, *Medicago sativa*, *Melilotus officinalis* y *Onobrychis vicifolia* en condiciones controladas de invernadero. Los resultados obtenidos muestran la gran importancia que tiene la profundidad de siembra de la semilla: en todas las especies, al aumentar la profundidad de siembra disminuye considerablemente el porcentaje final de emergencia de plántulas. Se encontró una correlación significativa negativa entre la diferencia del porcentaje de emergencia con la profundidad y el tamaño de la semilla. Además, la profundidad de siembra también afectó al crecimiento de las plantas, principalmente a la longitud del tallo (que aumenta) y al peso seco de la raíz (que disminuye) al aumentar la profundidad.

**Palabras clave:** semillas, germinación, crecimiento raíz, gramíneas, leguminosas

### INTRODUCCIÓN

La germinación, emergencia y establecimiento inicial de las plantas son fases importantes que controlan la abundancia y la distribución de plantas maduras/adultas en los ecosistemas de pastizal. Así por ejemplo, la abundancia de las gramíneas perennes es principalmente dependiente de la dispersión de semillas y de la presencia y generación de zonas adecuadas para la germinación de las semillas (Cheplick, 1998). El proceso de germinación está principalmente regulado por varios factores ambientales, como la luz, temperatura, pH del suelo y humedad (Chachalis y Reddy, 2000). En las condiciones peculiares de los ecosistemas mediterráneos las lluvias otoñales son de gran importancia para la germinación, emergencia y crecimiento de las especies herbáceas (Espigares y Peco, 1993). Otros

---

\* Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Salamanca (IRNASA-CSIC); Cordel de Merinas 40-52; 37008 Salamanca

factores como la profundidad de la semilla también afectan a la germinación de semillas y emergencia de plántulas (Koger *et al.*, 2004) ya que la variación en profundidad está asociada a una variación en disponibilidad de agua, fluctuaciones diurnas de temperatura, y exposición de luz. A nivel de micro-ambiente, todos estos factores tienen potencial para influir en el comportamiento de las semillas. Un mejor entendimiento de la germinación y emergencia de las plántulas facilita el desarrollo de programas de manejo de pastos e instauración de la vegetación.

El objetivo principal de este trabajo fue determinar el efecto de la profundidad de la siembra en la emergencia de 14 especies pratenses, seis gramíneas, siete leguminosas y una especie de la familia plantaginácea, en un experimento llevado a cabo en macetas.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Se seleccionaron 14 especies de herbáceas (frecuentes en pastos): las gramíneas *Agropyron cristatum* (L.) Gaertn., *Dactylis glomerata* L., *Festuca ovina* L., *Festuca rubra* L., *Phleum pratense* L., *Poa pratensis* L.; las leguminosas *Anthyllis vulneraria* L., *Lotus corniculatus* L., *Medicago sativa* L., *Melilotus officinalis* (L.) Pall., *Onobrychis viciifolia* Scop., *Trifolium repens* L., *Trifolium subterraneum* L. y otras especies como *Plantago lanceolata* L. Estas especies son frecuentes en pastos y además se utilizan en mezclas de revegetación en zonas como taludes. Las semillas fueron adquiridas comercialmente, pero no se especifica ningún cultivar o variedad concreta.

Semillas de cada una de estas especies se sembraron separadamente en macetas de 14 cm de diámetro y 13 cm de altura, con una mezcla de turba, perlita y arena. Se consideraron dos profundidades 2 cm y 5 cm, en macetas diferentes, y tres réplicas para cada tratamiento de profundidad, sembrado en cada maceta 30 semillas. Las macetas se mantuvieron en invernadero en condiciones controladas de temperatura, y con riegos frecuentes. Se controló diariamente el número de plántulas que emergieron.

De todas las especies utilizadas en el ensayo de germinación se seleccionaron cinco para analizar el crecimiento de las plantas en función de la profundidad de siembra: *A. vulneraria*, *D. glomerata*, *L. corniculatus*, *P. lanceolata* y *T. subterraneum*. Esta selección se hizo principalmente en base a aquellas especies de las que había un número suficiente de plantas en ambos tratamientos como para elegir cinco al azar. Después de 30 días (desde la siembra), se determinó longitud de la raíz y de la parte aérea, producción de biomasa de raíz y de parte aérea, en cinco plantas seleccionadas al azar en cada una de las macetas. La longitud de las plantas se determinó sobre la imagen escaneada, y la biomasa a partir del peso seco a 60°C durante 48 horas. Se consideró como longitud del tallo la distancia desde el punto de unión a la raíz hasta el extremo de la hoja más larga.

Los datos se analizaron mediante ANOVA para determinar el efecto de la profundidad en los distintos parámetros (SPSS Statistics v17.0).

## RESULTADOS

En la *Figura 1* se presentan los resultados del porcentaje de emergencia de plántulas en función de la profundidad de siembra. Al aumentar la profundidad disminuyó de forma estadísticamente significativa el porcentaje de emergencia en todas las especies, excepto en *A. cristatum*. En los casos de las especies *Phleum pratense* y *Poa pratensis*, no se observó la emergencia de ninguna plántula a la profundidad de 5 cm. Las mayores diferencias se observaron en *T. repens* cuyo porcentaje de emergencia a 2 cm fue de 74,1% frente al 0,9% a 5 cm.

Se realizó un análisis de correlación entre porcentajes de emergencia a distintas profundidades y parámetros morfológicos de la semilla como el tamaño (medido como la lon-



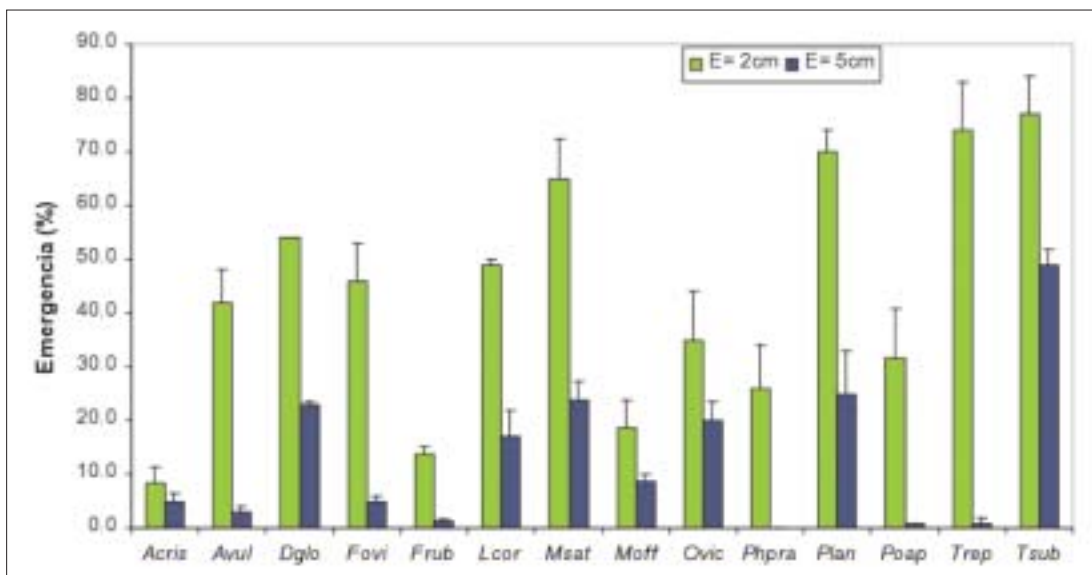


Figura 1 - Porcentaje de emergencia de especies herbáceas en relación a la profundidad de siembra (media + error estándar).

Acris= *Agropyron cristatum*, Avul= *Anthyllis vulneraria*, Dglo= *Dactylis glomerata*, Fovi= *Festuca ovina*, Frub= *Festuca rubra*, Lcor= *Lotus corniculatus*, Msat= *Medicago sativa*, Moff= *Melilotus officinalis*, Ovic= *Onobrychis viciifolia*, Phpra= *Phleum pratense*, Plan= *Plantago lanceolata*, Poap= *Poa pratensis*, Trep= *Trifolium repens*, Tsub= *Trifolium subterraneum*.

gitud en mm del lado largo) y el peso. Los resultados mostraron una correlación significativa negativa entre la diferencia del porcentaje de emergencia con la profundidad y el tamaño de la semilla (Figura 2). Esta relación inversa indicaría que al aumentar el tamaño de la semilla, menor es la diferencia en porcentaje de emergencia entre profundidad 2 cm y 5 cm; es decir, que a mayor tamaño de semilla disminuye el efecto de reducción del porcentaje de emergencia causado por la profundidad de la siembra. Este coeficiente de correlación aumentó al considerar sólo las semillas de forma alargada ( $r = -0,697$ ;  $P = 0,025$ ). La correlación con el peso de las semillas no fue significativa (Figura 2).

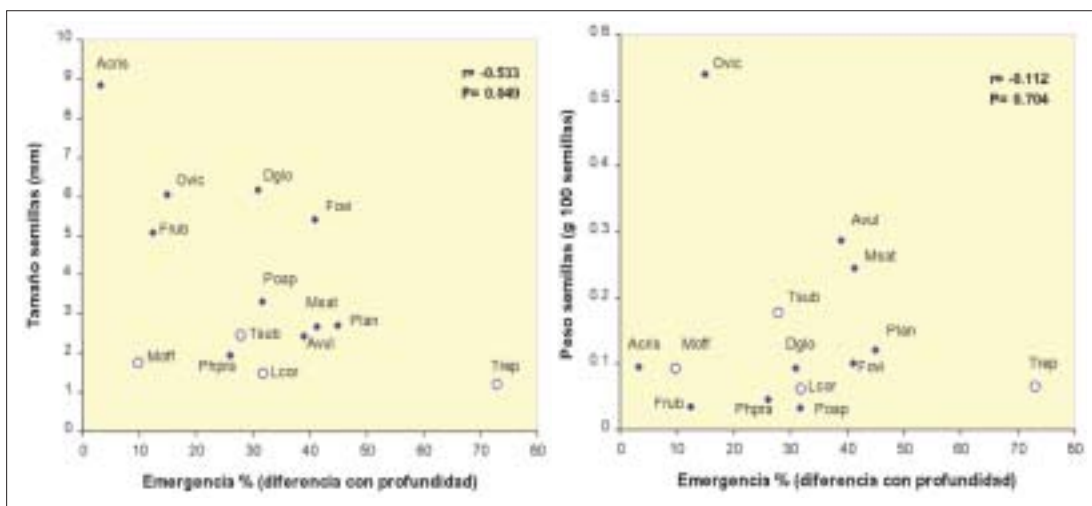


Figura 2 - Correlación entre tamaño de semilla, peso de semilla y la diferencia del porcentaje de emergencia a profundidad E= 2cm y E= 5cm. Con distintos símbolos se indica la forma de la semilla, redondas (○) o alargadas (◆).

Los resultados de crecimiento de las especies seleccionadas mostraron que la profundidad de siembra afecta a la longitud de las plantas, principalmente al crecimiento del tallo (Tabla 1). Todas las especies excepto *D. glomerata* mostraron un aumento de longitud del tallo al aumentar la profundidad de siembra. La longitud de la raíz fue significativamente mayor a menor profundidad para las especies *T. subterraneum* y *L. corniculatus*.

Tabla 1. Longitud de raíz y tallo de cinco especies herbáceas sembradas a diferentes profundidades

Especie	Longitud raíz (cm)					Longitud tallo (cm)				
	E= 2 cm		E= 5 cm		SIG	E= 2 cm		E= 5 cm		SIG
	Media	SE	Media	SE		Media	SE	Media	SE	
<i>A. vulneraria</i>	14,7	0,70	15,2	0,91	NS	2,66	0,09	4,96	0,22	**
<i>D. glomerata</i>	12,3	1,23	10,5	0,72	NS	11,2	0,47	10,6	0,79	NS
<i>L. corniculatus</i>	15,9	1,49	8,09	2,14	*	2,33	0,25	5,09	0,35	***
<i>P. lanceolata</i>	13,8	1,57	10,9	1,55	NS	3,19	0,04	4,99	0,16	***
<i>T. subterraneum</i>	21,6	1,42	12,2	0,88	***	2,66	0,07	4,77	0,13	* * *

SE = error estándar;

SIG= nivel de significación en la comparación de medias entre profundidades (\*P<0,05; \*\*P<0,01; \*\*\*P<0,001; NS no significativo)

En cuando a la producción de materia seca, la biomasa de las raíces fue mayor a menor profundidad, siendo la diferencia estadísticamente significativa (P<0,05) en todas las especies excepto en *D. glomerata* (Tabla 2). En el caso de la producción de materia seca del tallo, numéricamente también fue mayor a menor profundidad, pero estas diferencias no fueron estadísticamente significativas.

Tabla 2. Biomasa de raíz y tallo de cinco especies herbáceas sembradas a diferentes profundidades

Especie	Raíz (mg materia seca/planta)					Tallo (mg materia seca/planta)				
	E= 2 cm		E= 5 cm		SIG	E= 2 cm		E= 5 cm		SIG
	Media	SE	Media	SE		Media	SE	Media	SE	
<i>A. vulneraria</i>	2,65	0,25	1,50		*	18,2	1,50	11,4	1,31	NS
<i>D. glomerata</i>	3,10	0,88	1,89	0,29	NS	5,09	0,75	3,13	0,52	NS
<i>L. corniculatus</i>	1,54	0,06	0,85	0,15	*	5,98	0,64	5,48	0,92	NS
<i>P. lanceolata</i>	3,43	0,27	1,04	0,28	*	6,09	1,59	3,15	0,15	NS
<i>T. subterraneum</i>	4,17	0,19	2,71	0,11	*	17,9	1,28	11,7	1,98	NS

SE = error estándar;

SIG= nivel de significación en la comparación de medias entre profundidades (\*P<0,05; \*\*P<0,01; \*\*\*P<0,001; NS no significativo)

## DISCUSION

Los resultados sobre la disminución del porcentaje de emergencia con la profundidad son consistentes con trabajos publicados con otras especies como *Lolium rigidum* (Chauhan et al., 2006). Uno de los principales factores que limita la germinación y emergencia es la disponibilidad de agua que puede tener lugar en la capa superficial del suelo; sin embargo, el menor porcentaje de emergencia tiene lugar a mayor profundidad. Esto indica que la disminución de la emergencia con el aumento de la profundidad puede estar asociado a una reserva de energía inadecuada en la semilla (Mennan y Ngouajio, 2006; Chachalis et al., 2008). No se encontró una relación entre el peso de las semillas y la emergencia; pero sí

se encontró una relación significativa con el tamaño de la semilla, lo que puede sugerir que pueda ser más indicativo de las reservas en la semilla que el peso.

Al aumentar la profundidad se produce un aumento de la longitud del tallo en varias especies que puede estar relacionada con la menor intensidad lumínica. El aumento de recursos en término de biomasa hacia partes de la planta donde la limitación es mayor, es conocido. Así una baja disponibilidad de nutrientes (N, P, agua) aumenta la asignación de recursos a las raíces, mientras que una baja intensidad lumínica aumenta a las hojas.

Podemos concluir por tanto que al aumentar la profundidad de siembra disminuye considerablemente el porcentaje de emergencia de todas las especies ensayadas. Esta disminución está relacionada con el tamaño de la semilla de forma que al aumentar el tamaño de semilla disminuye el efecto de reducción del porcentaje de emergencia causado por la profundidad de la siembra.

### Agradecimientos

Este trabajo ha sido subvencionado por la empresa PAS Infraestructura y Servicios S.L.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CHACHALIS, D.; REDDY, K.N., 2000. Factors affecting *Campsis radicans* seed germination and seedling emergence. *Weed Science*, **48**, 212-216.
- CHACHALIS, D.; KORRES, N.; KHAH, E.M., 2008. Factors affecting seed germination and emergence of venice mallow (*Hibiscus trionum*). *Weed Science*, **56**, 509-515.
- CHAUHAN, B S.; GILL, G.; PRESTON, C., 2006. Influence of environmental factors on seed germination and seedling emergence of rigid ryegrass (*Lolium rigidum*). *Weed Science*, **54**, 1004-1012.
- CHEPLICK, G.P., 1998. Seed dispersal and seedling establishment in grass populations. En: *Population biology of grasses*. G.P. Cheplick (Ed.). Cambridge University Press, Cambridge, 84-105.
- ESPIGARES, T.; PECO, B., 1993. Mediterranean pasture dynamics: the role of germination. *Journal of Vegetation Science*, **4**, 189-194.
- KOGER, C.H.; REDDY, K N.; POSTON D H., 2004. Factors affecting seed germination, seedling emergence, and survival of texasweed (*Caperonia palustris*). *Weed Science*, **52**, 989-995.
- MENNAN, H.; NGOUAJIO, M., 2006. Seasonal cycles in germination and seedling emergence of summer and winter populations of catchweed bedstraw (*Galium aparine*) and wild mustard (*Brassica kaber*). *Weed Science*, **54**, 114-120.

### EFFECT OF SEED DEPTH ON THE EMERGENCE OF HERBACEOUS SPECIES

#### SUMMARY

Seed germination is a key event in determining the success of herbaceous species in grassland ecosystems; a process regulated by several environmental factors such as light, temperature, soil pH and moisture. However, there are other factors like seed depth which has been less considered. The aim of this work was to determine the effect of seed depth on seedling emergence of 14 grassland species: *Agropyron cristatum*, *Anthyllis vulneraria*, *Dactylis glomerata*, *Festuca ovina*, *Festuca rubra*, *Lotus corniculatus*, *Phleum pratense*, *Plantago lanceolata*, *Poa pratensis*, *Trifolium repens*, *Trifolium subterraneum*, *Medicago sativa*, *Mellilotus officinalis* and *Onobrychis vicifolia*. The results show the great importance of the seed depth: the percentage of emergence of all species notably decreased by increas-

ing seed depth. A significant negative correlation between the difference in emergence percentage with depth and the seed size was found. Furthermore, seed depth affected plant growth parameters such as root dry weight and length of stems.

**Key-words:** seeds, germination, root growth, grasses, legumes

# OBTENCIÓN DE UN ÍNDICE DE ENSILABILIDAD ADAPTADO A ZONAS TEMPLADO-HÚMEDAS A PARTIR DE UNA POBLACIÓN DE FORRAJES DE PARÁMETROS DE ENSILABILIDAD CONOCIDA

A. MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ, M. GONZÁLEZ ARROJO, A. SOLDADO y A. ARGAMENTERÍA \*

## RESUMEN

La aptitud de un forraje para ensilar, depende de sus valores de materia seca, azúcares solubles y capacidad tampón en el momento del corte. En general, el clima, la estación, el tipo y el régimen de aprovechamiento, la intensidad de pastoreo, la composición química y botánica del forraje a ensilar y su estado de madurez, entre otros, son factores que modifican tanto la microflora epifita del forraje como sus características de ensilabilidad.

Atendiendo a estos criterios, y en base a una colección de 208 forrajes de ensilabilidad conocida que incluye praderas de corta y larga duración, raigrás italiano en monocultivo, maíz, triticale, soja, habas forrajeras, y muestras procedentes de asociaciones cereal-leguminosa, el objetivo del presente trabajo ha sido definir un índice de ensilabilidad, que relacione los anteriores parámetros, pero adaptado a las características de los forrajes producidos en las zonas templado húmedas del Norte de España.

El procedimiento discriminante utilizado ha permitido definir un índice de ensilabilidad por combinación lineal de los contenidos en materia seca, azúcares solubles y capacidad tampón de los forrajes en el momento del corte para ensilar, que permite diferenciar cinco rangos sucesivos de ensilabilidad.

**Palabras clave:** Materia seca, azúcares solubles, capacidad tampón

## INTRODUCCIÓN

Los forrajes constituyen una parte importante de la alimentación del ganado y pueden incluso integrar la totalidad de la dieta de los animales cuyo estado fisiológico no rebasa un límite de necesidades nutricionales. En la Cornisa Cantábrica, la reducida base territorial disponible en las explotaciones, junto con la marcada estacionalidad de la producción forrajera, son algunos de los factores estructurales limitantes de la rentabilidad del sector agroganadero. Por otra parte, el incremento del tamaño de las explotaciones ganaderas conlleva la necesidad de más cantidad de alimentos conservados para cubrir las necesidades nutritivas de los animales durante el período invernal. En este sentido,

---

<sup>1</sup> Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario (SERIDA). Área de Nutrición Animal, Pastos y Forrajes. Apdo. 13. E-33300 Villaviciosa. admartinez@serida.org

la finalidad del ensilado como método de conservación, es preservar los forrajes con un mínimo de pérdidas de materia seca y de nutrientes, manteniendo una buena apetecibilidad por el ganado, minimizando las pérdidas nutritivas y evitando que se produzcan durante el proceso sustancias tóxicas para la salud animal. La experiencia de campo revela que resulta mucho más fácil obtener un buen ensilado de maíz forrajero que de alfalfa. Se debe a su diferente ensilabilidad. El clima, la estación, el tipo y régimen de aprovechamiento, la intensidad de pastoreo, la composición química y botánica de los forrajes a ensilar y su estado de madurez, entre otros, son factores que modifican tanto la microflora epifita del forraje como sus características de ensilabilidad (Woolford, 1984; McDonald *et al.*, 1991).

Está establecido que el comportamiento de un cultivo que va a ser ensilado o su ensilabilidad, depende de la disponibilidad del sustrato para la fermentación láctica. En este sentido, la cantidad necesaria de azúcares solubles (AZUCSOL) está relacionada con el potencial para resistirse a cambios en el pH llamado capacidad tampón (CT) del forraje. Por ello, para caracterizar el potencial de acidificación de un cultivo se utiliza la relación existente entre ambos parámetros (AZUCSOL/CT). Por otra parte, en lo referente a las fermentaciones indeseables, debidas al incremento de la sensibilidad ácida de las bacterias del género *Clostridium*, éstas pueden suprimirse prehenificando el forraje aunque la relación AZUCSOL/CT sea baja.

Estudios realizados por Piñeiro y Pérez (1992), han evaluado la diferente ensilabilidad de las especies de gramíneas y leguminosas más frecuentes en las mezclas de pratenses utilizadas en la España húmeda, aludiendo a la buena ensilabilidad de las gramíneas frente a las leguminosas, en relación principalmente con la mayor presencia de carbohidratos de reserva. Mientras que, Weissbach (1999) establece que el porcentaje mínimo de materia seca (MS) para una correcta fermentación se incrementa a medida que disminuye la relación AZUCSOL/CT, según la expresión:  $MS_{min} = 45 - 8 * AZUCSOL/CT$ . Por su parte, las investigaciones realizadas por Martínez Fernández (2003) en su tesis doctoral, permitieron establecer que si bien el contenido en AZUCSOL es independiente de la edad de la planta, la CT disminuye al aumentar la edad de la planta.

Por otro lado, se sabe que una mala fermentación debida a deficiencias en el acondicionamiento, compactación o cierre del silo, contaminación con tierra o estiércol, a fallos humanos o mecánicos de cualquier tipo, no tiene solución y sólo se evita realizando bien el proceso. Ahora bien, una mala fermentación debida a problemas de ensilabilidad, puede prevenirse mediante aditivos que corrijan una escasez de AZUCSOL o un exceso de CT. Incluso pueden atenuar los efectos perjudiciales del exceso de humedad, ayudar en caso de escasez de bacterias lácticas y presencia de esporas butíricas e incluso mejorar la utilización digestiva y metabólica del ensilado.

Por todo ello, el objetivo del presente trabajo ha sido definir un índice de ensilabilidad adaptado a las características de los forrajes para ensilar en la Cornisa Cantábrica que nos permita tomar decisiones en cuanto al empleo de aditivos y que pueda justificar el coste adicional que supone la compra de los mismos.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Población de forrajes y determinaciones analíticas

Entre los años 2001 y 2010 se construyó una población de 208 forrajes destinados a ensilar y con parámetros de ensilabilidad conocida incluyendo monocultivos de raigrás italiano alternativo y no alternativo (N=20), maíz (N=20), triticale (N=27), haboncillos (N=33), soja (N=18) y asociaciones tales como triticale-haboncillos (N=12) y praderas de raigrás ita-

liano-trébol violeta (N=28) y de raigrás inglés-trébol blanco (N=50). Todas ellas, procedentes de diversos ensayos realizados en las fincas experimentales del SERIDA en Villaviciosa y Grado.

En todas las muestras, se determinaron como parámetros que definen la ensilabilidad de un forraje, el contenido en MS en el momento del corte por desecación en estufa de aire forzado a 102°C durante 24 h, los AZUCSOL presentes en la muestra sobre muestra desecada a 60°C y molida a 0,75 mm (Hoffman, 1937) y la CT, utilizando una alícuota de la muestra recién cotada en su estado natural (Playne y McDonald, 1966).

### Planteamiento estadístico

Se consideró como punto de partida de este trabajo, que el maíz y el triticale son forrajes de alta ensilabilidad (AE) y la soja lo es de baja ensilabilidad (BE). Estos criterios, están avalados por sus respectivas condiciones de gramíneas y leguminosas además de por las observaciones de campo y los valores de la Tabla 1, en la que se muestra la clasificación establecida por Martínez-Fernández (2003), según la cual se distinguen forrajes de alta, media y baja ensilabilidad en función de sus contenidos en MS, AZUCSOL y CT.

Tabla 1. Intervalos que definen la ensilabilidad de un forraje

Ensilabilidad	Materia seca (%)	Azúcares solubles (%MS)	Capacidad tampón (meq NaOH / 100g MS)
Alta	> 25	>15	< 25
Media	20-25	8-15	25-35
Baja	<20	<8	>35

Dado que el resto de cultivos forrajeros no pueden clasificarse a priori como de alta, o baja ensilabilidad, se estudió la posibilidad de obtener una clasificación estableciendo una combinación lineal de los valores de MS, AZUCSOL y CT, capaz de discriminar los valores extremos, maíz y triticale, y soja, y de establecer categorías intermedias entre ambos.

A continuación, tras asignar las muestras de maíz y triticale a la clase AE y las de soja a la clase BE, se efectuó un análisis discriminante mediante el procedimiento DISCRIM de SAS (1999), en función de MS, AZUCSOL y CT. Después, se evaluó su poder de discriminación entre la población de muestras de maíz y triticale y las de soja, para su posterior aplicación al resto de los forrajes. Se ordenaron de menor a mayor los intervalos de valores obtenidos, y se estudió la posibilidad de establecer categorías intermedias entre AE y BE.

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 2, se puede observar el amplio rango de variación existente para los tres parámetros que definen la ensilabilidad en todos los forrajes considerados. Este hecho pone de manifiesto que dependiendo de la variedad, clima, estado fenológico, dosis de abonado recibida, etc., la ensilabilidad de un forraje puede variar ampliamente.

La matriz de coeficientes de correlación obtenida entre MS, AZUCSOL y CT se ajustó a un mismo patrón para las muestras de maíz y triticale y las de soja, observándose una correlación positiva ( $p < 0,001$ ) entre la MS y AZUCSOL y negativa entre la MS y CT, si bien esta última solamente fue significativa ( $p < 0,001$ ) para maíz y triticale. El total de las 208 muestras se comportó de igual manera ( $p < 0,001$ ) en todos los casos. Estos resultados avalan

la posibilidad de que el establecimiento de una combinación lineal de los valores de MS, AZUCSOL y CT que tenga poder discriminante entre las muestras de maíz y triticale y las de soja, podría también aplicarse a la población general de forrajes.

**Tabla 2. Intervalos de materia seca, azúcares solubles y capacidad tampón de los diferentes forrajes que integran la población**

Especie o asociación	Materia seca (%)		Azúcares solubles (%MS)		Capacidad tampón (meq NaOH/ 100g MS)	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
Soja	17,73	27,41	3,86	10,90	41,13	56,50
Raigrás italiano Westerwold	11,47	23,19	6,40	33,96	28,51	56,20
Raigrás italiano-Trébol violeta	11,12	26,91	3,36	22,31	20,13	59,93
Raigrás inglés-Trébol blanco	10,22	42,94	3,11	17,54	12,80	65,96
Triticale + haboncillos	15,12	33,97	2,96	25,13	12,74	43,33
Haboncillos	14,18	25,11	9,37	23,40	15,36	45,00
Raigrás italiano	13,54	17,07	9,24	31,01	18,37	45,77
Maíz	20,67	35,15	11,83	25,30	11,65	19,40
Triticale	20,64	38,33	14,63	31,34	7,44	25,61

El análisis discriminante permitió clasificar el 100% de las muestras de maíz y triticale como de AE y el 100% de las de soja como de BE sin ninguna confusión, mediante las siguientes combinaciones lineales:

$$IAE = -61,5 + 2,76 * MS + 0,169 * AZUCSOL + 3,12 * CT$$

$$IBE = -213,8 + 4,73 * MS - 0,678 * AZUCSOL + 6,87 * CT$$

Cuanto mayor sea el índice de alta ensilabilidad (IAE) y menor el índice de baja ensilabilidad (IBE), mayor será la ensilabilidad del forraje. Estos criterios cualitativos podemos convertirlos en cuantitativos estimando la diferencia entre ambos valores extremos. A este nuevo parámetro lo podemos denominar índice de ensilabilidad (IE = IAE-IBE), y adoptaría la siguiente expresión:

$$IE = 152,29 - 1,97 * MS + 0,85 * AZUCSOL - 3,75 * CT$$

Si aplicamos el modelo desarrollado a la totalidad de la población de 208 forrajes, observamos que para el maíz y el triticale el IE es siempre superior a 28 y para la soja, es siempre inferior a -47. Por otro lado, el valor cero coincide con la media aritmética de las 208 muestras, lo que sugiere la existencia de una ensilabilidad de tipo medio. Teniendo en cuenta que los intervalos de cero a +28 y de cero a -47 son amplios, sería posible establecer rangos capaces de caracterizar diferentes aptitudes para ensilar. De esta forma, tendremos intervalos de alta ensilabilidad (IE>28), de ensilabilidad media-alta (14<IE<28), de ensilabilidad media (-24<IE<14), ensilabilidad media-baja (-47<IE<-24) y ensilabilidad baja (IE<-47) (Figura 1).

Tal y como se muestra en la Figura 1, el raigrás italiano, los haboncillos y las asociaciones se reparten entre las diversas categorías de forma lógica, de manera que las muestras de raigrás italiano suelen estar asociadas a buena ensilabilidad, mientras que las praderas oscilarán según su composición botánica.



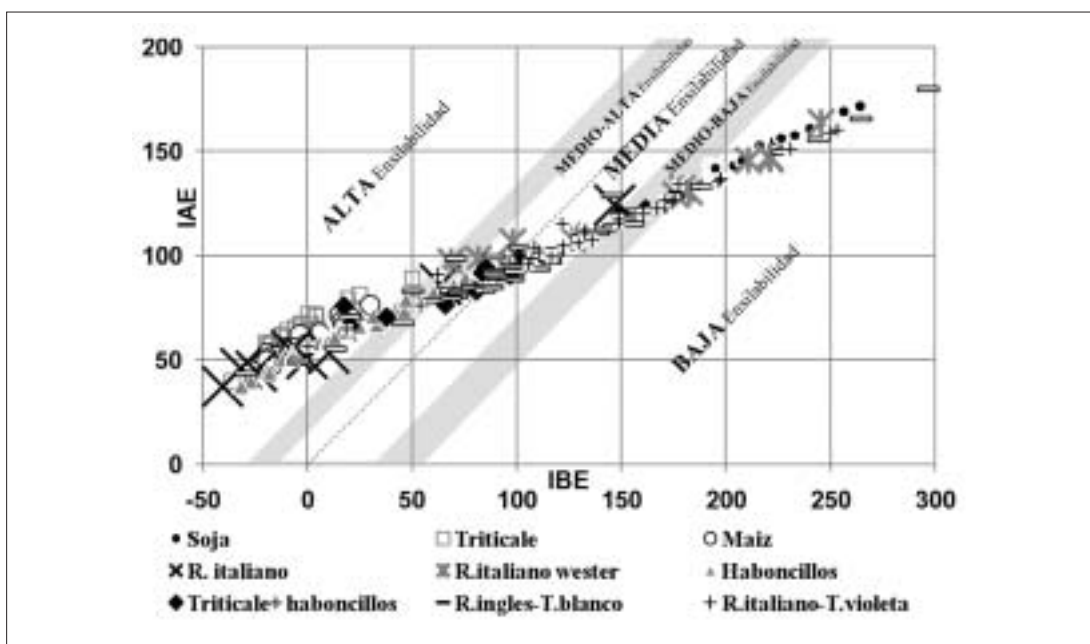


Figura 1. Distribución de la población de forrajes (N=208) en función de los índices de alta (IAE) y baja (IBE) ensilabilidad

## CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos nos han permitido concluir que la amplitud de los rangos de valores de materia seca, azúcares solubles y capacidad tampón de los forrajes que se pueden cosechar en Asturias ha permitido establecer un índice de ensilabilidad que puede dividirse en cinco rangos sucesivos desde baja a alta.

## Agradecimientos

Los autores desean expresar su agradecimiento a Alfonso Carballal, por su colaboración en el tratamiento estadístico de los datos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- HOFFMAN, W. S., 1937. A rapid photoelectric method for the determination of glucose in blood and urine. *Journal of Biological Chemistry*, **120**, 51-55.
- McDONALD, P.; HENDERSON, A. R.; HERON, S. J. E. 1991. *The Biochemistry of silage*. Chalcombe Publications, 340 pp. Chichester. (UK).
- MARTÍNEZ- FERNÁNDEZ, A., 2003. Ensilabilidad de especies pratenses en Asturias y su interacción con el uso de aditivos. Tesis Doctoral. Universidad de Oviedo. 450 pp.
- PLAYNE, M. J., McDONALD, P., 1966. The buffering constituents of herbage and of silage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **17**, 264-268.
- PIÑEIRO, J y PÉREZ, M., 1992. Mezclas pratenses para la España húmeda. *Hoja divulgativa 8/92*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 47 pp. Madrid (España).
- SAS, 1999. Statistical Analysis System. En: *SAS/STAT user's guide*. SAS Institute Inc. Cary, North Carolina (EEUU).
- WEISSBACH, F., 1999. Consequences of grassland de-intensification for ensilability and feeding value of herbage. *Landbauforschung Voelkenrode. Sonderheft*, **206**, 41-53.
- WOOLFORD, M. K., 1984. *The Silage Fermentation*. Marcel Dekker, Inc., 350 pp. New York (EEUU).

## DETERMINATION OF AN ENSILABILITY INDEX ADAPTED TO WET TEMPLATE AREAS USING A FORAGE POPULATION WITH KNOWN ENSILABILITY PARAMETERS

### SUMMARY

Forage ensilability depends on dry matter, water soluble carbohydrates and buffer capacity values at harvest time. Parameters such as, weather, season, chemical and botanical composition of forage and phenological stage, are factors which would change the epiphytic microflora of forage and the ensilability characteristics.

According to these criteria, and based on a collection of 208 forages of known ensilability including short and long term meadows, Italian ryegrass, maize, triticale, soybean, fava bean forages, and samples coming from cereal-legume associations, the objective of this study has been to define an ensilability index establishing a relationship between dry matter, water soluble carbohydrates and buffer capacity parameters, but adapted to the characteristics of fodder in wet temperate areas of northern Spain.

In this study a discriminant procedure, used to define an ensilability index based on a linear combination of dry matter content, water soluble carbohydrates and buffer capacity of forages at harvest time has been developed. This calculated index allows to distinguish five successive ranges of ensilability.

**Key words:** Dry matter, water soluble carbohydrates, buffer capacity.

# VALIDACIÓN DE LA TECNOLOGÍA NIRS COMO HERRAMIENTA PARA EL CONTROL DE CALIDAD DE FORRAJES

A. SOLDADO, A. MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ, F. VICENTE y B. DE LA ROZA-DELGADO \*

## RESUMEN

La calidad de los resultados analíticos es una necesidad para los laboratorios de análisis y se ha convertido en un factor decisivo para competir en un mercado cada vez más exigente. El establecimiento de un sistema control de calidad en el proceso industrial basado en el empleo de la tecnología NIRS está implantado en gran número de empresas agroalimentarias. Por ello, es imprescindible el reconocimiento de la competencia técnica de un laboratorio por un organismo acreditador, para proporcionar información de calidad, correcta y trazable. La Norma UNE-EN ISO/IEC 17025 recoge los requisitos generales exigibles a un laboratorio para que muestre competencia técnica.

En lo que respecta a la tecnología NIRS, ya ha sido reconocida su capacidad para complementar a los métodos analíticos tradicionales. Por todo ello, en el presente trabajo se ha planteado como objetivo validar esta tecnología como herramienta de control de calidad de forrajes mediante la participación en ejercicios de intercomparación. La comparación de los valores obtenidos por NIRS de las muestras disponibles con los correspondientes valores certificados, suministrados por un organizador oficial, ha permitido validar externamente a la tecnología NIRS, como un sensor eficaz para el control de calidad de muestras de forrajes.

**Palabras clave:** Ensayos de aptitud, sensores NIRS, parámetros de calidad de forrajes.

## INTRODUCCIÓN

La aceptación de los resultados de ensayo técnicamente válidos entre laboratorios plantea la necesidad de demostrar la competencia técnica de los mismos. Para ello deben realizar un control de calidad que les permita comparar sus resultados con laboratorios similares. En este sentido, la norma UNE-EN ISO/17025 (2005) recoge que *"el laboratorio debe tener procedimientos de control de calidad para realizar el seguimiento de la validez de los ensayos llevados a cabo"*. Una de las herramientas para evaluar la competencia técnica de los laboratorios es la participación de los mismos en ejercicios de intercomparación, cuyos resultados son evaluados conforme a métodos estadísticos definidos en la norma ISO 13528 (2005). Existen diferentes organismos nacionales e internacionales responsables de

---

\* Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario (SERIDA). Área de Nutrición Animal, Pastos y Forrajes. Apdo. 13. E-33300 Villaviciosa (España). [admartinez@serida.org](mailto:admartinez@serida.org)

la organización de estos ensayos de aptitud, que evalúan la calidad de los resultados analíticos obtenidos tanto por vía húmeda como por espectroscopía de reflectancia en el infrarrojo cercano (NIRS). El Bureau Inter Professionnel d'Etude Analytique (Bipea), creado en 1970, por iniciativa de las organizaciones profesionales de producción, almacenamiento y transformación de cereales y de fabricación de piensos para animales, es uno de estos organismos que en sus circuitos de comparación incluye la evaluación de forrajes frescos y conservados.

En lo que respecta a la tecnología NIRS, podemos decir en términos generales, que ya ha sido reconocida su capacidad para sustituir o complementar a los métodos analíticos tradicionales. Por otra parte, el uso de la misma para la optimización de sistemas de alimentación animal, mediante el control de calidad de forrajes y alimentos producidos en la propia explotación, implementa valor añadido en las producciones y sus comercializaciones y redundarían en una reducción de costes e inputs medioambientales. Su aplicación en la medida de la calidad de la dieta (Stuth y Tolleson, 2000), ingestibilidad y digestibilidad (de la Roza *et al.*, 2002; Soldado *et al.*, 2004), contenido en proteína, humedad, grasa, fibra, y demás parámetros nutritivos (Martínez *et al.*, 2004; de la Roza *et al.*, 2006) en alimentos para animales ha sido ampliamente demostrado. Por ello, el objetivo del presente trabajo ha sido validar la tecnología NIRS como herramienta de control de calidad de forrajes a través de la participación en ejercicios de intercomparación.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Se utilizaron todas las muestras de forrajes verdes y conservados, procedentes de las rondas de intercomparación Bipea de los años 2006 a 2010 que se analizaron en el Laboratorio de Nutrición del SERIDA. El conjunto, constituido por 23 muestras diferentes, incluía forrajes verdes, henos de gramíneas y pradera, henolajes, ensilados de hierba, maíz y cereales inmaduros. Para el análisis de las muestras, se procedió a determinar diversos parámetros relacionados con el valor nutritivo (*Tabla 1*) por vía húmeda y por NIRS, de acuerdo con los procedimientos acreditados por ENAC (Acreditación N° LE 430/930) para este laboratorio. Los resultados fueron aceptados, en función del intervalo de tolerancia marcado por el organizador del ejercicio, teniendo en cuenta el valor de la Z-score, considerando valores válidos aquellos con una Z-score  $\leq 2$ . Siendo  $Z = (x_i - \mu) / \sigma$  donde  $x_i$  es el resultado obtenido por vía húmeda o NIRS,  $\mu$  es el valor asignado como referencia, y  $\sigma$  es la desviación estándar que define la variabilidad aceptable. Para la validación global de la tecnología NIRS, los datos fueron contrastados mediante un test de comparación de medias.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la *Tabla 1* se presentan los intervalos de variación para cada parámetro considerando los tres orígenes: vía húmeda, datos predichos por NIRS y valor certificado asignado por Bipea.

En lo que se refiere al rango de materia seca, cabe destacar que su amplia variabilidad viene marcada por la presencia de forrajes en su estado húmedo (ensilados) o desecados. Con respecto a los forrajes verdes, Bipea suministra las muestras desecadas y molidas. Todos los parámetros presentan gran variabilidad, debido a los diferentes tipos de muestra considerados. El contenido en almidón corresponde exclusivamente a muestras de maíz forrajero y a ensilados de maíz y cereales inmaduros. Particularizando en referencias individuales los valores obtenidos por las tres vías (húmeda, predichos NIRS y valores certificados) y expresados en  $\text{g kg}^{-1}$  MS para un ensilado de maíz fueron los siguientes: CZ: 42,8 vs 41,7 vs 43,3; PB: 64,3 vs 67,6 vs 65,1; FND: 398 vs 398 vs 403; FB: 180 vs 187 vs 183; ALM: 371 vs 382 vs 353, respectivamente. Para un forraje verde desecado y molido los valores

**Tabla 1. Intervalos de variación de los parámetros de calidad de forrajes evaluados por vía húmeda, NIRS y valores certificados (g kg<sup>-1</sup> MS)**

	Valor Vía húmeda		Valor NIRS		Valor certificado	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
Materia seca (MS)	241	941	242	942	242	939
Cenizas (CZ)	25,3	116	35,4	115	39,0	123
Proteína bruta (PB)	61,4	125	61,5	126	62,3	125
Fibra neutro detergente (FND)	363	673	340	674	376	665
Fibra bruta (FB)	156	366	165	365	168	359
Almidón (ALM)	244	371	235	382	270	353

fueron: CZ: 99,4 vs 98,5 vs 102; PB: 112 vs 115 vs 114; FND: 579 vs 567 vs 575, respectivamente.

En la *Tabla 2* se reflejan los resultados de las comparaciones estadísticas entre los datos predichos por NIRS, los valores de referencia vía húmeda y los valores certificados por Bipea para el conjunto de los forrajes.

**Tabla 2. Nivel de significación estadística de la prueba t de Student para la comparación de medias emparejadas: NIRS vs Vía húmeda y NIRS vs Valor certificado**

Valor NIRS	Valor vía húmeda	Valor Certificado
Materia seca (MS)	NS	NS
Cenizas (CZ)	NS	0,011
Proteína bruta (PB)	NS	NS
Fibra neutro detergente (FND)	NS	NS
Fibra bruta (FB)	0,002	NS
Almidón (ALM)	NS	NS

NS: no significativo

Con respecto a la comparación entre los valores obtenidos por NIRS y los de referencia vía húmeda, no se aprecian diferencias significativas, excepto para el parámetro de fibra bruta. Sin embargo, los valores medios para la fibra bruta son de 239 g kg<sup>-1</sup> MS vs 231 g kg<sup>-1</sup> MS para los datos NIRS y vía húmeda, respectivamente. Ello, sugiere una diferencia inferior a una unidad porcentual en términos absolutos, que en materia de nutrición animal no se considera alarmante. Además, la comparación con el valor certificado no resultó significativo (239 g kg<sup>-1</sup> MS vs 237 g kg<sup>-1</sup> MS), como tampoco se presentaron diferencias estadísticas entre el valor de vía húmeda y el certificado.

En lo referente a la determinación de cenizas, es conocido que la tecnología NIRS presenta algunas limitaciones relacionadas con su reducida sensibilidad para estimación de componentes minerales. En la región NIRS, la radiación es absorbida por diferentes uniones químicas, tales como C-H, N-H, S-H, C-O y O-H, presentes en la materia orgánica de las muestras (Guerrero *et al.*, 2007). De ahí, que la medida del contenido mineral por NIRS se efectúe de modo indirecto por las uniones de minerales con la materia orgánica y como resultado se puede perder exactitud en la predicción. En general los valores predichos por NIRS infravaloran el contenido en cenizas de los forrajes, 68 g kg<sup>-1</sup> MS vs 70 g kg<sup>-1</sup> MS vs 74 g kg<sup>-1</sup> MS, para NIRS, laboratorio y valor certificado, respectivamente; no obstante un análisis de residuales no muestra sesgo en la predicción. Por otra parte, resulta necesario

hacer notar que la recolección de forrajes conlleva en ocasiones contaminación con tierra, no cuantificable por NIRS. Por otro lado, las ecuaciones NIRS empleadas están previamente validadas y presentan estadísticos que garantizan una correcta predicción para su uso en rutina con coeficientes de determinación de validación comprendidos entre 0,78 y 0,91 y errores de validación de la predicción entre 0,24 y una unidad porcentual, según parámetros.

## CONCLUSIONES

La participación en ensayos de intercomparación, con muestras certificadas tras los estudios de estabilidad y homogeneidad, caracterizadas por diferentes laboratorios y suministradas por un organizador oficial, ha permitido validar externamente, la tecnología NIRS como un sensor eficaz para el control de calidad de muestras de forrajes

## Agradecimientos

Los autores desean expresar su agradecimiento al INIA por la financiación de los proyectos INIA RTA2008-00113-C02 e INIA RTA2010-00128-00, así como al personal técnico del Laboratorio de Nutrición del SERIDA por su colaboración.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DE LA ROZA, B.; MARTÍNEZ, A.; MODROÑO, S.; ARGAMENTERÍA, A., 2002. Measurements of metabolic parameters in lactating dairy cows with near infrared reflectance spectroscopy analysis using cattle faecal samples. En: *Near Infrared Spectroscopy: Proceedings of the 10th International Conference*, A.M.C. DAVIES y R. K. CHO (Eds.). NIRS Publications. Chischester (UK), 371-374.
- DE LA ROZA-DELGADO, B.; SOLDADO, A.; MARTÍNEZ FERNÁNDEZ, A.; VICENTE, F.; MODROÑO, S., 2006. NIRS as a tool to predict nutritive quality of raw Total Mixed Rations with silages incorporated. En: *Sustainable Grassland Productivity Grassland Science in Europe*, J. LLOVERAS *et al.* (Eds.). Artes Gráficas Marcipa. Badajoz (España), 571-573.
- GUERRERO, C.; MATAIX-SOLERA, J.; ARCENTEGUIR, V.; MATAIX-BENEYTO, J.; GÓMEZ, I., 2007. Near-infrared spectroscopy to estimate the maximum temperatures reached on Borneo soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* **71(3)**, 1029-1037.
- ISO 13528. 2005. Statistical methods for use in proficiency testing by interlaboratory comparisons. Ed. International Organization for Standardization.
- MARTÍNEZ, A.; MARTÍNEZ, S.; FERRERO, I.; FERNÁNDEZ, O.; MODROÑO, S.; JIMENO V.; SOLDADO, A.; PÉREZ-HUGALDE, C.; FUENTES-PILA, J.; DE LA ROZA, B., 2004. The potencial of calibration transfer to quality control of undried Maize silage. En: *Near Infrared Spectroscopy: Proceedings of 11th International Conference on Near Spectroscopy*. A.M.C. DAVIES Y A. GARRIDO-VARO (Eds.). NIRS Publications. Chischester (UK), 285-290.
- SOLDADO, A.; DE LA ROZA, B.; MARTÍNEZ, A.; MODROÑO, S.; VICENTE, F.; ARGAMENTERÍA, A., 2004. NIRS: a tool to predict ruminal degradability in feedstuffs. En: *Near Infrared Spectroscopy: Proceedings of 11th International Conference on Near Spectroscopy*. A.M.C. DAVIES Y A. GARRIDO-VARO (Eds.). NIRS Publications. Chischester (UK), 679-684.
- STUTH, J.W.; TOLLESON, D.R., 2000. *Monitoring the nutritional status of grazing animals using near infrared spectroscopy*. *Compendium on continuing Ed. For the Pract. Vet.* **22**, S108-S115.
- UNE-EN ISO/IEC 17025. 2005. Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración. Ed. AENOR. 37 pp. Madrid (España).

## VALIDATION OF NIRS TECHNOLOGY AS A FORAGE QUALITY CONTROL TOOL

### SUMMARY

The quality in analytical results plays a key role and it is a decisive factor to compete in an increasingly demanding market. The establishment of a quality control system on industrial processes based on NIRS technology is common in many food companies. Therefore, the recognition of the expertise to a laboratory by an Accreditation Body is essential to provide accurate and traceable information on quality. UNE-EN ISO / IEC 17025 standard shows the international requirements to be met by competent testing laboratories.

With respect to the NIRS technology, it has been recognized, for its ability to replace or supplement traditional analytical methods. Therefore, this work aim was to validate NIRS technology as a tool for forage quality control through participation in collaborative assay exercises. The comparison of NIRS predicted data with the certified values, on samples supplied by official organizers has allowed to externally validate NIRS technology, as an effective sensor for quality control of forages samples.

**Key words:** Collaborative assays, NIRS sensors, quality parameters of forages.





# APLICACIÓN DE LA TÉCNICA NIRS PARA LA ESTIMACIÓN DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL SORGO FORRAJERO, PASTO DEL SUDÁN E HÍBRIDOS DE SORGO X PASTO DEL SUDÁN

M.J. BANDE-CASTRO<sup>1,2</sup>, S. PEREIRA-CRESPO<sup>1</sup>, N. DÍAZ-DÍAZ<sup>1</sup> y J. PIÑEIRO-ANDIÓN<sup>1,2</sup>

## RESUMEN

Entre los ganaderos de vacuno de leche de Galicia existe una creciente preocupación por encontrar un cultivo forrajero de verano que sustituya al maíz en zonas con veranos más secos. Experiencias previas realizadas en Galicia y el conocimiento existente en Cataluña, donde el sorgo forrajero es un cultivo de secano importante para ensilar, permiten pensar en éste como cultivo adecuado para sustituir al maíz en estas zonas, por lo que se han establecido ensayos para evaluar el material disponible en el mercado. El conocimiento de su composición química, fundamental para evaluar su valor nutritivo, requiere el análisis de un gran número de muestras lo que ralentiza y encarece el proceso. El objetivo de este trabajo fue conocer la capacidad predictiva de las ecuaciones de calibración desarrolladas mediante NIRS para estimar algunos de los parámetros de composición química del sorgo y sus híbridos. Se obtuvieron coeficientes de determinación de la calibración superiores a 0,88 para todos los parámetros, con valores de RPD y RER aceptables. Por lo tanto, las ecuaciones obtenidas se consideran apropiadas para el análisis de sorgo, aunque susceptibles de mejorarse mediante la ampliación del grupo de calibración con nuevas muestras procedentes de otros estados fenológicos, localidades y años.

**Palabras clave:** ecuación de calibración, *Sorghum bicolor*, *Sorghum sudanense*, *Sorghum bicolor* x *Sorghum sudanense*.

## INTRODUCCIÓN

El maíz forrajero (*Zea mays* L.), que representa el cultivo de verano más utilizado en las explotaciones de vacuno de leche de Galicia (Fernández-Lorenzo *et al.*, 2009), no puede expresar todo su potencial productivo en zonas de veranos muy secos. Este hecho se ha puesto de manifiesto de una forma generalizada en años de verano especialmente seco como ha sido el presente 2010, en el que se ha observado que las temperaturas máximas y medias alcanzadas aumentaron entorno a 2 °C respecto a los últimos 5 años. En base a experiencias

<sup>1</sup> Centro de Investigacións Agrarias de Mabegondo (CIAM), Instituto Galego de Calidade Alimentaria (INGACAL). Apartado 10. E-15080 A Coruña (España).

<sup>2</sup> Departamento de Producción Vexetal. Universidade de Santiago de Compostela. Campus Universitario s/n. E-27002 Lugo (España).

realizadas en la década de los noventa con híbrido de sorgo por pasto del Sudán (*Shorghum bicolor* x *Sorghum sudanense*) (Piñeiro y Pérez, 1996 y 1997), se ha decidido retomar de nuevo el estudio de este cultivo de verano como alternativa al maíz forrajero. El sorgo forrajero (*Shorghum bicolor*), que incluye los híbridos de sorgo x pasto del Sudán y se utiliza fundamentalmente en forma de ensilado, es un cultivo de secano importante en Cataluña (Serra Gironella *et al.*, 2008), donde se siembra cerca del 60% del conjunto de sorgos cultivados en España (Pujol, 2008), lo que puede ser un buen referente para Galicia. El conocimiento de su composición química, fundamental para evaluar su valor nutritivo, requiere el análisis de un gran número de muestras lo que utilizando métodos analíticos convencionales ralentiza y encarece el proceso. La tecnología NIRS ha demostrado ser una técnica analítica de gran versatilidad, rapidez, eficacia y con un bajo coste. El objetivo de este trabajo fue conocer la capacidad predictiva de las ecuaciones de calibración desarrolladas mediante Espectroscopía de Reflectancia en el Infrarrojo Cercano (NIRS) para estimar algunos de los parámetros de composición química del sorgo forrajero, pasto del sudan y sus híbridos. Los parámetros estudiados fueron materia orgánica (MO), proteína bruta (PB), fibra ácido detergente (FAD), fibra neutro detergente (FND), y carbohidratos no estructurales (CNET) y solubles en agua (CSA).

## MATERIAL Y MÉTODOS

El material vegetal proviene de los ensayos de campo realizados en Mabegondo (zona atlántica de la provincia de A Coruña, 100 m de altitud) y Pobra do Brollón (zona sur de la provincia de Lugo, 400 m de altitud) durante el año 2009. Se utilizaron 18 variedades comerciales de sorgo forrajero (*Sorghum bicolor* L. cv 'Moench'), pasto del sudán (*Sorghum sudanense* Piper cv 'Stapf') e híbridos (*Sorghum bicolor* L. cv 'Moench' x *Sorghum sudanense* Piper cv 'Stapf') sembradas el 2 de junio en Pobra do Brollón y el 18 de junio en Mabegondo en un diseño en bloques al azar con cuatro repeticiones. Las plantas de cada repetición fueron aprovechadas en dos cortes, el primero se realizó cuando presentaban el 10% de floración y el segundo en la misma fecha para cada localidad (2 y 22 de octubre), para observar el rebrote, obteniendo un total de 288 muestras.

El contenido de materia seca (MS) de las muestras se determinó por desecación en estufa de aire forzado a 80 °C durante 16 horas (Castro, 1996). Sobre las muestras secas y molidas a 1 mm, se realizaron las determinaciones de contenido en humedad residual y cenizas (CZ) en un analizador termogravimétrico TGA-601 con rangos de temperatura programados a 100 y 475 °C respectivamente y O<sub>2</sub> como gas para el proceso de combustión (LECO Co., Michigan, USA), siendo expresada la materia orgánica (MO) como 100-CZ corregidas por la humedad residual; nitrógeno (N) por digestión Kjeldhal y determinación colorimétrica del ión NH<sub>4</sub><sup>+</sup> en un Autoanalizador Bran+Luebbe, método nº G-188-97 Rev. 2 (Bran+Luebbe, Analyser Division, Norderstedt, Germany), multiplicándolo por el factor 6,25 para la determinación del contenido de proteína bruta (PB); fibra ácido detergente (FAD) y fibra neutro detergente (FND) según Goering y Van Soest (1970) determinadas por separado en un digestor Fibertec (Foss Tecator AB, Suecia); y carbohidratos no estructurales totales (CNET) y solubles en agua (CSA) según Castro (2000) determinados por separado mediante colorimetría en un Autoanalizador Bran+Luebbe. La MS se expresó en % sobre materia fresca y el resto de parámetros en % sobre MS.

Para el análisis por Espectroscopía de Reflectancia en el Infrarrojo Cercano (NIRS) se procedió a la recogida de los espectros de reflectancia ( $\log 1/R$  vs  $\lambda$ ) de todas las muestras desecadas y molidas por duplicado en un espectrofotómetro monocromador Foss NIRSystem 6500 (Foss NIRSystem, Silver Spring, Washington, USA) provisto de módulo de giro y situado en cámara isoterma. Para los procesos de calibración y validación externa se utilizó el espectro medio abarcando la región del visible-infrarrojo cercano en un rango de longitud

de onda entre 400 y 2500 nm, con lecturas a intervalos de 2 nm. La recogida de los datos espectrales y el análisis quimiométrico de los mismos se llevó a cabo mediante el programa WinISI II v. 1.5 (Infrasoft International, Port Matilda, PA, USA, 2000), con la metodología para el desarrollo y la validación de las calibraciones NIRS descrito por Mark y Workman (1991), Shenk y Westerhaus (1995 y 1996) y Williams y Sobering (1996).

La selección de las muestras representativas del grupo de calibración se realizó utilizando el algoritmo SELECT basado en el análisis por componentes principales, que elige muestras espectralmente diferentes (Shenk y Westerhaus, 1991), acotando a 100 y 15 las muestras a seleccionar para calibración y validación respectivamente, debido a la limitación existente para la realización de las determinaciones por vía húmeda en el laboratorio.

Para el desarrollo de las ecuaciones de calibración NIR se trataron los espectros mediante SNV-Detrend (Tipificación de la absorbancia y corrección de la tendencia) (Barnes *et al.*, 1989) para corregir los efectos de dispersión de la luz. Se utilizó el método estadístico MPLS (mínimos cuadrados parciales modificados) realizando la regresión entre los datos espectrales y los de referencia. Se aplicaron tres procedimientos matemáticos: los espectros sin derivar, la 1ª y 2ª derivada, eliminando las muestras anómalas. La validación externa se realizó mediante regresión lineal entre los resultados predichos por NIRS y los datos obtenidos por los métodos de referencia en el laboratorio.

Las mejores ecuaciones se seleccionaron atendiendo a los valores más bajos de error estándar de calibración (SEC), error estándar de validación cruzada (SECV) y error estándar de validación (SEP). También se tuvieron en cuenta los valores más elevados de los coeficientes de determinación en calibración ( $R^2$ ) y en validación ( $r^2$ ) y los valores del índice RPD o relación entre la desviación estándar (SD) de los datos de referencia y el SECV y el índice RER o relación entre el rango de los datos de referencia y el SECV (Williams y Sobering, 1996).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la *Tabla 1* se muestran los valores mínimo, máximo, medio y la desviación estándar (SD) de los contenidos de los parámetros nutritivos, analizados por los métodos de referencia en los grupos de muestras de calibración y validación externa.

*Tabla 1. Rango de variación, valor medio y desviación estándar en los contenidos de los parámetros nutritivos en muestras de sorgo forrajero, pasto del Sudán e híbridos de sorgo x pasto del Sudán*

Componente (%MS)	Grupo	n	Mínimo	Máximo	Media	SD
MO	Calibración	100	83,50	95,67	92,32	2,22
	Validación	15	87,14	94,65	93,33	2,26
PB	Calibración	100	4,15	15,05	7,88	2,59
	Validación	15	4,53	16,84	7,62	3,57
FAD	Calibración	100	32,61	43,08	37,15	2,53
	Validación	15	33,16	41,74	36,86	2,69
FND	Calibración	100	48,05	73,52	65,67	4,51
	Validación	15	52,38	72,35	66,11	5,42
CNET	Calibración	100	3,93	23,37	10,89	4,65
	Validación	15	5,93	20,63	13,74	5,40
CSA	Calibración	100	2,89	22,91	9,70	4,54
	Validación	15	5,30	18,01	12,87	4,79

n: Número de muestras; SD: Desviación estándar; MO: Materia orgánica; PB: Proteína bruta; FAD: fibra ácido detergente; FND: fibra neutro detergente; CNET: carbohidratos no estructurales; CSA: carbohidratos solubles en agua.

En la *Tabla 2* se resumen los estadísticos de calibración y validación obtenidos al aplicar el método de regresión MPLS y diferentes combinaciones de transformaciones matemáticas, con la finalidad de ver la que conduce a la obtención de mejores ecuaciones de calibración para cada uno de los parámetros estudiados; ya que el tratamiento quimiométrico de los datos permite desarrollar diferentes ecuaciones de calibración NIRS para cada parámetro.

*Tabla 2. Estadísticos de calibración y validación para la estimación de parámetros nutritivos en muestras de sorgo forrajero, pasto del Sudán e híbridos de sorgo x pasto del Sudán*

Componente (%MS)	Tratamiento matemático	Calibración					Validación	
		R <sup>2</sup>	SEC	SECV	RPD	RER	r <sup>2</sup>	SEP
MO	Log 1/R (0,0,1,1)	0,96	0,47	0,53	4,16	22,81	0,92	0,64
	SNV-D+1D(1,4,4,1)	0,99	0,34	0,47	4,73	25,91	0,95	0,59
	SNV-D+1D(1,10,5,1)	0,99	0,36	0,47	4,74	25,96	0,95	0,56
	<b>SNV-D+2D(2,4,4,1)</b>	<b>0,99</b>	<b>0,18</b>	<b>0,40</b>	<b>5,59</b>	<b>30,67</b>	<b>0,96</b>	<b>0,52</b>
	SNV-D+2D(2,10,5,1)	0,99	0,30	0,42	5,29	28,98	0,95	0,62
PB	Log 1/R (0,0,1,1)	0,97	0,45	0,48	5,36	22,55	0,96	1,00
	SNV-D+1D(1,4,4,1)	0,98	0,33	0,43	6,05	25,47	0,97	0,82
	SNV-D+1D(1,10,5,1)	0,98	0,33	0,42	6,14	25,84	0,97	0,81
	SNV-D+2D(2,4,4,1)	0,99	0,26	0,41	6,36	26,75	0,97	0,86
	<b>SNV-D+2D(2,10,5,1)</b>	<b>0,99</b>	<b>0,28</b>	<b>0,39</b>	<b>6,63</b>	<b>27,88</b>	<b>0,97</b>	<b>0,76</b>
FAD	Log 1/R (0,0,1,1)	0,84	0,93	1,05	2,41	9,97	0,84	1,05
	SNV-D+1D(1,4,4,1)	0,82	1,00	1,11	2,27	9,39	0,80	1,17
	SNV-D+1D(1,10,5,1)	0,81	1,02	1,13	2,24	9,27	0,78	1,21
	<b>SNV-D+2D(2,4,4,1)</b>	<b>0,88</b>	<b>0,82</b>	<b>0,98</b>	<b>2,58</b>	<b>10,67</b>	<b>0,82</b>	<b>1,12</b>
	SNV-D+2D(2,10,5,1)	0,91	0,72	1,02	2,49	10,31	0,75	1,33
FND	Log 1/R (0,0,1,1)	0,94	1,11	1,30	3,47	19,62	0,95	0,94
	SNV-D+1D(1,4,4,1)	0,97	0,71	0,92	4,92	27,77	0,93	1,10
	<b>SNV-D+1D(1,10,5,1)</b>	<b>0,97</b>	<b>0,75</b>	<b>0,90</b>	<b>5,03</b>	<b>28,41</b>	<b>0,93</b>	<b>1,12</b>
	SNV-D+2D(2,4,4,1)	0,98	0,65	0,95	4,73	26,69	0,93	1,06
	SNV-D+2D(2,10,5,1)	0,97	0,80	1,09	4,14	23,38	0,95	0,93
CNET	Log 1/R (0,0,1,1)	0,96	0,89	1,00	4,67	19,53	0,96	1,25
	SNV-D+1D(1,4,4,1)	0,97	0,79	0,95	4,88	20,41	0,98	0,86
	SNV-D+1D(1,10,5,1)	0,98	0,66	0,78	5,96	24,90	0,98	0,78
	SNV-D+2D(2,4,4,1)	0,98	0,71	1,00	4,67	19,52	0,99	0,68
	<b>SNV-D+2D(2,10,5,1)</b>	<b>0,98</b>	<b>0,62</b>	<b>0,76</b>	<b>6,09</b>	<b>25,45</b>	<b>0,99</b>	<b>0,63</b>
CSA	Log 1/R (0,0,1,1)	0,99	0,53	0,63	7,21	31,78	0,97	0,92
	SNV-D+1D(1,4,4,1)	0,99	0,45	0,57	8,01	35,30	0,99	0,56
	<b>SNV-D+1D(1,10,5,1)</b>	<b>0,99</b>	<b>0,45</b>	<b>0,55</b>	<b>8,33</b>	<b>36,73</b>	<b>0,99</b>	<b>0,55</b>
	SNV-D+2D(2,4,4,1)	0,99	0,48	0,66	6,85	30,20	0,99	0,48
	SNV-D+2D(2,10,5,1)	0,99	0,49	0,61	7,45	32,87	0,99	0,55

R: Reflectancia; SNV-D: Tipificación de la absorbancia y corrección de la tendencia; 1D: Primera derivada; 2D: Segunda derivada; N: N° de muestras; SD: Desviación estándar; r<sup>2</sup>: Coeficiente de determinación; SEP: Error estándar de validación, MO: Materia orgánica, PB: Proteína bruta, FAD: fibra ácido detergente, FND: fibra neutro detergente, CNET: carbohidratos no estructurales, CSA: carbohidratos solubles en agua.

Las ecuaciones NIRS fueron seleccionadas teniendo en cuenta los mejores estadísticos de R<sup>2</sup> y SECV (Shenk y Westerhaus, 1996; Garrido *et al.*, 1996) y otros estadísticos

(RPD y RER), de interés desde el punto de vista del uso de una ecuación en particular a nivel de industria (Williams y Sobering, 1996).

Para los distintos tratamientos utilizados, los coeficientes de determinación en el proceso de calibración ( $R^2$ ), que ofrecen información sobre la calidad de la calibración, variaron entre 0,88 para FAD, y 0,99 para MO, PB y CSA. Shenk y Westerhaus (1996) indican que las ecuaciones NIRS con un coeficiente de determinación superior a 0,9 poseen una precisión excelente y una buena precisión con valores entre 0,5 y 0,9. Según Williams (2003) se definen siete niveles de precisión de la calibración basándose en los valores de  $R^2$ : entre 0,50 y 0,65 indica que se puede hacer la discriminación entre valores altos y bajos; entre 0,66 y 0,81 se pueden hacer predicciones aproximadas; entre 0,82 y 0,90 se obtienen buenas predicciones y los modelos que tienen valores por encima de 0,91 se consideran excelentes. En nuestras ecuaciones obtenemos una calibración excelente para todos los parámetros excepto para FAD.

Los errores estándar de validación cruzada (SECV), ligeramente superiores a los de calibración (SEC), oscilaron entre 0,39 para PB y 0,98 para FAD. En validación externa, los bajos errores estándar de predicción (SEP), entre 0,52 para MO y 1,12 para FAD y FND, y los elevados coeficientes de determinación ( $r^2$ ) que alcanzan valores superiores a 0,9 en todos los parámetros a excepción de la fibra ácido detergente (0,82), confirman las adecuadas correlaciones obtenidas para la predicción de los parámetros estudiados.

Para evaluar la precisión y exactitud de las predicciones de las ecuaciones se utiliza el índice RPD. Los valores superiores a 3, valor mínimo recomendable por Williams y Sobering (1996) confirman la elevada precisión de las calibraciones desarrolladas para todos los componentes excepto FAD. Si el valor se encuentra entre 2,5 y 3 la calibración es buena y si se encuentra entre 2,5 y 2 la calibración es aceptable para análisis cuantitativos y cualitativos respectivamente.

También se evaluó la utilidad práctica de los modelos mediante el índice RER, indicando un alto valor de utilidad para valores superiores a 10 (Williams, 1987). En nuestro caso todos los parámetros presentan un valor mayor, por lo que se confirma la alta precisión de las ecuaciones desarrolladas.

## CONCLUSIONES

Los resultados muestran una alta correlación entre los valores estimados por NIRS y los valores obtenidos por vía húmeda en el laboratorio, tanto en calibración como en validación. Se confirma que el NIRS es una técnica suficientemente precisa y apropiada para la predicción de los parámetros de composición química estudiados. La ampliación del grupo de calibración con más muestras procedentes de otros estados fenológicos, localidades y años posteriores podrá aumentar la robustez y la exactitud de las calibraciones.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARNES, R.J.; DHANOA, M.S.; LISTER, S.J., 1989. Standard normal variate transformation and De-trending of Near-infrared Diffuse Reflectance Spectra. *Applied Spectroscopy*, **43**, 772-777.
- CASTRO, P., 1996. Efecto de tres temperaturas de secado sobre la composición química de forrajes y heces. *Actas de la XXXVI Reunión Científica de la SEEP*, 365-368.
- CASTRO, P., 2000. Determinación de carbohidratos no estructurales en forrajes. En: *III Reunión Ibérica de Pastos y Forrajes*. Consellería de Agricultura, Gandería e Política Agroalimentaria (Ed.). Santiago de Compostela (España), 447-453.

- FERNÁNDEZ-LORENZO, B.; DAGNAC, T; GONZÁLEZ-ARRÁEZ, A.; VALLADARES, J.; PEREIRA-CRESPO, S.; FLORES, G., 2009. Sistema de producción de leche en Galicia. Evolución y estado actual. *Pastos*, **39** (2), 251-294.
- GARRIDO, A.; GÓMEZ, A.; GUERRERO, J.E.; FERNÁNDEZ, V., 1996. NIRS: Una tecnología de apoyo para un servicio integral en Alimentación Animal. En: *Avances en Alimentación y Nutrición Animal*, P. GARCÍA et al. (Eds.). FEDNA, 275-300.
- GOERING, H.K.; VAN SOEST, P.J., 1970. *Forage fibre analysis: apparatus, reagents, procedures and some applications*. U.S.D.A. Agriculture Handbook nº 379, 20 pp. EEUU.
- MARK, H.; WORKMAN, I., 1991. *Statistics in Spectroscopy*. Academic Press, 313pp. San Diego, California (EEUU).
- PIÑEIRO ANDION, J.; PEREZ FERNANDEZ, M., 1996. Siembra directa de las rotaciones de maíz o sorgo-raigrás italiano en dos localidades de Galicia. *Actas de la XXXVI Reunión Científica de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos*, 245-249.
- PIÑEIRO ANDION, J.; PEREZ FERNANDEZ, M., 1997. Complementariedad de las rotaciones maíz/sorgo-raigrás italiano con las praderas de raigrás italiano-trébol violeta. En: *Actas de la XXXVII Reunión Científica de la SEEP*, 183-190.
- PUJOL, M., 2008. El sorgo. En: *Les plantes cultivades. 1. Cereals*, M. PUJOL (Ed.). Imprès a Romayá Valls, S.A. Capellades-Barcelona (España), 431-465.
- SERRA GIRONELLA, J.; CAPELLADES PERICAS, G.; SALVIA FUENTES, J.; ARAGAY BENERÍA, M., 2008. Adaptación y valor nutritivo de variedades de sorgo forrajero (*Sorghum bicolor* L. Moench) "Brown midrib" con diferente sensibilidad al fotoperiodo, en el nordeste de Cataluña. *Pastos*, **38** (1), 65-73.
- SHENK, J.S.; WESTERHAUS, M.O., 1991. Population structuring of near infrared spectra and modified partial least square regression. *Crop Science*, **31**, 1548-1555.
- SHENK, J.S.; WESTERHAUS, M.O., 1995. *Routine operation, calibration, development and network system management manual*. NIRSystems, Inc., Silver Spring, MD (USA), 247-277.
- SHENK, J.S.; WESTERHAUS, M.O., 1996. Calibration the ISI way. En: *Near Infrared Spectroscopy: The Future Waves*. Davies A.M.C., Williams P.C. (Eds.). NIR Publications, Chichester (Reino Unido), 198-202.
- WILLIAMS, P.C., 1987. Variables affecting near-infrared reflectance spectroscopic analysis. En: *Near-infrared Technology in the Agricultural and Food Industries*. Williams P.C., Norris K.H. (Eds.). American Association of Cereal Chemists, St. Paul, Minnesota (USA), 143-167.
- WILLIAMS, P.C., 2003. Near Infrared Technology-Getting the best out of light. En: *A Short Course in the Practical Implementation of Near Infrared Spectroscopy for the User*. PDK Projects Inc., Nanaimo (Canada), 109.
- WILLIAMS, P.C.; SOBERING, D.C., 1996. How do we do it: a brief summary of the methods we use in developing near infrared calibrations. En: *Near Infrared Spectroscopy: The Future Waves*. Davies A.M.C., Williams P.C. (Eds.). NIR Publications, Chichester, UK, 185-188.
- WinISI 1.5, 2000. *ISI WINDOWS Near-Infrared Software, The Complete Software Solution for Routine Analysis, Robust Calibration and Networking*, ISI (Infrasoft International), LLC, Port Matilda, PA, USA.

## USE OF NIRS TECHNIQUE TO ESTIMATE CHEMICAL COMPOSITION FORAGE SORGHUM, SUDAN GRASS AND HYBRID SORGHUM X SUDAN GRASS

### SUMMARY

Forage maize is experiencing growth problems in the dryer areas of Galicia (NW Spain) and farmers are looking for a summer annual crop to replace it. Previous trials done in Galicia and the existing knowledge in Cataluña (NE Spain), where shorgum is a rainfed important crop to make silage, indicate that sorghum and their hybrids may be an adequate crop to replace forage maize in those areas. This led to the establishment of new trials to get information about the value for cultivation and use of the varieties available at present. To know its nutritive value, a large number of analysis are needed, and techniques as NIRS have to be used. The aim of this work is to know the predictive capacity of the calibration equations developed to estimate some of the shorgum chemical composition parameters by NIRS. The equations initially found are appropriate, although the incorporation of more samples of a variety of sites and growth stages would improve them in the future.

**Key words:** calibration equation, *Sorghum bicolor*, *Sorghum sudanense*, *Sorghum bicolor* x *Sorghum sudanense*.





# ESTIMACIÓN DE LA PROTEÍNA NO DEGRADABLE EN EL RUMEN DE PASTOS DE LA MONTAÑA LEONESA EMPLEANDO EL CNCPS (CORNELL)

C. VALDÉS, S. ANDRÉS, F.J. GIRÁLDEZ, R. GARCÍA, R. PELÁEZ y A. CALLEJA \*

## RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue explorar la posibilidad de predecir el aporte de proteína no degradable en el rumen (PNDR) de forrajes obtenidos en la Montaña de León a partir de las distintas fracciones nitrogenadas propuestas por el Cornell Net Protein and Carbohydrate System (CNCPS). Para ello, se emplearon 29 muestras de hierba de prados de regadío fertilizados de la montaña de León, sobre las cuales se determinó: nitrógeno total (**N total**), nitrógeno precipitable con ácido tricloroacético (**NTCA**), nitrógeno insoluble en tampón borato-fosfato (**NIBF**), nitrógeno insoluble en detergente neutro (**NIDN**) y nitrógeno insoluble en detergente ácido (**NIDA**), con el fin de calcular las cinco fracciones nitrogenadas propuestas por el CNCPS: **A** (N total – NTCA), **B<sub>1</sub>** (NTCA-NIBF), **B<sub>2</sub>** (NIBF-NIDN), **B<sub>3</sub>** (NIDN-NIDA) y **C** (NIDA). Paralelamente, las muestras se incubaron *in situ* y los datos obtenidos se ajustaron para calcular la PNDR correspondiente a cuatro ritmos de paso: 0,02/h, 0,04/h, 0,06/h y 0,08/h (PNDR2, PNDR4, PNDR6 y PNDR8, respectivamente). Las ecuaciones de regresión múltiple obtenidas indican que es posible predecir los contenidos de PNDR empleando las fracciones B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub> y C, aunque los coeficientes de determinación (R<sup>2</sup>) no fueron muy elevados (0,563, 0,645, 0,672 y 0,688 para PNDR2, PNDR4, PNDR6 y PNDR8, respectivamente).

**Palabras clave:** degradabilidad, prados leoneses, valoración proteica.

## INTRODUCCIÓN

El conocimiento del ritmo y la amplitud de la degradación de la proteína de los alimentos en el rumen es fundamental en la formulación de las raciones para los rumiantes. Sin embargo, el método de referencia para la determinación de la degradabilidad de la proteína en el rumen (método *in situ* o de las bolsas de nailon) es lento, costoso e implica la utilización de animales provistos de fístulas ruminales.

La degradación ruminal de la proteína bruta de los alimentos depende del ritmo de degradación de los distintos tipos de proteínas que componen el conjunto de la proteína bruta.

---

\* Instituto de Ganadería de Montaña (CSIC- Universidad de León). Departamento de Producción Animal. Universidad de León. E-24071. León.  
cvals@unileon.es

En este sentido, el Sistema de Carbohidratos y Proteína Neta de Cornell (CNCPS; Sniffen *et al.*, 1992) plantea que es preciso considerar dentro de la proteína bruta de los alimentos distintas fracciones caracterizables analíticamente, pues tanto la cinética de su fermentación en el rumen como los productos finales de su degradación son diferentes (Van Soest, 1994). Así, divide la proteína bruta en tres fracciones: una inmediatamente degradable (fracción A: compuestos nitrogenados no proteicos); una no degradable e indigestible (fracción C, que incluye el nitrógeno asociado a la lignina y la proteína dañada por tratamiento térmico); por último, clasifica la proteína restante como proteína verdadera (fracción B) y la subdivide, a su vez, en tres fracciones que poseen distinto ritmo de degradación ruminal.

Con este planteamiento, el presente trabajo se propone explorar la posibilidad de predecir el aporte de proteína no degradable en el rumen de forrajes procedentes de prados de regadío de la montaña de León a partir de las distintas fracciones nitrogenadas propuestas por el CNCPS.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Para la realización del presente estudio se emplearon 29 muestras de hierba de prados de regadío, sometidos a distintos regímenes de fertilización mineral y recogidas en diferentes momentos con el fin de tener un amplio espectro de composición química. Desde el punto de vista fitosociológico, las comunidades vegetales de los prados estudiados se clasifican dentro del Orden *Arrhenatheretalia*. Se trata de prados de composición botánica compleja, y variable. Así, por ejemplo, la proporción de la biomasa representada por gramíneas, leguminosas y otras especies oscila entre 85 y 32%; 0,2 y 39% y 12 y 60%, respectivamente.

Las muestras se desecaron a 60°C durante 72 h en una estufa de aire forzado, se molieron en un molino de martillos tipo Culatti provisto de una malla de 1 mm de diámetro y se determinaron analíticamente los contenidos en materia seca (MS), cenizas y proteína bruta (PB; nitrógeno (N) x 6,25), siguiendo los procedimientos propuestos por la AOAC (1999); la fibra neutro detergente (FND) se determinó según la técnica descrita por Van Soest *et al.* (1991), mientras que para la determinación de la fibra ácido detergente (FAD) y de la lignina ácido detergente (LAD) se siguió el procedimiento propuesto por Goering y Van Soest (1970). Por último, se determinaron las fracciones de la PB propuestas por el CNCPS (Sniffen *et al.*, 1992). Este Sistema divide la PB de los alimentos en las siguientes fracciones: Fracción A, que representa el N no proteico (NNP); Fracción B, que representa la proteína verdadera (PV), y que se subdivide a su vez en tres fracciones, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> y B<sub>3</sub>, de disponibilidad ruminal decreciente, y la fracción C que representa la PB no disponible (no degradable e indigestible). Las determinaciones analíticas se realizaron siguiendo la metodología propuesta por Licitra *et al.* (1996). Para ello, se realizaron las siguientes determinaciones: nitrógeno total (**N total**), nitrógeno precipitable con ácido tricloroacético (**NTCA**), nitrógeno insoluble en tampón borato-fosfato (**NIBF**), nitrógeno insoluble en detergente neutro (**NIDN**) y nitrógeno insoluble en detergente ácido (**NIDA**), con el fin de calcular las cinco fracciones nitrogenadas propuestas por el CNCPS: **A** (N total-NTCA), **B<sub>1</sub>** (NTCA-NIBF), **B<sub>2</sub>** (NIBF-NIDN), **B<sub>3</sub>** (NIDN-NIDA) y **C** (NIDA).

La degradabilidad de la proteína se determinó en las mismas muestras empleando el método *in situ*, tal como se describe detalladamente en trabajos previos (Andrés *et al.*, 2005). Los resultados obtenidos se ajustaron para calcular los aportes de proteína no degradable en rumen (PNDR) correspondientes a tres ritmos de paso 0,02/h, 0,04/h, 0,06/h y 0,08/h (**PNDR2**, **PNDR4**, **PNDR6** y **PNDR8**, respectivamente).

Los datos obtenidos se sometieron a análisis de regresión lineal múltiple, para predecir PNDR2, PNDR4, PNDR6 y PNDR8 a partir de las distintas fracciones nitrogenadas del

CNCPS. Se empleó la aplicación *Stepwise linear multiple regresión* (regresión lineal múltiple paso a paso) del SAS (2010).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los forrajes estudiados en este trabajo se obtuvieron de prados polifitos, sometidos a diferentes regímenes de fertilización y cosechados en momentos distintos, con el objetivo de disponer de un rango representativo de los forrajes en verde procedentes de los prados de regadío de la Montaña de León. Así, a pesar de que el número de las muestras estudiadas (29) puede considerarse modesto, la composición química de la hierba (Tabla 1) abarca, tanto para la PB como para la pared celular (FND) y sus fracciones, un intervalo de valores considerablemente amplio.

Tabla 1. Composición química de los forrajes (g/kg MS)

	Media	Intervalo	DE
PB (N x 6,25)	126	98-169	18,7
Cenizas	98	71-201	23,8
FND	495	387-582	53,9
FAD	280	225-319	26,3
LAD	33	15-55	9,8

PB=proteína bruta; N=nitrógeno; FND=fibra neutro detergente; FAD=fibra ácido detergente; LAD=lignina ácido detergente; DE=desviación estándar

La *Tabla 2* muestra el rango y los valores medios obtenidos para las distintas fracciones de la PB y para los aportes de PNDR calculados para los diferentes ritmos de paso. Como cabía esperar, puesto que la amplitud de la degradación ruminal de la proteína disminuye al aumentar el ritmo de paso, los valores medios del aporte de PNDR aumentan desde los 29,2 g/kg MS calculados para el 0,02/h hasta los 54 g/kg MS correspondientes al 0,08/h. Tal como puede observarse (*Tabla 2*), el rango de valores obtenidos para la PNDR oscila entre los 22 g/kg MS y los 71,6 g/kg MS, valores no muy elevados, como cabía esperar al tratarse de forrajes que no sufrieron ningún tratamiento encaminado a reducir su degradabilidad (Van Soest, 1994).

Tabla 2. Fracciones nitrogenadas y aporte de PNDR de los forrajes (g PB/kg MS)

Fracciones nitrogenadas				
		Media	Intervalo	DE
	Fracción A	31,8	20,9-46,2	6,6
	Fracción B			
	B1	5,3	0,0-19,6	6,8
	B2	23,2	3,1-43,9	10,7
	B3	44,7	19,8-60,1	10,0
	Fracción C	21,0	7,2-37,2	7,1
Aporte de proteína no degradable en el rumen				
		Media	Intervalo	DE
	PNDR2	29,2	22,0-36,9	4,1
	PNDR4	40,1	30,2-51,1	5,8
	PNDR6	48,0	36,0-62,7	7,1
	PNDR8	54,0	40,6-71,6	8,2

PNDR2, PNDR4, PNDR6 y PNDR8= valores de PNDR calculados para ritmos de paso de 0,02/h, 0,04/h, 0,06/h y 0,08/h

Los resultados del desarrollo de ecuaciones de regresión lineal múltiple para la predicción de los aportes de PNDR se presentan a continuación. Tanto los valores de PNDR como las fracciones proteicas se expresan en g PB/kg MS. La forma de las ecuaciones de regresión fue idéntica para la predicción de PNDR2, PNDR4, PNDR6 y PNDR8. La inclusión de las fracciones A y B<sub>1</sub> no aumentó significativamente (P>0,05) la varianza explicada por el modelo en ningún caso, por lo que estas fracciones no se incluyen en las ecuaciones de regresión.

Así, el modelo obtenido se ajusta a la siguiente ecuación:

$$\text{PNDR} = \beta_0 + \beta_1 B_2 + \beta_2 B_3 + \beta_3 C + e$$

**Tabla 3. Parámetros lineales de las ecuaciones de regresión lineal múltiple para estimar la proteína no degradable en el rumen (PNDR) correspondiente a los ritmos de paso de 0,02, 0,04, 0,06 y 0,08 h<sup>-1</sup> (PNDR2, PNDR4, PNDR6 y PNDR8) a partir de las fracciones nitrogenadas de los forrajes**

	$\beta_0$	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$	R <sup>2</sup>
PNDR2	13,57***	0,159**	0,189***	0,166*	0,563
PNDR4	15,14**	0,208*	0,299**	0,320**	0,645
PNDR6	16,16**	0,235*	0,388***	0,424**	0,672
PNDR8	16,55**	0,264*	0,463***	0,506***	0,688

p<0,05 = \*; p<0,01 = \*\*; p<0,001 = \*\*\*

El modelo propuesto por el CNCPS implica la estimación tanto de la proteína degradable en el rumen como de la fracción no degradada empleando para cada alimento los valores de las cinco fracciones proteicas (A, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub> y C) y la amplitud tanto de la degradación y como del ritmo de paso ruminal de cada una de las fracciones. Por el contrario, en este trabajo se pretende estimar la PNDR de cada alimento a partir, tan solo, del valor alcanzado por las distintas fracciones proteicas. Las ecuaciones obtenidas permiten explicar el 56%, 65%, 67% y el 69% de la varianza al estimar la PNDR a partir de las fracciones B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub> y C para los ritmos de paso del 0,02/h, 0,04/h, 0,06/h y 0,08/h, respectivamente. Con un planteamiento similar, Shannak *et al.* (2000) obtuvieron ecuaciones de regresión múltiple para predecir la PNDR de distintos alimentos comúnmente empleados en la alimentación de vacuno de leche (ensilado de hierba, piensos y distintos concentrados proteicos). Estos autores también observaron que la varianza explicada por el modelo aumenta con el ritmo de paso, aunque los R<sup>2</sup> obtenidos por estos autores (0,87, 0,93 y 0,94 para la PNDR correspondiente a 0,02/h, 0,05/h y 0,08/h, respectivamente) fueron muy superiores a los obtenidos en este trabajo. En su trabajo, Shannak *et al.* (2000) estudiaron alimentos más ricos en proteína (160-766 g PB/kg MS) y, por tanto, con potenciales aportes de PNDR superiores a los de los pastos estudiados en el presente trabajo. La divergencia entre nuestros resultados y los obtenidos por Shannak *et al.* (2000) podría explicarse considerando que los problemas metodológicos que conlleva la determinación *in situ* de la degradabilidad de la proteína (contaminación microbiana, pérdida de pequeñas partículas, etc.) afectarían más gravemente a las estimaciones de la PNDR de alimentos con contenidos bajos de proteína que a la de alimentos con contenidos proteicos más elevados (Alexandrov, 1998).

## CONCLUSIONES

El aporte de PNDR de forrajes de composición botánica compleja puede estimarse a partir de las 3 fracciones proteicas menos solubles propuestas por el CNCPS (B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub> y C).

Sin embargo, la capacidad de predicción de las ecuaciones lineales obtenidas no es muy elevada, pues la varianza explicada por el modelo, que aumenta al aumentar el ritmo de paso, oscila entre el 56% y el 69% para los ritmos de paso 0,02/h y 0,08/h.

### Agradecimientos

Financiado por la Junta de Castilla y León dentro del programa de ayudas a la actividad investigadora al grupo de excelencia GR158.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALEXANDROV, A.N. 1998. Effect of ruminal exposure and subsequent microbial contamination on dry matter and protein degradability of various feedstuffs. *Animal Feed Science and Technology*, **71**, 99-107.
- ANDRÉS, S.; CALLEJA, A.; LÓPEZ, S.; MANTECÓN, A.R.; GIRÁLDEZ, F.J. 2005. Nutritive evaluation of herbage from permanent meadows by near infrared spectroscopy 2. Prediction of crude protein and dry matter degradability. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **85**, 1572-1579.
- AOAC. 1999. *Official Methods of Analysis*. AOAC International. Arlington. USA.
- GOERING, H.K.; VAN SOEST, P.J., 1970. *Forage Fiber Analysis (Apparatus, Reagents, Procedures and Some Applications)*. USDA Handbook No. 379. USDA, Washington, DC.
- LICITRA, G.; HERNÁNDEZ, T.M.; VAN SOEST, P.J., 1996. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. *Animal Feed Science and Technology*, **57**, 347-358.
- SAS, 2010. *SAS/STAT User's Guide*. Ed. SAS Institute Inc. Cary, Carolina del Norte, USA.
- SHANNAK, S.; SÜDEKUM, K.-H.; SUSENBETH, A. 2000. Estimating ruminal crude protein degradation with in situ and chemical fractionation procedures. *Animal Feed Science and Technology*, **85**, 195-214.
- SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D.; VAN SOEST, P.J.; FOX, D.G.; RUSSELL, J.B., 1992. A Net Carbohydrate and Protein System for Evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. *Journal of Animal Science*, **70**, 3562-3577.
- VAN SOEST, P.J.; ROBERSTON, J.B.; LEWIS, B.A., 1991. Methods for dietary fiber, and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, **74**, 3583-3597.
- VAN SOEST, P.J., 1994. *Nutritional Ecology of the Ruminant*, 2<sup>nd</sup> edn. Cornell University Press. 476 pp. Ithaca (EEUU).

### PREDICTION OF RUMEN UNDEGRADABLE PROTEIN OF THE MOUNTAIN OF LEÓN FORAGES FROM THE CNCPS (CORNELL) NITROGEN FRACTIONS

#### SUMMARY

The objective of this study was to utilize the Cornell net carbohydrate and protein system (CNCPS) nitrogen fractions as a basis for estimating forage rumen undegraded protein (RUP) contents. Twenty-nine different herbage samples of irrigated fertilized meadow located at the mountain of León were analyzed for: total nitrogen (total N), nitrogen in trichloroacetic acid precipitated matter (NTCA), borate-phosphate buffer insoluble nitrogen (BFIN), neutral-detergent insoluble nitrogen (NDIN) and acid-detergent insoluble nitrogen (ADIN). These data were used to calculate the partition of nitrogen fractions proposed by the Cornell Net Carbohydrate and Protein System (CNCPS): A (total N- NTCA), B<sub>1</sub> (NTCA-BFIN), B<sub>2</sub> (BFIN-NDIN), B<sub>3</sub> (NDIN-ADIN) and C (ADIN). Herbage samples were also incubated in situ and rumen undegraded protein (RUP) were

---

estimated at 0.02/h, 0.04/h, 0.06/h and 0.08/h ruminal passage rates (RUP2, RUP4, RUP6 and RUP8, respectively). Multiple regression equations based on B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub> y C CNCPS fractions only explain 56.2, 64.5, 67.2 and 68.8 %, respectively, of the variation in RUP2, RUP4, RUP6 and RUP8.

**Key words:** degradability, meadow, protein value.

## PARTE TERCERA

# PRODUCCIÓN ANIMAL CON BASE A PASTOS







## CAPITULO INTRODUCTORIO

### LA GANADERÍA EXTENSIVA EN CASTILLA-LA MANCHA

A. DAZA\*

#### RESUMEN

La presente ponencia estudia la producción vegetal y los recursos pastables de Castilla-La Mancha (España), y la importancia censal y productiva de los principales sectores ganaderos relacionados con la ganadería extensiva. Los sistemas de explotación de vacas nodrizas, ovino de leche y de carne, caprino de leche y del cerdo Ibérico también han sido estudiados. Además, se realiza un análisis económico de los modelos de producción más representativos de la región.

**Palabras clave:** recursos pastables, censos y producciones, sistemas de explotación.

#### INTRODUCCIÓN

La comunidad autónoma de Castilla-La Mancha tiene una extensión de casi ocho millones de hectáreas (7.922.716), lo que supone el 15,65% de la superficie total nacional. Como es sabido, se trata de una región de orografía mesetaria donde el 66,81% de su superficie está situada entre 600 y 1000 m de altitud. La pluviosidad anual es variable según zona fluctuando, según capitales de provincia, entre 336 mm en Toledo hasta 560 mm en Cuenca. En lo que concierne al régimen térmico, se han registrado máximas absolutas de -24 ° C en Albacete y 42,6° C en Ciudad Real con temperaturas medias anuales entre 12,2 °C (Cuenca) y 15,5° (Toledo) con un periodo libre de heladas, variable según área, pero que en algunas zonas se extiende tan sólo desde mediados de mayo a primeros de octubre. La Mancha, la comarca más representativa de la comunidad, es una llanura de sedimentos miocénicos, árida, con escaso arbolado y pastos salinos muy apreciados por el ganado lanar con una altitud entre 650 y 800 m y una extensión de 3.500.000 ha, lo que supone el 44,17% de la superficie total de la comunidad. En la Mancha encuentra su asiento la Raza Manchega productora del cordero y del queso Manchego, joyas gastronómicas de la región. El ecosistema de la Dehesa encuentra su representación en Castilla-La Mancha en las comarcas del oeste y suroeste de la región (Campana de Oropesa, Valle de Alcudia, Sierra Madrona, Almadén, Zona de Pastos, etc) donde se desenvuelven, fundamentalmente, los efectivos ganaderos correspondientes al ganado vacuno y ovino de aptitud preferente carne. Un análisis de la situación actual de la ganadería extensiva en Castilla-La Mancha invita a que estudiemos la base

---

\* Departamento de Producción Animal. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. Universidad Politécnica de Madrid. Ciudad Universitaria. 28040 Madrid.  
[argimiro.daza@upm.es](mailto:argimiro.daza@upm.es)

vegetal, la importancia censal y productiva y los modelos de explotación ganadera, aspectos que, brevemente, pasamos a considerar en la presente ponencia.

## LA BASE VEGETAL DE CASTILLA-LA MANCHA

En la *Tabla 1*, aparece reflejada la distribución de superficies, en Castilla-La Mancha, según utilización del territorio, en los años 1998 y 2010. Del estudio de esta tabla puede deducirse que, en doce años, las superficies dedicadas a cultivos forrajeros y a prados y pastizales se han reducido en un 42,46% y 29,75% respectivamente, mientras que la superficie forestal ha aumentado en un 55,66%. Las superficies destinadas a cereales grano, leguminosas grano, tubérculos, y cultivos industriales y hortalizas también han disminuido especialmente los tubérculos (patata) (74,67%) y cultivos industriales (40,07%) sobre todo el girasol que ha pasado de casi 272.000 ha de cultivo en 1998 a 177.000 en 2010.

Según los resultados de la encuesta de superficies realizada por el MARM (2010), dentro de los cereales grano destacan las superficies destinadas a la producción de cebada (1.006.750 ha) y de trigo (242.342 ha) y entre las leguminosas grano las de los guisantes secos (49.460 ha), yeros (24.841 ha), veza (19.039 ha) y lentejas (17.133 ha). De los cultivos industriales sobresale el girasol (177.036 ha) y entre los cultivos leñosos la vid (506.228 ha) y el olivar (405.883 ha), siendo los cultivos hortícolas más relevantes la cebolla (12.233 ha) el ajo (6456 ha) y el melón (7888 ha). De las cifras anteriores puede inferirse que Castilla-La Mancha, en lo que respecta a terrenos de cultivos agrícolas esta presidida por el trinomio cereal-vid-olivo que supone, conjuntamente, casi el 30% de la superficie geográfica de la comunidad.

*Tabla 1. Distribución de superficies según uso y aprovechamiento del territorio en Castilla-La Mancha (ha)*

	1998	% de la SG	2010	% de la SG
Cereales grano	1.380.856	17,43	1.311.916	16,55
Leguminosas grano	237.770	3,00	116.901	1,47
Tubérculos	10.258	0,13	2.598	0,033
Cultivos industriales	312.238	3,94	187.122	2,36
Cultivos forrajeros	91.272	1,15	52.519	0,66
Hortalizas y flores	58.985	0,74	38.576	0,48
Barbechos	1.043.189	13,17	1.014.344	12,80
Cultivos leñosos	949.274	11,98	989.558	12,49
Prados y pastizales	703.044	8,88	493.892	6,23
Superficie forestal	1.885.639	23,80	2.935.192	37,5
Otras superficies <sup>(1)</sup>	1.250.191	15,78	780.098	9,84
Superficie geográfica (SG)	7.922.716	100	7.922.716	100

(1) incluye otras superficies (eriales espartizales, baldíos, etc) y viveros y huertos familiares. Fuente MAPA (2000) y MARM (2010).

Por la importancia que tiene para la ganadería extensiva de la comunidad los recursos pastables derivados de los cultivos agrícolas, según fuentes del MARM (2009), en el año 2008, se pastaron en Castilla-La Mancha 46.107 ha de residuos de cultivos forrajeros, 1.367.000 ha de rastrojeras y 1.101.403 ha de barbechos, lo que supuso el mantenimiento de 1.400, 25.063 y 6.981 toneladas de peso vivo al año respectivamente, al margen de 465 toneladas/año en concepto de otros aprovechamientos. La estimación oficial de tales cifras significa que, aproximadamente, una hectárea de residuos de cultivos forrajeros, de rastrojos y de barbechos satisface las necesidades anuales de mantenimiento de 0,61, 0,37,

0,13 ovejas respectivamente, lo que, con la debida cautela, podría traducirse en que el aporte al mantenimiento ovino de tales aprovechamientos podría estimarse, en términos de energía neta, en 152, 94 y 33 UFL (unidades forrajeras leche)/ha, valores inferiores a los extraídos por Daza (2002) de trabajos de otros autores. En Castilla-La Mancha la rastrojera de cereales representa una fuente habitual e importante de nutrientes durante el verano, principalmente, para el mantenimiento del ganado ovino. Algunos experimentos realizados al respecto han demostrado que la rastrojera de cebada permite mantener una carga de 20 ovejas vacías y secas/ha durante un periodo de aprovechamiento de 20 días con una ganancia media diaria de las reproductoras próxima a 40 g (Valiente *et al.*, 2004), lo que significa que el rastrojo de cereales de invierno puede aportar entre 250 y 300 UFL/ha.

En la *Tabla 2*, aparece la distribución de superficies según cultivos forrajeros y prados y pastizales, en la región, en el año 2010. Los cereales de invierno constituían el 62,26% de la superficie total dedicada a cultivos forrajeros seguido de la alfalfa (casi en su totalidad de regadío) (23,66%), predominado, sobremanera, los pastizales sobre los prados naturales. La reducción global de los cultivos forrajeros acontecida en el periodo 1998-2010 se ha debido, fundamentalmente, a la disminución de los cereales de invierno (53.359 ha sembradas en 1998 frente a 32.698 en 2010) y de la alfalfa (19.177 vs 12.424 ha en 1998 y 2010 respectivamente), siendo sorprendente que la superficie destinada a la alfalfa de secano en la comunidad tan sólo ascendía, en 2010, a 207 ha. En este sentido, cabe señalar que en cultivos de secano, de variedades de alfalfa Tierra de Campos o Adyta, para pastoreo y siega coyuntural, en mezcla con dactilo y festuca, (dosis de siembra de 10 kg/ha de cada especie), establecidos en la Comunidad de Madrid, se obtuvieron producciones medias de cinco años consecutivos de 10.008 y 11.503 kg de MS/ha respectivamente (Alegre, 1991), lo que sugiere que quizás, con las debidas precauciones, pueda ser interesante abordar esta estrategia de mejora pratense en Castilla-La Mancha. Con los cereales de invierno, destinados a la producción de heno pueden obtenerse producciones, según especie y climatología anual, entre 5.000 y 8.000 kg de MS/ha con un porcentaje de proteína bruta/kg de MS comprendido entre el 6,5 y 8%, porcentaje que, en el caso del heno de veza-avena, puede llegar al 10%, mientras que el potencial productivo de la alfalfa en regadío puede superar los 100.000 kg de materia verde/ha, lo que puede suponer entre 15.000 y 20.000 kg de MS/ha con un porcentaje de proteína bruta próximo al 18% (Muslera y Ratera, 1991). La reducción de la superficie, tanto de prados como de pastizales, también ha sido relevante en la comunidad. Así, en 1998 la superficie de pastizales en la región se aproximaba a 650.000 ha frente a poco más de 484.000 obtenidas en la encuesta de 2010. Los datos anteriores parecen denunciar una regresión de la extensificación ganadera a favor de la intensificación, fenómeno que viene produciéndose en Castilla-La Mancha, desde hace décadas sobre todo en el marco productivo del ovino de leche, subsector ganadero, como veremos más adelante, con especial protagonismo productivo en la región.

No se dispone de mucha información sobre la productividad del pasto en Castilla-La Mancha. La producción media anual del pasto natural de tres años consecutivos en la finca "El Dehesón del Encinar", en la Campana de Oropesa, Toledo, fue de 1770 kg de MS/ha, con variaciones productivas, según año, entre 973 y 2532 kg de MS/ha (López-Carrasco y Robledo, 2008). Según tales autores, la fertilización en otoño, después de las primeras lluvias, con superfosfato de cal al 18% o roca fosfórica (fertilizante ecológico) aumentó la producción a 2398 y 2716 kg de MS/ha respectivamente y, además, incrementó el porcentaje de leguminosas del pasto sin fertilizar (14,13%) al 23,87 % (fertilización con superfosfato) y 21,27% (roca fosfórica), siendo especialmente patente la respuesta a la fertilización en los años de pluviosidad elevada. Algunos experimentos realizados en Extremadura han demostrado que el momento (otoño, invierno o primavera) y la forma de aplicación (super-

ficial o enterrado) del fertilizante fosfórico parece que no tiene influencia sobre la producción y calidad del pasto, aunque, sin embargo, en las dehesas arboladas se ha obtenido mayor respuesta cuantitativa y cualitativa a la fertilización que en los pastizales desarbolados (Maldonado *et al.*, 2004). El establecimiento de praderas de trébol subterráneo logra producciones anuales de pasto superiores y de mayor calidad que la fertilización fosfórica y, como consecuencia, menor suplementación anual del ganado y mejores resultados productivos (Olea *et al.*, 1996). Es indudable que la mejora pratense permite incrementar la carga ganadera y, por ende, la productividad por hectárea. En un estudio reciente (Espejo *et al.*, 2009) realizado en 49 dehesas de Extremadura se estimó que áreas de pasto natural sin fertilizar, de majadal y de pasto mejorado pueden soportar cargas ganaderas de 0,61, 0,62 y 0,46 ovejas/ha respectivamente en años de sequía, años en los que parece que las estrategias de mejora no tienen efecto apreciable sobre la productividad de pasto. Sin embargo, según el estudio anterior, las cargas ganaderas potenciales en las áreas precitadas pueden ascender a 2,23, 2,83 y 3,60 ovejas/ha en años de pluviosidad mediana y a 2,36, 4,24 y 4,32 ovejas/ha en años de pluviosidad elevada.

Cualquiera que sea la estrategia de mejora pratense o forrajera que se aborde, y este es un aspecto especialmente importante, es recomendable que, previamente, se realice un estudio económico que considere los costes inherentes al laboreo, amortización de maquinaria y equipo, semillas, fertilizantes, mano de obra, transporte de productos, recolección y almacenado, intereses, etc. y el coste de oportunidad correspondiente representado por el valor de la vegetación natural existente previa a la mejora. Para tal estudio económico puede ser útil la ecuación:

$$C = [E + M (n-1)] / n (P-p) \text{ en donde:}$$

C = coste del kg de MS, Mcal de energía metabolizable (EM), unidades forrajeras leche (UFL), etc.

E = coste de establecimiento por hectárea de la mejora.

M = coste anual de mantenimiento por hectárea de la mejora.

N = persistencia de la mejora expresada en años.

P = producción media por hectárea lograda con la mejora en MS, Mcal de EM, UFL, etc.

p = producción media por hectárea del pasto natural en análogas unidades que P.

Tabla 2. Cultivos forrajeros y prados y pastizales en Castilla-La Mancha 2010 (ha)

Cultivos forrajeros	Secano	Regadío	Total	(%)
Maíz forrajero	-	745	745	1,42
Alfalfa	207	12.217	12.424	23,66
Veza-avena	5.578	60	5.638	10,73
Cereales de invierno	27.887	4.811	32.698	62,26
Praderas polifitas	95	919	1.015	1,93
Total	33.767	18.752	52.519	100
<b>Prados y pastizales</b>				
Prados naturales	9.638	-	9.638	1,95
Pastizales de alta montaña	2.077	-	2.077	0,42
Pastizales	338.792	-	338.792	68,60
Pastizal-matorral	143.384	-	143.384	29,03
Total	493.892	-	493.892	100

Fuente: MARM (2010)

## LA IMPORTANCIA DE LA GANADERÍA EXTENSIVA EN CASTILLA-LA MANCHA: CENSOS Y PRODUCCIONES

Según datos del MARM (2010) a finales de 2009 Castilla-La Mancha contaba con casi 158.000 vacas nodrizas, (7,11% del censo nacional) de las cuales el 58,83% y el 35,05% (un total del 93,88%) de las mismas se explotaban en las provincias de Ciudad Real y Toledo especialmente en las áreas de dehesa situadas en el Oeste y Sur-Oeste de ambas provincias. Si se coteja el censo de 2009 con el de 1998 (*Tabla 3*) puede observarse un aumento de los efectivos de reproductoras en la comunidad autónoma del 65,58% en los últimos 11 años, aumento especialmente ostensible en la provincia de Toledo, donde, durante el periodo señalado, el censo de vacas de aptitud preferente carne progresó espectacularmente (147,34%). Las provincias de Albacete, Cuenca y Guadalajara disponen de censos bovinos discretos debidos a su particular medio ecológico más propicio para la explotación del ganado ovino. Además, en Castilla-La Mancha, según datos del MARM (2010), en el año 2008 se explotaban alrededor de 26.500 vacas de aptitud preferente leche (2,98% del censo nacional) bajo fórmulas intensivas de producción, de las cuales en torno a 14.000 están sometidas a control lechero con una producción media del ultimo control próxima los 10.000 kg/vaca y lactación (Alday, 2011, comunicación personal).

*Tabla 3. Censo de reproductoras de ganado vacuno de aptitud preferente carne de más de dos años en Castilla-La Mancha*

PROVINCIA	1998	(%)	2009	(%)
Albacete	2.468	2,59	2.604	1,65
Ciudad Real	49.695	52,14	55.305	35,05
Cuenca	1.368	1,43	2.630	1,67
Guadalajara	4.231	4,44	4.414	2,80
Toledo	37.540	39,39	92.853	58,83
CASTILLA-LA MANCHA	95.302	100	157.807	100
ESPAÑA	1.639.992		2.217.795	

Fuente: Elaboración propia a partir de MAPA (2000) y MARM (2010).

El número total de cabezas sacrificadas de ganado vacuno en la región, en el año 2009, ascendió a 166.487, lo que supuso una producción de 50.064,8 toneladas de carne en canal, cifras que significaron el 7,21% del total del sacrificio nacional y el 9% de la producción total nacional de carne de bovino. En la *Tabla 4*, aparecen reflejadas las fracciones de efectivos sacrificados y de peso canal producido en cada provincia en los años 1998 y 2009. Del estudio de esta tabla se infiere una primera reflexión extensible a los dos años de estudio: el sacrificio de ganado vacuno en Castilla La Mancha es significativamente superior a su potencial productivo. Así, en los años 1998 y 2009 con el censo de reproductoras totales (de leche y de carne) disponibles en la comunidad podrían estimarse producciones regionales próximas a 100.000 y a 150.000 animales para sacrificio respectivamente, cifras, sobre todo la correspondiente a 1998, mucho más baja que el sacrificio real acontecido en la comunidad autónoma en el citado año. Ello significa que Castilla-La Mancha es una comunidad importadora de teneros para cebo, mamones y pasteros, procedentes del norte de España, de las provincias del ecosistema de la dehesa y en ocasiones, según precios, de países de la Unión Europea tales como Francia e Irlanda. Las cifras correspondientes al año 2009 denuncian una caída de los efectivos cebados en la región respecto a 1998, aspecto sin duda relacionado con el aumento del precio del pienso y con

la reducción del precio de la carne de vacuno, lo que hace dudosa en muchos casos la rentabilidad del segmento productivo del cebo, sobre todo en aquellas explotaciones donde tal actividad ganadera no está ligada a la producción propia de cereales. En la Tabla 4, puede observarse, así mismo, una ligera reducción del sacrificio y de la carne producida en 2009 respecto a 1998 a pesar de contar la comunidad, durante 2009, con un censo de reproductoras bovinas muy superior. Como consecuencia de sus pesos censales y balances comerciales con otras provincias españolas en las provincias de Toledo y Ciudad Real se sacrificaron, en 2009, el 95,56% de las cabezas totales de ganado vacuno sacrificadas en la región y la producción de carne fue el 95,72% del total producido, adquiriendo, en este sentido, la mayor importancia cuantitativa la provincia de Toledo.

En el año 2007 había en Castilla-La Mancha 2.215 explotaciones totales de ganado bovino con 135 cabezas por explotación frente a 4.971 existentes en 1997 con 63 cabezas por explotación, evolución paralela a la acontecida en la mayoría de las comunidades autónomas del Estado.

**Tabla 4. Número de cabezas sacrificadas y producción de carne canal (toneladas) de ganado vacuno en Castilla-La Mancha**

Año	1998		2009	
	Cabezas sacrificadas	Carne canal	Cabezas sacrificadas	Carne canal
Albacete	13.521 (7,85)	4.223,8 (8,25)	970 (0,58)	272,2 (0,54)
C. Real	51.400 (29,84)	14.467,9 (28,25)	49.096 (29,49)	15.342,1 (30,64)
Cuenca	11.596 (6,73)	3.556,9 (6,95)	6.327 (3,80)	1849,8 (3,69)
Guadalajara	666 (0,38)	149,9 (0,29)	102 (0,061)	18,2 (0,036)
Toledo	95.065 (55,19)	28.808,2 (56,26)	109.992 (66,07)	32.582,6 (65,38)
C - LM	172.248	51.206,6	166.487	50.064,8
ESPAÑA	2530.121	650.727,3	2.306.595	598.425

( ) = %. Fuente: Elaboración propia a partir de MAPA (2000) y MARM (2010).

En la *Tabla 5*, presentamos el censo ovino de reproductoras según aptitud productiva. A finales de 2009 Castilla-La Mancha tenía 976.300 ovejas de ordeño un 4,36% menos que en 1998, y 1.336.256 ovejas de no ordeño, un 6,20% menos que en 1998, es decir un censo total de 2.312.556 reproductoras, lo que representaba el 15,06% del total nacional, siendo la tercera comunidad autónoma de mayor importancia censal de ganado ovino, a escala nacional, detrás de Castilla y León y Extremadura. Obsérvese también en la *Tabla 5* como, en el periodo 1998-2010, España ha perdido más de dos millones y medio de ovejas de no ordeño, fruto sin duda del desacoplamiento del sector y de la baja rentabilidad de las explotaciones. En Castilla-La Mancha las ovejas de ordeño están situadas fundamentalmente en Toledo y Ciudad Real y las de no ordeño en Ciudad Real y Albacete. A destacar, en el periodo 1998-2009, las significativas reducciones de las ovejas de ordeño y el aumento paralelo de las de no ordeño en las provincias de Albacete y Ciudad Real, y el incremento de las de ordeño y disminución de las de no ordeño en Cuenca y Toledo, mientras que en Guadalajara, la provincia de menor peso censal de la comunidad, se ha observado una regresión tanto de las ovejas de ordeño como de las de no ordeño en el periodo estudiado.

**Tabla 5. Censo ovino de reproductoras (corderas cubiertas y ovejas) de Castilla-La Mancha según aptitud productiva**

Año	1998		2009	
	Ordeño Total	No ordeño Total	Ordeño Total	No ordeño Total
Albacete	233.235 (22,84)	290.071 (20,36)	164.821 (16,88)	310.562 (23,24)
C. Real	351.844 (34,47)	469.460 (32,95)	244.600 (25,05)	519.358 (38,87)
Cuenca	124.272 (12,18)	297.385 (20,87)	166.870 (17,09)	221.771 (16,59)
Guadalajara	53.317 (5,22)	233.152 (16,37)	24.078 (2,47)	203.973 (15,26)
Toledo	258.133 (25,29)	134.466 (9,44)	375.931 (38,50)	80.592 (6,03)
C-LM	1.020.801	1.424.534	976.300	1.336.256
ESPAÑA	3.537.973	14.670.626	3.308.577	12.047.888

( ) = %. Fuente: Elaboración propia a partir de MAPA (2000) y MARM (2010).

En la *Tabla 6*, reflejamos el montante del sacrificio ovino acontecido en la región en los años 1998 y 2009: 1.267.844 y 1.689.223 cabezas respectivamente, el 6,26 y 14,83% del sacrificio total nacional. El aumento del sacrificio acontecido en la región durante el periodo indicado, el 33,23%, no concuerda con la tónica nacional de una reducción ostensible (43,76%) del número de sacrificios. En 2009 los porcentajes de corderos lechales-recentales, pascuales y ovino mayor fueron el 20,77, 72,94 y 6,29% respectivamente del sacrificio total de la comunidad. En Toledo, provincia que cuenta con el 38,5% de ovejas de ordeño de la región, es patente el equilibrio entre sacrificio de lechales y pascuales, siendo en el resto de las provincias significativamente mayor los efectivos de pascuales sacrificados, lo que puede explicarse por el elevado potencial de crecimiento de los corderos de las razas explotadas, sobre todo la Manchega, sin duda la raza autóctona española con la que se logran mejores resultados de producción de carne en el contexto productivo nacional. Así que, al contrario de lo que ocurre en otras regiones productoras de leche de oveja (Castilla-y León, País Vasco, etc) (sacrificio de lechales con 30-35 días de edad y 10-11 kg de peso vivo), parece lógico que los ovinocultores manchegos obtengan un valor añadido suplementario derivado del cebo de corderos en aprisco entre 14 y 25-30 kg de peso vivo. Es preciso hacer notar que el número de cabezas ovinas sacrificadas anualmente en la región es apreciablemente inferior al potencial productivo anual del censo de reproductoras existentes, lo que significa que parte de los efectivos producidos, probablemente entre un 25 y un 30%, se ceban y/o sacrifican fuera de la comunidad.

**Tabla 6. Ovinos sacrificados en Castilla-La Mancha por clase de animales**

Año	1998				2009			
	≤ 10 kg canal	>10 kg canal	Mayor	Total	≤ 10 kg canal	>10 kg canal	Mayor	Total
Albacete	77.235	174.250	5.111	256.596	1.213	115.472	2.436	119.121
C Real	56.546	178.563	14.045	249.154	124.870	317.004	23.373	465.247
Cuenca	8.428	151.974	2.627	163.029	12.254	531.336	1.057	544.647
Guadalajara	83.934	142.504	3.157	229.595	71.306	122.604	8.305	202.215
Toledo	101.133	234.632	33.698	369.470	141.168	145.777	71.048	357.993
C-LM	327.276	881.930	58.678	1.267.844	350.811	1.232.193	106.219	1.689.223
ESPAÑA	5.033.862	13.977.897	1.243.751	20.255.510	4.077.718	6.912.598	401.948	11.392.264

Fuente: Elaboración propia a partir de MAPA (2000) y MARM (2010).

En la *Tabla 7*, aparece el sacrificio, en términos de peso canal, según categoría de animales. El tonelaje de corderos lechales, de pascuales y de ovino mayor supuso el 17,60, 74,07 y 8,33% del sacrificio total respectivamente en 1998, cifras parecidas a las obtenidas en 2009 (13,10, 76,55 y 10,34%). Cuando se comparan los pesos canal medios de lechales-recentales, pascuales y ovino mayor de los años 1998 y 2009 no se observan diferencias apreciables: 8,10, 12,70 y 21,50 kg en 1998 frente a 7,73, 12,86 y 20,15 kg en 2009, lo que significa que el peso vivo medio al sacrificio de los corderos lechales-recentales, pascuales y ovino mayor de desecho se aproxima a 16, 28 y 47 kg respectivamente. Obsérvese también en la *Tabla 7* la importante reducción (46,67%) de la producción de carne de ovino en España entre 1998 y 2009.

*Tabla 7. Producción total de carne canal (toneladas) de ganado ovino sacrificado en Castilla-La Mancha*

Provincia	Año 1998		2009					
	≤ 10 kg canal	>10 kg canal	Mayor	Total	≤ 10 kg canal	>10 kg canal	Mayor	Total
Albacete	672,5	2.283,2	109,2	3.064,9	6,2	1.261,7	50,6	1.318,6
C Real	427,4	2.373,3	371,7	3.172,5	976,3	4.311,1	500,6	5.788
Cuenca	58,8	1.856,4	79,1	1.994,3	79,3	6.921,0	21,6	7.022
Guadalajara	624	1.765,6	69	2.458,6	518,3	1.506,0	246,1	2.270,4
Toledo	879,5	2.926,9	632	4.438,4	11.317	1.846,6	1.322,0	4.300,3
C-LM	2.662,2	11.205,4	1.261	15.128,6	2.711,9	15.846,4	2.140,9	20.699,2
ESPAÑA	35.244,2	174.040,7	24.028,7	233.313,5	27925,3	88.381,5	8.117,9	124.424,4

Fuente: Elaboración propia a partir de MAPA (2000) y MARM (2010).

De los resultados expuestos en la *Tabla 8*, puede inferirse un aumento de la producción de leche comercializada de oveja en Castilla-La Mancha del 15,35% entre 1998 y 2009, que la producción regional supone el 26,27% de la producción nacional siendo la segunda comunidad autónoma más productora, después de Castilla-León, a escala nacional y que más del 50% de la producción se genera en la provincia de Ciudad Real, seguida, pero con producciones más discretas, por las provincias de Cuenca y Toledo. Si se calcula la relación entre la producción de leche y los efectivos de ovejas de ordeño que ya han parido la cifras que se obtienen en España son 115,66 y 153,07 kg/oveja en 1998 y 2009 respectivamente y de 132,45 y 145,40 kg/oveja en 1998 y 2009 respectivamente en Castilla-La Mancha, lo que ha supuesto, para esta región, un aumento medio anual de 1,18 kg/oveja en once años, incremento relacionado con los resultados del programa de mejora genética de la raza Manchega, (actualmente, hay alrededor de 600.000 ovejas de raza Manchega incluidas en la Denominación de Origen Queso Manchego) dirigido por el CERSYRA de Valdepeñas y el INIA de Madrid, y con la introducción de razas foráneas de alto nivel productivo (Lacaune, Awassi, Assaf) con el fin de proporcionar leche a la industria para la elaboración de quesos mezcla a partir de leche de vaca, cabra y oveja. Si, con los datos oficiales, se obtiene la citada relación para cada provincia se detectan diferencias provinciales de las producciones de leche por oveja: 51,90, 202,23, 245,68, 66,61 y 89,90 kg/oveja en Albacete, Ciudad Real, Cuenca, Guadalajara y Toledo respectivamente en 1998 y 82,32, 306,28, 152,75, 177,43 y 57,79 kg oveja en las provincias indicadas en 2009. A tenor de estos resultados puede inferirse un mayor grado de intensificación productiva actual en las provincias de Ciudad Real, Cuenca y Guadalajara que en Albacete y Toledo. El 85,88% de la leche comercializada en la región se destinó a la industria láctea y el 14,11% para la elaboración de queso de autoconsumo en la propia explotación, siendo despreciable la leche para consumo directo.



**Tabla 8. Producción de leche de oveja (toneladas) en Castilla-La Mancha**

Provincia	1998	(%)	2009	(%)
Albacete	10.257	9,19	11.983	9,31
Ciudad Real	59.758	53,57	70.550	54,83
Cuenca	17.868	16,02	22.563	17,53
Guadalajara	3.414	3,06	3.989	3,10
Toledo	20.251	18,15	19.584	15,22
CASTILLA-LA MANCHA	111.548	100	128.669	100
ESPAÑA	342.228		489.823	

Fuente: Elaboración propia a partir de MAPA (2000) y MARM (2010).

Además de la producción de carne y leche consignadas, en Castilla-La Mancha se produjeron, en 2009, 4360 toneladas de lana, la mayoría del tipo entrefina, y 1.689.222 pieles muy apreciadas por la industria textil.

En 1997 había en la región 9500 explotaciones de ganado ovino con una media de 352 cabezas por explotación, mientras que en 2007 el número de explotaciones se había reducido a 6108 explotaciones y los efectivos por explotación habían aumentado a 435 cabezas, tendencia similar a la observada en el ganado vacuno.

En definitiva, aunque en Castilla-La Mancha, durante la última década, se ha reducido ligeramente el censo de ovejas ha aumentado, sin embargo, la producción de carne y de leche, lo que demuestra el mantenimiento de la vocación ovina secular de la región

En la *Tabla 9*, se explicitan los censos de cabras reproductoras adultas que ya han parido, según aptitud productiva, de los años 1998 y 2009. El censo regional de 2009 ascendió a 304.305 cabras, lo que supuso el 14,77% del censo nacional de manera que Castilla-La Mancha es la segunda comunidad autónoma del Estado de mayor peso censal caprino detrás de Andalucía. El 59,77% eran de ordeño y el 40,23% de no ordeño, y si se comparan los censos de 1998 y 2009 se detecta, en 2009, un aumento nada desdeñable del 43,75% respecto al censo de 1998, incremento que se produjo en las cabras de ordeño (26,08%) y, especialmente, en la de no ordeño (81,55%). Tres provincias, Toledo,

**Tabla 9. Censo caprino de cabras adultas en Castilla-La Mancha según aptitud productiva**

Año	1998		2009	
	Ordeño	No ordeño	Ordeño	No ordeño
Provincia				
Albacete	13.352 (9,25)	28.014 (41,54)	34.616 (19,03)	32.130 (26,24)
C. Real	81.678 (56,62)	11.419 (16,94)	44.380 (24,40)	66.309 (54,16)
Cuenca	1.647 (1,15)	11.449 (16,98)	12.157 (6,68)	9.497 (7,76)
Guadalajara	4.176 (2,89)	13.823 (20,50)	2.800 (1,54)	13.869 (11,13)
Toledo	43.405 (30,09)	2.726 (4,04)	87.927 (48,34)	620 (0,51)
C-LM	144.258	67.431	181.881	122.424
ESPAÑA	1.222.070	620.540	1.378.569	681.524

( ) = % Fuente: Elaboración propia a partir de MAPA (2000) y MARM (2010).

Ciudad Real y Albacete, sobre todo las dos primeras, destacan sobremanera sobre Cuenca y Guadalajara en importancia censal. En el periodo considerado, los efectivos caprinos de ordeño han aumentado en Albacete, Cuenca y Toledo y se han reducido en Ciudad Real y Guadalajara. Las comarcas de Malagón y de Piedrabuena en Ciudad Real, y los Montes de Toledo destacan por su importancia censal caprina en la comunidad

En la *Tabla 10*, puede observarse como el número de cabezas sacrificadas no ha experimentado cambios significativos cuando se comparan los datos correspondientes a los años 1998 y 2009. En el caprino regional predomina sobremanera la producción de cabritos lechales, mientras que la producción de chivos, característica de explotaciones muy extensificadas y enmarcadas en medios difíciles, aparece en franca regresión en la región, habiéndose reducido en un 80,32% los chivos sacrificados en 2009 respecto a 1998. El número de cabezas sacrificadas en la comunidad, en 2009, ascendió a 81.611, lo que supuso el 6,96% del sacrificio nacional. Como en el ganado ovino, las cabezas caprinas sacrificadas en la región están muy por debajo de la producción real derivada de más de 300.000 reproductoras, lo que significa que una fracción importante de los cabritos producidos se sacrifican en otras comunidades autónomas del Estado.

*Tabla 10. Caprinos totales sacrificados en Castilla-La Mancha*

Año	1998				2009			
Provincia	Lechales	Chivos	Mayor	Total	Lechales	Chivos	Mayor	Total
Albacete	10.417	3.895	21	14.333	1.764	646	-	2.410
C Real	3.725	1.014	1.313	6.052	10.482	176	541	11.199
Cuenca	901	-	16	917	1.727	-	-	1.727
Guadalajara	24.534	-	120	24.654	27.129	113	994	28.236
Toledo	23.303	-	10.012	33.315	19.745	31	18.263	38.039
C-LM	62.880	4.909	11.482	79.271	60.847	966	19.798	81.611
ESPAÑA	1.314.134	326.242	280.178	1.920.554	946.871		114.664	1.172.767

Fuente: Elaboración propia a partir de MAPA (2000) y MARM (2010).

En la *Tabla 11*, se refleja la producción de carne caprina en Castilla-La Mancha según clase de animales. La discreta producción de carne de caprino en la comunidad ha pasado de casi 591 toneladas en 1998 a casi 700 en 2009, lo que supuso en este año el 7,88% de la producción total nacional. Los pesos medios canal de lechales, chivos y caprino mayor fueron 5,34, 10,93 y 17,51 kg respectivamente en 1998 y de 5,8, 13,0 y 16,7 kg en 2009.

*Tabla 11. Producción total de carne canal (toneladas) de ganado caprino sacrificado en Castilla-La Mancha, según categorías de animales*

Año	1998				2009			
Provincia	Lechales	Chivos	Mayor	Total	Lechales	Chivos	Mayor	Total
Albacete	49,8	41,4	0,4	91,6	8,6	6,3	-	15
C Real	19,9	12,3	32,9	65,1	58,8	2,9	10,9	72,6
Cuenca	4,0	-	0,5	4,5	9,9	-	-	9,9
Guadalajara	125,0	-	2,2	127,2	162,3	2,8	25,4	190,6
Toledo	137,1	-	165,1	302,3	112,9	0,4	294,9	408,2
C-LM	335,9	53,7	201,1	590,7	352,6	12,5	331,1	696,3
ESPAÑA	6.871,4	4.311,2	5.234	16.416	4.721,6	1.569,5	2.539,8	8.830,9

Fuente: Elaboración propia a partir de MAPA (2000) y MARM (2010).

La producción de leche de cabra en España, en 2009, se ha cifrado en 514.737 toneladas, cantidad que cotejada con la producción de 1998 (387.911 toneladas) se traduce en un incremento del 32,69%. La producción en Castilla-La Mancha pasó de 56.380 toneladas en 1998 a 64.512 en 2009, lo que significó un aumento (14,42%) más discreto que el acontecido en el marco productivo nacional. En concordancia con la importancia censal las provincias de mayor producción son Ciudad Real, Toledo y Albacete. Si se estudian los datos oficiales aportados en las Tablas 9 y 12 puede estimarse que la producción media de leche en España, por cabra adulta ordeñada, en el año 2009 fue 373,38 kg, mientras que en Castilla-La Mancha la producción indicada ascendió a 354,69 kg. El sector caprino de la comunidad produjo, en 2009, 81.611 pieles.

Tabla 12. Producción de leche de cabra (toneladas) en Castilla-La Mancha

Provincia	1998	(%)	2009	(%)
Albacete	5.186	9,20	12.154	18,83
Ciudad Real	34.245	60,74	29.760	46,14
Cuenca	2.420	4,29	3.838	5,96
Guadalajara	934	1,66	319	0,49
Toledo	13.595	24,11	18.441	28,58
CASTILLA- LA MANCHA	56.380	100	64.512	100
ESPAÑA	387.911		514.737	

Fuente: Elaboración propia a partir de MAPA (2000) y MARM (2010).

Como en el ganado vacuno y ovino el número de explotaciones caprinas se ha reducido en los últimos años (4971 en 1997 frente a 3300 diez años después) y el tamaño ha aumentado (63 cabezas en 1997 y 112 en 2007).

El subsector del porcino Ibérico, presente en la región en las provincias de Ciudad Real y Toledo, contaba, en 2009, con 2011 cerdas, lo que supuso el 0,9% del censo nacional de reproductoras. El auge inusitado experimentado por el porcino Ibérico en España en los últimos años también ha trascendido a Castilla-La Mancha cuyo censo de cerdas de vientre de 2009 se ha incrementado respecto al del año 1998 en un 110,13%. Dos estirpes ce cerdo Ibérico: Torbiscal y Guadyervas, se crearon en la finca "El Dehesón del Encinar" de Oropesa (Toledo).

Los datos censales del subsector de avicultura de puesta señalan la existencia en la región de 80.138 gallinas camperas y 50 pavas. Las gallinas camperas son de estirpes selectas, morenas o blancas, utilizadas en explotación intensiva, que bajo condiciones extensivas de explotación (alimentación con subproductos y sin programas de iluminación artificial), producen unos 170-190 huevos al año desde mediados de diciembre hasta octubre con el pico de puesta en marzo-abril, mientras que la producción anual de huevos de la raza autóctona Castellana Negra, de protección especial, presente en Castilla-La Mancha, es menor (140 y 160 huevos).

En el año 2009, Castilla-La Mancha poseía 163.991 colmenas, el 93,30% movillistas y el 6,70% restante fijistas que produjeron 2317 toneladas de miel y 106 de cera. En el periodo 1998-2009 el número de colmenas y la producción de miel aumentaron en un 10,63 y 7,51% respectivamente, mientras que la producción de cera se redujo en un 47,78 %.

La actividad cinegética en Castilla-La Mancha tiene especial relevancia socioeconómica. Según datos del gobierno regional (Consejería de Agricultura y Medio Ambiente, 2010), más de 7.000.000 de hectáreas se dedican a ella, lo que supone el 88,33% de la superficie geográfica regional. De tal extensión, 5.121.674 de hectáreas están destinadas a la caza

menor (conejo, liebre, perdiz) y 1.869.524 a la caza mayor (ciervo, jabalí, corzo), cobrándose anualmente alrededor de 3.000.000 y 40.000 piezas de cada una de ellas respectivamente. Las zonas de caza más destacables son los Montes de Toledo y la sierra de Ciudad Real. La caza en Castilla-La Mancha factura, anualmente, alrededor de 240 millones de euros, genera más de 5000 empleos fijos y más de 1.350.000 jornales. La actividad cinegética en Castilla-La Mancha contribuye a frenar la despoblación rural y tiene además una incidencia económica importante en el turismo, hostelería y restauración. Como apoyo a la actividad cinegética, existen en la región alrededor de 90 granjas para repoblación de cotos, que explotan una variada gama de especies (perdiz roja, faisán, codorniz, ciervo, gamo, etc).

No dudamos de las ventajas medioambientales y de la calidad sanitaria de los productos ganaderos producidos bajo la normativa de la ganadería ecológica. Castilla-La Mancha participa también, como otras comunidades españolas, de esa emoción productiva. Así, aunque la ganadería tiene menos peso que la agricultura ecológica, de acuerdo con García Romero y Cordero, (2010), no evitamos consignar que, en el año 2008, la cabaña ecológica de Castilla-La Mancha la constituían 60.047 animales: 49.146 ovinos (98,23% de carne y 1,77% de leche), 7121 caprinos (80,56% de carne y 19,43% de leche), 1817 bovinos (96 % de carne y 4% de leche) y 1963 gallinas que se desenvolvían en 140 explotaciones ganaderas ecológicas: 19 productoras de carne de vacuno, 72 de ganado ovino de carne, 32 de caprino de carne, sólo una de vacuno de leche, 4 de ovino de leche y 5 de caprino de leche, 2 de avicultura de puesta y 5 empresas apícolas que sumaban 1052 colmenas. Sin, duda el capítulo de la comercialización de los productos, donde se requiere mayor esfuerzo, es, actualmente, el principal problema de las explotaciones ganaderas ecológicas.

## **SISTEMAS DE EXPLOTACIÓN EXTENSIVOS Y SEMIEXTENSIVOS EN CASTILLA-LA MANCHA: DESCRIPTIVA Y PROPUESTAS DE MEJORA**

En Castilla-La Mancha, los sistemas ganaderos extensivos y semiextensivos están representados, fundamentalmente, por las explotaciones de reproductores de ganado vacuno, ovino y caprino de aptitud carne y las de cebo en montanera del cerdo Ibérico, situadas preferentemente en las áreas de dehesa de la franja Oeste de la región, por las explotaciones de ovino y caprino lechero unidas a las explotaciones agrícolas del interior, explotaciones apícolas y algunas explotaciones ligadas a la actividad cinegética de la comunidad. En las líneas que siguen vamos a comentar, muy brevemente, los sistemas de explotación de vacas nodrizas, ganado ovino, caprino y porcino Ibérico en la comunidad.

### **Vacas nodrizas**

Como hemos aludido, en las áreas de Dehesa de Castilla –La Mancha de las provincias de Toledo y Ciudad Real se explotan fundamentalmente vacas de razas autóctonas (Retinta, Avileña-Negra Ibérica, Berrendas) en pureza o bajo cruzamiento industrial con toros de la raza Charolés, Limusín o de otras razas de marcada aptitud cárnica, vacas cruzadas (Charolés o Limusín x autóctona) servidas por toros Charolés o Limusín (cruzamiento en doble etapa) e incluso las razas Charolés y Limusín en pureza. La explotación de las razas autóctonas en pureza queda relegada a las ganaderías adscritas a los Libros Genealógicos y ecológicas, mientras que el escenario productivo más frecuente en la región contempla los cruzamientos industriales o en doble etapa.

La planificación reproductiva observa parideras continuas, con producción de terneros al destete durante todo el año, o parideras concentradas en otoño–invierno con venta de terneros cuando finaliza la primavera. Las novillas se cubren por primera vez a los dos años y las vacas se eliminan con 15-17 años (10-12 años de vida útil), mientras que la relación toro/vacas está comprendida entre 1/25 y 1/40.

La cargas ganaderas más frecuentes fluctúan entre 0,33 a 0,5 vacas/ha. La evolución estacional de la cantidad y calidad del pasto (70-80% de la producción en el periodo febrero-junio y reducción drástica de la proteína en verano y parada estacional en invierno) exige una suplementación alimenticia anual (paja, henos y concentrados administrados en forma de tacos), administrada desde julio a febrero, que fluctúa entre 300 y 800 UFL (unidades forrajeras leche), según producción de pasto de la finca, carga ganadera, planificación reproductiva y año.

Los tratamientos sanitarios se reducen a las campañas de saneamiento ganadero (brucelosis y tuberculosis) y, en ocasiones, la administración de algún antiparasitario en primavera.

Los resultados productivos más frecuentes que se obtienen varían entre 0,65 y 0,80 terneros producidos al destete con 5-7 meses de edad y pesos variables comprendidos entre 200-290 kg de peso vivo según época de nacimiento, sexo y genotipo del ternero y manejo de la alimentación de la madre y de la cría

Nuestra propuesta personal y razonada de mejora de la productividad de las explotaciones de vacas nodrizas de Castilla-La Mancha incluiría las consideraciones siguientes:

- En lo que concierne a la base animal, utilización de vacas cruzadas de mediano formato (550-600 kg) 1/2 Charolés-1/2 autóctona servidas por sementales Charolés o Limusín, con lo que se producen terneros con 3/4 de raza mejorante y 1/4 autóctona que son los que demanda el mercado del cebo de terneros debido a sus buenos resultados productivos (ganancia media diaria de machos y hembras de 1,40 y 1,15 kg e índice de transformación del pienso próximo a 5 kg/kg y rendimiento a la canal comercial del 56-57%). La utilización de reproductoras de pequeño-mediano formato, en zonas semiáridas como las de la dehesa, permite por una parte que los animales satisfagan más fácilmente sus necesidades nutritivas de mantenimiento, y por otra aumentar el número de vacas /ha, por lo que, como quiera que las vacas pequeñas exigen menos suplementación alimenticia que las grandes y en las subvenciones de la UE no influye el tamaño de la vaca podrá aumentarse la ganancia por hectárea. Debe quedar claro, sin embargo, que la utilización de vacas cruzadas con menos de 1/2 de sangre autóctona, obtenidas por absorción de la raza autóctona con la raza Charolés, además de tener mayor peso vivo, conduce, generalmente, a pérdidas significativas de productividad relacionadas, fundamentalmente, con la dificultad al parto. En cambio, algunos experimentos (Daza y González, 1997) no han observado diferencias en el porcentaje de mortalidad de terneros de vacas Retintas y 1/2 Charolés-1/2 Retinta.
- Respecto al capítulo reproductivo es recomendable la concentración de parideras en cuatro o cinco meses (periodos octubre-enero u octubre-febrero). Es indudable que la fertilidad se reduce de cuatro a seis puntos respecto a la paridera concentrada, pero disminuyen la suplementación por vaca, las necesidades de mano de obra y el gasto en combustible, al poderse reducir el número de viajes anuales a la finca. Además el peso medio al destete de los terneros nacidos desde octubre a febrero es alrededor de 30 kg más elevado que el de los terneros nacidos desde abril a septiembre (Daza, 2010), aspecto que, unido a los anteriores, determinan la mayor rentabilidad de la paridera concentrada. En este sentido, por citar algunos ejemplos, Rodríguez *et al.* (1995) en un estudio de tres años de duración, realizado en la finca "El Dehesón del Encinar" de la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha (Oropesa, Toledo), cotejaron los resultados técnico-económicos de vacas de raza Avileña sometidas a paridera continua y concentrada en tres meses, desde noviembre a enero, utilizando una suplementación alimenticia adecuada que permitió que la condición corporal de las vacas desde el parto hasta la cubrición estuviera com-

prendida entre 2,5 y 3,0 puntos de la escala de Lowman *et al.* (1976). Como puede inferirse de la Tabla 13, el lote de vacas con paridera concentrada obtuvo mejores resultados técnicos y económicos que el de paridera continua. Debería abundarse más en este tipo de experimentos en la Dehesa con el fin de poder informar al ganadero sobre la planificación reproductiva más adecuada

Tabla 13. Resultados técnico-económicos de vacas de raza Avileña-Negra Ibérica sometidas a paridera concentrada o continua

Variable	Paridera	
	Concentrada	Continua
Condición corporal al parto	2,91	2,50
Condición corporal media parto-final del periodo de monta	2,79	2,72
Intervalo entre partos (días)	358,9	365,8
Peso de los terneros al nacimiento (kg)	36,3	38,0
Peso medio normalizado de los terneros al destete (180 días) (kg)	186,7	209,9
Ganancia media diaria nacimiento-destete de los terneros (g)	834	952
kg de ternero normalizados producidos/vaca puesta a cubrición	171,1	179,9
Coste medio de suplementación alimenticia por vaca (índice)	100	119
Índice de margen bruto por vaca	112	100

Fuente: Rodríguez *et al.* (1995).

En la cubrición de las novillas, que puede realizarse a los 18 meses de edad si han alcanzado al menos el 70% del peso adulto de la raza (en torno a los 400 kg), se utilizarán toros de raza autóctona o Limusin con el fin de evitar distocias al parto. El diagnóstico de gestación realizado por un veterinario después del periodo de monta es muy útil para aumentar la fertilidad del rebaño y racionalizar la eliminación de reproductoras. Eliminar sistemáticamente a todas las vacas que no paren un año no es económicamente aconsejable. Se sugiere, en este sentido, eliminar a las vacas viejas (>13 años) que no queden preñadas y a las que tengan problemas patológicos reproductivos, pero a las más jóvenes se les debe conceder otra oportunidad, es decir que puedan quedar gestantes en el siguiente periodo de monta, tras del cual, si no resultan preñadas, deberán ser eliminadas.

- En lo que se refiere a la alimentación suplementaria hay que respetar y satisfacer las necesidades nutritivas de las vacas al final de la gestación y durante la lactación y periodo de monta, fases que se solapan. Con el fin de ahorrar costes, es recomendable jugar con la condición corporal de la vaca (c.c.). En vacas adultas que dos-tres meses antes del parto tengan una buena condición corporal se puede reducir entre un 20 y un 30% sus necesidades energéticas totales (Osoro, 1991) y así mismo en vacas que lleguen al parto con una adecuada c.c. también puede disminuirse sus necesidades energéticas totales después del parto entre un 20 y un 30% sin que se alteren sus resultados reproductivos (Petit y Agabriel, 1993). En el ecosistema de la Dehesa las reproductoras sometidas a paridera concentrada en otoño pueden alcanzar, al final de la primavera 3,5-4 puntos de c.c de la escala de Lowman (López-Carrasco *et al.*, 2002), por lo que se puede permitir que durante el periodo destete-parto pierdan 0,7-0,9 puntos de c.c. controlando la suplementación al final de la gestación según disponibilidades de pasto. En los dos primeros meses posparto, todavía, se puede permitir que las vacas pierdan 0,1-0,2 puntos de c.c. En la práctica una vaca de 550 kg de peso vivo, que ha quedado gestante en marzo y que al destete en junio tenga una c.c. = 3,5 y disponga de pasto seco durante el verano,

- satisface sus necesidades de mantenimiento con una pérdida media diaria de peso de alrededor de 0,25 kg. Al final de la gestación (octubre y noviembre) y en los tres primeros meses de lactación (diciembre febrero) con aportes diarios de 1-2 y 3 UFL/vaca respectivamente puede llegar al periodo de monta con una c.c. entre 2,5 y 3,0.
- La realización del cebo de terneros en la propia explotación de reproductores con el fin de incrementar el valor añadido de los terneros destetados producidos es una decisión que en cada momento debe depender de un estudio económico previo a los cuales están poco acostumbrados los ganaderos e incluso los técnicos de algunas cooperativas y empresas. En estos momentos en las explotaciones de vacas de cría de la dehesa el cebo de terneros en estabulación con paja y concentrados no es rentable debido al elevado precio del pienso y al bajo precio del ternero cebado al sacrificio. Sin embargo, si el cebo de terneros es posible unirlo a la producción propia de cereales y de paja y se controlan los canales de comercialización, como ocurre en muchas explotaciones de cebo de terneros en Castilla-La Mancha, este segmento productivo, a pesar de las variaciones del mercado, es recomendable.

## Ganado ovino

En las explotaciones de ganado ovino de Castilla-La Mancha se utilizan razas autóctonas muy adaptadas al medio ecológico donde se desenvuelven: Merina, Entrefina y Talaverana en las dehesas de Ciudad Real y Toledo, Manchega, en todas las provincias de la comunidad, Alcarreña, fundamentalmente en Guadalajara y Cuenca, Ojalada y Roya Bilbilitana en Guadalajara y Segureña en Albacete unidas a explotaciones agrícolas como eficaces aprovechadoras rastrojos y otros residuos agrícolas, barbechos y pastos marginales. En las áreas de dehesas la carga ganadera varía frecuentemente entre dos y tres ovejas/ha, mientras que en las explotaciones cerealistas la carga es mucho más baja, y las ovejas, insoslayablemente, tienen que combinar el pastoreo con su estancia nocturna o estacional en aprisco apoyadas por alimentación en pesebre.

Las explotaciones de ovino lechero tienen como base animal a la raza Manchega y, en menor grado, como ya hemos aludido, a otras razas extrajeras, de introducción relativamente reciente, de marcada aptitud láctea, tales como la Lacaune, Awassi y Assaf, mientras que las explotaciones de carne cuentan, principalmente, con las razas Merina, Manchega de carne, Segureña y Talaverana. El ovino de carne también aprovecha barbechos, posíos, rastrojeras y residuos hortícolas y recibe suplementación en pesebre de las producciones agrícolas.

En las explotaciones de ovino de leche de la región se ha experimentado en los últimos años un proceso de intensificación, ligado a la mejora de la situación laboral de los pastores, que, necesariamente, al no contar las explotaciones agrícolas con cercas, tienen que conducir a los rebaños y realizar pastoreo itinerante para aprovechar sucesivamente barbechos y rastrojos de diverso origen en distintas parcelas. Así, en las explotaciones de ovino lechero de Castilla-La Mancha, el aporte alimenticio en aprisco (henos, "unifeed", concentrados y subproductos, etc) administrado a las ovejas durante los periodos fisiológicos final de la gestación, cría del cordero y ordeño, predomina sobremanera sobre el pastoreo, utilizado, generalmente, para ovejas en mantenimiento. En la *Tabla 14*, aparecen algunos datos que informan sobre la caracterización de las explotaciones de ovino lechero de ovejas de raza Manchega de Castilla La Mancha: intensificación reproductiva, incluso en las explotaciones de alta especialización lechera, duración de la cría entre 5 y 6 semanas con pesos al destete entre 11 y 14 kg y producciones anuales de leche por oveja entre 63 y 148 litros para duraciones del ordeño de 80, 98 y 120 días respectivamente. Los datos reflejados en la última columna (D) de la *Tabla 14*, corresponden a las medias de 12 explotaciones de ovejas Manchegas de la Asociación de Criadores (AGRAMA) en las que el ritmo re-

Tabla 14. Resultados técnicos de explotaciones de ovino de leche de raza Manchega en Castilla-La Mancha según grado de especialización lechera

Variable	A (1)	B (1)	C(1)	D (2)
Partos/ov/año	1,4	1,5	1,3	0,91
%partos dobles	29,2	29,6	24,7	18,0
% reposición	13,8	16,0	18,0	19,30
Duración de la cría (días)	43,2	37,1	34,7	
Peso corderos al destete (kg)	14,0	12,5	11,5	
Corderos vendidos/ov /año	1,3	1,1	0,90	0,85
Duración del ordeño (días)	79,8	97,8	120,0	
Producción de leche /ov /año (litros)	63,0	95,1	148,3	144,10

A,B y C el producto bruto de la explotación inherente a la leche era  $\leq 45$ , 46-65% y  $<65\%$  respectivamente, D producto bruto del 60%. Fuente: (1) Gallego *et al.* (1997), (2) Ramón (2008)

productivo objetivo era un parto/oveja/año. La repercusión del ritmo reproductivo sobre los resultados económicos de las explotaciones ovinas lecheras en Castilla-La Mancha no ha sido suficientemente estudiada. En nuestra opinión, cuando se disponga de ovejas con un nivel productivo superior a una media de 1 litro de leche diario, durante 150 días de lactación, parece más conveniente planificar la reproducción a un parto/oveja/año con cría de los corderos a media leche o mediante lactación artificial de corderos, con el fin de producir más leche, evidentemente, en detrimento de la producción de carne (Daza, 2002). Esta importante controversia sobre la planificación reproductiva tiene solución si los ganaderos y técnicos de las explotaciones se preocuparan, en cada caso concreto, por conocer la curva de lactación de su rebaño, de manera que en rebaños con curvas poco persistentes, que producen mucha leche en poco tiempo, se puede sugerir la intensificación reproductiva, mientras que en los de curvas persistentes, que recuerdan a las del ganado caprino, parece más conveniente reducir el ritmo reproductivo aunque se produzca menos carne. Aunque parece claro que en las explotaciones cuya base animal esté constituida por ovejas de bajo-mediano potencial lechero la intensificación reproductiva es lo más conveniente, sin embargo, la actuación reproductiva con las ovejas de alta producción bajo fórmulas semiextensivas de explotación se presta a discusión. Los resultados técnico-económicos obtenidos al respecto en explotaciones de ovejas de raza Assaf en Castilla y León, en el fondo región hermana de Castilla-La Mancha, recomiendan la intensificación reproductiva, incluso en reproductoras de alta producción utilizando métodos de control de la reproducción. Así, explotaciones de ovejas Assaf bajo pastoreo y semipastoreo planificadas a 1,2 partos /oveja /año con varias parideras anuales frente a explotaciones en estabulación planificadas a un parto/oveja/año y paridera anual única obtuvieron fertilidades anuales del 0,94 y 0,72 partos/oveja respectivamente, logrando, las explotaciones intensificadas, mayor rendimiento, económico (Mantecón *et al.*, 2006). Cuando se compararon explotaciones familiares de la misma raza y en la misma comunidad, planificadas a 1 y 1,5 partos/oveja/año las fertilidades anuales logradas fueron 0,92 y 1,30 partos/oveja /año, producciones de 301,7 y 374,9 litros de leche/oveja/año y 0,83 y 1,17 corderos vendidos por oveja/año respectivamente, lo que supuso márgenes anuales netos de 149,95 y 174,8 €/oveja presente respectivamente (Martín *et al.*, 2009). La intensificación reproductiva en ovino lechero, aumentando el número de parideras al año y lotificando el rebaño, mejora la fertilidad anual, la eficiencia de la mano de obra, la utilización de las instalaciones y la rentabilidad empresarial (Requejo *et al.*, 2010). En explotaciones familiares de ovejas de razas autóctonas lecheras de baja-mediana producción que se planifiquen a 1,5 partos/oveja/año y se logren fertilidades próximas a 1,25 partos/oveja/año, 1,0-1,2 corderos vendidos y una producción de



leche de 80-90 litros de leche por oveja presente y año, si la alimentación suplementaria es importante la rentabilidad empresarial, aún considerando las subvenciones de la UE, puede resultar dudosa, lo que significa que la supervivencia de las explotaciones de ovino lechero de Castilla-La Mancha tendrá que pasar, inexorablemente, por la intensificación a no ser que se produzcan cambios profundos en la política ganadera.

En el marco productivo de las explotaciones de ovino de carne de Castilla-La Mancha la intensificación reproductiva es lo más frecuente pero, al contrario que en ovino lechero, respetando los postulados de la explotación extensiva: sostenibilidad del ecosistema, predominio del pastoreo sobre la estancia en aprisco, coincidencia de disponibilidad de recursos pastables y necesidades nutritivas, calidad de los productos generados, etc. En la *Tabla 15*, reflejamos los modelos teóricos de planificación reproductiva más frecuente en ovino de carne. El sistema de parto único al año responde a los modelos tradicionales de producción con cubriciones en verano y partos en otoño-invierno, poco exigentes en suplementación alimenticia, sistemas que si la relación ovejas /mano de obra es elevada pueden ser rentables a pesar de su baja productividad (0,7-0,8 corderos/oveja/año). Actualmente, la mayoría de las explotaciones han optado por intensificar la reproducción diseñando programas teóricos entre 1,33 y 1,66 partos /oveja/año con la ayuda de destetes semiprecozes (35-45 días) y tratamientos hormonales en primavera (esponjas vaginales, melatonina, etc) con los que es posible obtener, con nuestras razas autóctonas, fertilidades anuales entre 1,2 y 1,45 partos /oveja/año y una productividad anual comprendida entre 1,3 y 2,0 corderos por oveja. Como hemos aludido, la intensificación reproductiva tanto en ovino de leche como de carne demanda, inexorablemente, el concurso de la utilización de hormonas destinadas a inducir el celo en primavera. Así, la melatonina, administrada a dosis de 18 mg/oveja e introducción de los machos 42 días después, tratados con melatonina o sin tratar, ha incrementado la fertilidad, prolificidad y fecundidad de ovejas Manchegas lecheras tratadas en abril frente a ovejas no tratadas (70,4 vs 62,4%; 1,64 vs 1,38 y 86 vs 115,5% respectivamente) además de afectar positivamente a la concentración de los partos (95% de los mismos en 24 días en las ovejas tratadas frente a 29 días en las no tratadas), lo que es beneficioso para el manejo de los lechales (Ramírez *et al.*, 2004). Así mismo, en ovejas Manchegas de carne en cubriciones de junio la melatonina aumentó la fertilidad, prolificidad y fecundidad de un 58,4 a un 73,5%, de 1,21 a 1,40 corderos/parto y de 70,5 a 102,9 corderos nacidos/oveja puesta a cubrición (Pontes *et al.*, 2004).

*Tabla 15. Planificación reproductiva del ovino de carne*

Parideras/año	Desfase entre parideras (meses)	Intervalo entre partos (meses)	Ritmo reproductivo partos/ov/año	Nº de lotes del rebaño
1	12/1	12	1,0	12/12= 1
2	12/2 = 6	12	1,0	12/6 = 2
3	12/3 = 4	8	12/8 = 1,5	8/4 = 2
4	12/4 = 3	9	12/9 = 1,33	9/3 = 3
5 <sup>(1)</sup>	12/5 = 2,4	7,2	12/7,2 = 1,66	7,2/2,4 = 3
6 <sup>(2)</sup>	12/6= 2	8	12/8 = 1,5	8/2= 4

(1) sistema STAR, (2) sistema CAMAL.

Las fórmulas de cría de corderos en las explotaciones lecheras de ovejas Manchegas se basan en destetes a los 30-35 días y cebo posterior en aprisco con paja y concentrados hasta los 25-30 kg de peso vivo aprovechando así el excelente potencial de crecimiento de la raza, lo que concuerda con la vía seguida en las explotaciones de carne.

## Ganado caprino

En Castilla-La Mancha se explotan, fundamentalmente, las razas Murciano-Granadina en explotación semiextensiva o intensiva, la Negra Serrana y la Blanca Celtibérica en explotaciones de corte extensivo. La raza Murciano-Granadina es la de mayor importancia censal en Castilla-La Mancha y es, probablemente, la raza caprina, de aptitud leche, que combina más adecuadamente rusticidad y productividad.

Los modelos de explotación de ganado caprino en Castilla-La Mancha responden a fórmulas semiextensivas con tendencia creciente a la intensificación representada en el escenario de la estabulación permanente. La razas de aptitud carne-leche (Negra Serrana) o de carne (Blanca Celtibérica) se explotan bajo criterios extensivos de producción teniendo poco peso censal y productivo en el marco caprino de la comunidad. De hecho, ambas razas están catalogadas, dentro de Castilla-La Mancha, como en peligro de extinción. Las explotaciones son de tipo familiar de pequeño tamaño y, en ocasiones, mixtas caprino-ovino.

Donde sea posible, en Castilla-La Mancha, explotar a la raza Murciano-Granadina bajo explotación semiextensiva proponemos un ritmo reproductivo de un parto al año con una paridera temprana principal en otoño (octubre-noviembre) y otra tardía secundaria en invierno (febrero-marzo), correspondiente a las cabritas de reposición (nacidas en octubre y cubiertas al año de edad) y a las cabras adultas que no parieron en otoño, por no haber quedado gestantes en la monta principal de primavera. Los cabritos pueden ser amamantados por las madres, hasta los 40 días de edad (8-9 kg de peso vivo), o ser sometidos a lactación artificial (previo estudio económico) y proseguir con un periodo de ordeño de 7-8 meses en el que es factible obtener entre 400 y 450 kg de leche por cabra ordeñada con el 5,30% de grasa y 3,80% de proteína (Daza *et al.*, 2004). Las razas de aptitud carne (Blanca Celtibérica) deben orientarse a la producción de cabritos lechales de calidad, intensificando la reproducción (1,5 partos/año), sin menoscabo de que puedan ser ordeñadas coyunturalmente en primavera, si precio de la leche de cabra es elevado.

Como ocurre en el ganado ovino de leche en el caprino de leche de Castilla-La Mancha (raza Murciano-Granadina) se está observando una progresiva intensificación que, sin duda, con el tiempo, desembocará en la estabulación permanente.

## Ganado porcino Ibérico

En la explotación del ganado porcino Ibérico, el único segmento de producción extensiva corresponde a la montanera (acabado desde los 100 hasta los 160 kg de peso vivo de los animales con bellota y hierba desde noviembre a enero) y en ocasiones a la fase de pre-montanera (60-100 kg). La explotación de reproductores, lechones destetados y cerdos de recría, suele hacerse, desde hace un buen número de años, en estabulación permanente alimentando a los animales con concentrados. Con un manejo como el citado, la productividad factible de obtener fluctúa, según explotación, entre 12 y 15 cerdos cebados producidos por cerda y año, productividad muy baja si se compara con la que se obtiene en las explotaciones de cerdo blanco (24-26 cerdos producidos por cerda y año)

## ANÁLISIS ECONÓMICO Y REFLEXIONES FINALES

En la *Tabla 16*, aparecen reflejados los resultados de análisis económicos correspondientes a explotaciones tipo de vacuno de carne productoras de terneros al destete, de ovino de leche de raza Manchega que ceba los corderos en la propia explotación y produce leche para la elaboración de queso Manchego, de ovino de carne de raza Talaverana que ceba los corderos y de caprino de leche de raza Murciano-Granadina donde se producen cabritos lechales y se ordeña durante siete meses. La explotación tipo de vacuno de carne considerada observa paridera concentrada en otoño-invierno, una carga ganadera de 0,4 vacas tipo/ha y vende 0,66 terneros de

230 kg y 0,08 vacas viejas/año por vaca productiva. En la explotación de ovino Manchego se obtienen 1,25 partos/oveja/año, se venden 1,2 corderos cebados de 28 kg de peso vivo, 0,15 ovejas viejas y 100 litros de leche por oveja productiva y año, mientras que en la de ovino Talaverano, de aptitud carne, la carga ganadera es de 2,5 ovejas /ha, se logra un ritmo reproductivo de 1,33 partos/oveja/año y se venden 1,4 corderos cebados de 25 kg y 0,17 ovejas viejas por oveja tipo productiva y año. En la explotación de caprino lechero se obtienen 0,83 partos/cabra/año y se venden 1,05 cabritos lechales de 9 kg, 0,15 cabras viejas y 370 litros de leche por cabra productiva y año. Los datos técnicos de las explotaciones consideradas han sido extraídos de diversas fuentes bibliográficas, y los precios de las producciones animales y de la alimentación suplementaria del semanario Agronegocios (2010, 2011). Los análisis económicos han sido minuciosamente realizados, sin considerar las subvenciones de la UE, utilizando el método propuesto por Alonso y Serrano (1991, 2004).

**Tabla 16. Estimación de los resultados económicos de explotaciones ganaderas de Castilla-La Mancha, sin considerar las compensaciones de la UE**

Costes/reproductora tipo/año (C) en euros	Vacuno	Ovino	Ovino	Caprino
Amortización instalaciones, cercas y maquinaria	20	15	5	16
Amortización del ganado (Ag)	40	10	6	12
Alimentación (A)	140	60	35	88
Mano de obra MO)	112	50	26	74
Otros costes(OC) (CR+H+V)	70	12	10	16
Intereses (IN+GAN+CC)	37	10	5,5	12
Costes variables (CV) (cordero cebado)	-	17x1,2	12x1,4	-
Total costes	419	177,4	104,3	218
Ingresos/ reproductora tipo/año (I) en euros	350	161	91	184
Ganancia = I-C	-69	-16,4	-13,3	-34
Beneficio = ganancia-coste oportunidad (CO)	-249	-	- 42,1	-
Margen bruto = I - (Ag +A+MO+OC + CV) -12	8,6	-2,8	-6	
Renta disponible = MB+MO familiar	88	38,6	17,2	24

Fuente: Elaboración propia.

De los resultados reflejados en la *Tabla 16*, puede inferirse que:

- Cualquiera que sea el sector ganadero, los costes inherentes a la alimentación suplementaria y a la mano de obra son los más importantes. Por lo tanto, la gestión técnica debe incidir, fundamentalmente, sobre ambas partidas de coste para que las explotaciones extensivas sean más competitivas. En lo que concierne a la alimentación, la utilización de subproductos puede ser una vía para abaratar costes, así como que la industria de los piensos compuestos formule piensos suplementarios acordes con la composición nutritiva del pasto que los animales consumen en cada estación del año. El coste de la mano de obra, unido a la mejora de la situación laboral de la misma, ya está siendo tenido en cuenta por la investigación ganadera. Así por señalar algunos ejemplos, la disminución de la producción de leche ordeñada se reduce un 33% y un 19% en ovejas Manchegas y Lacaune respectivamente cuando la frecuencia de ordeños se reduce de dos a una vez al día (lo que significa reducir las necesidades de mano de obra), pero sin que se generen efectos negativos sobre la composición de la leche ni sobre la sanidad de la ubre (Castillo *et al.*, 2005). Cuando se compararon dos distribuciones de la alimentación suplementaria en vacas secas de raza Parda de Montaña, una vez a la semana *versus* una vez al día, no se obser-

varon consecuencias negativas, a largo plazo, sobre el rendimiento de las vacas (Casasús *et al.*, 2009, 2010) y en algunas explotaciones de vacas nodrizas de Extremadura donde la suplementación alimenticia, desde julio a febrero, se administra cada dos días en vez de todos los días, no parece que tal estrategia reductora de mano de obra influya aparentemente sobre la productividad de los animales.

- Las explotaciones de vacas nodrizas, ovino de carne y caprino de leche, con mano de obra asalariada, no son rentables si en el capítulo de ingresos no se consideran las compensaciones de la UE. El ovino de leche en Castilla-La Mancha está pasando actualmente (enero de 2011) por un momento más favorable debido al precio elevado de la leche, pero que en cualquier momento podría cambiar. Sin embargo, el sector caprino español, que exportaba leche a Francia, se ha encontrado con la competencia de Holanda, meta actual de la industria láctea francesa, donde el coste de producción de la leche de cabra es más bajo que en España. La subida abusiva, fruto de la especulación, del precio de los cereales unida al efecto negativo de algunos factores sanitarios (lengua azul) han contribuido a la crisis económica de sectores como el vacuno y ovino de carne.
- En las explotaciones con mano de obra familiar el margen bruto (renta disponible) es positivo, aún sin compensaciones comunitarias, pero la rentabilidad es muy baja. Como consecuencia, no es sorprendente que sindicatos agrarios, asociaciones de productores de diversa naturaleza y los propios ganaderos hayan estado de acuerdo con el reciente desacoplamiento total de los sectores ovino y caprino. Sin embargo, en el sector del ganado vacuno de carne, aunque los sindicatos agrarios, con lógico criterio económico, han sugerido el interés del desacoplamiento total, sin embargo, el MARM con el fin de no desabastecer de terneros destetados al segmento productivo nacional del cebo se ha opuesto a tal sugerencia.
- Si se estima el rendimiento de la inversión, cualquiera que sea el tipo de explotación extensiva considerada, el valor que se obtiene es nulo, lo que significa que la actividad ganadera extensiva cuando no está sustentada por ganaderos románticos o por amantes de la libertad laboral, se trata de una forma de autoempleo porque, probablemente, el mercado no ofrece otro más ventajoso.
- El desacoplamiento total de un sector ganadero se traduce en el abandono de la actividad ganadera en las explotaciones menos competitivas (que suelen ser, generalmente, las de menor tamaño) y, como consecuencia, en la concentración de la oferta, mejora de la comercialización y calidad de los productos y, probablemente, en la continuidad de las explotaciones al incrementarse el atractivo económico de las mismas. Sin embargo, no debe olvidarse que la ganadería extensiva tiene una función medioambiental y social pues ocupa tierras de pastos, frena la despoblación, crea empleo en el medio rural y contribuye al mantenimiento de los ecosistemas y del paisaje, aspectos que invitan a reflexionar sobre el desacoplamiento de la ganadería extensiva.
- Desde hace años, la Administración, cualquiera que fueran sus postulados ideológicos, de una parte, ha sido incapaz de cohesionar a los componentes de la cadena de comercialización de los productos ganaderos (productores, industria y centros de distribución) y, de otra, de aplicar ayudas adecuadas a los productores para compensar la pérdida de competitividad, derivada de la política de importaciones y del incremento inusitado del precio de los cereales. Tales aspectos han contribuido a la escasa rentabilidad de la ganadería extensiva sector infinitamente más débil que la industria y la distribución. Esperemos que con la futura nueva PAC la situación cambie favorablemente. No perdamos la esperanza.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALEGRE, J., 1991. *Análisis de un sistema de producción de carne de ovino basado en praderas de alfalfa (Medicago sativa) en secano. Productividad del pasto, cebo de corderos y características de las canales*. Tesis Doctoral. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. Universidad Politécnica de Madrid.
- ALONSO, R.; SERRANO, A., 1991. *Los costes en los procesos de producción agraria*. Ed Mundi Prensa, 147 pp.
- ALONSO, R.; SERRANO, A., 2004. *Economía de la empresa agroalimentaria*. Ed. Mundi Prensa, 383 pp.
- AGRONEGOCIOS, 2010 y 2011. (números 497 y 498 de diciembre de 2010 y 501, 502 y 503 de enero de 2011). Ed. Eumedia. Madrid.
- CASASÚS, I.; BLANCO, M.; ÁLVAREZ-RODRÍGUEZ, J.; SANZ, A.; REVILLA, R., 2009. Efecto de la simplificación del manejo alimenticio en vacas secas. *ITEA, Tomo II*, 427-429.
- CASASÚS, I.; BLANCO, M.; ÁLVAREZ-RODRÍGUEZ, J.; SANZ, A.; REVILLA, R., 2010. Reducción de la frecuencia de alimentación en vacas secas. *Mundo Ganadero*, **238**, 68-73.
- CASTILLO, V.; SUCH, X.; CAJA, G.; CASALS, R.; ALBANELL, E., 2005. Efectos de uno versus dos ordeños diarios sobre la producción y composición de la leche de ovejas de raza Manchega y Lacaune. *ITEA, Vol Extra, nº 26, Tomo I*, 252-254.
- CONSEJERÍA DE AGRICULTURA Y MEDIO AMBIENTE., 2010. La caza en Castilla-La Mancha. Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha. [www.jccm.es](http://www.jccm.es).
- DAZA, A.; GONZÁLEZ GUTIÉRREZ-BARQUÍN, A., 1997. Variación del intervalo entre partos de vacas Retintas y Charolés x Retinta sometidos a paridera continua. *Archivos de Zootecnia*, **46**, 347-355.
- DAZA, A., 2002. *Mejora de la productividad y planificación de explotaciones ovinas*. Ed. Agrícola Española S.A. 232 pp.
- DAZA, A.; FERNÁNDEZ, C.; SÁNCHEZ, A., 2004. *Ganado caprino. Producción, alimentación y sanidad*. Ed. Agrícola Española S.A. 312 p.
- DAZA, A. 2010. *Planificación técnico-económica de explotaciones de vacas de cría en la Dehesa*. Monografía X Premio Cristóbal de la Puerta. Ed. Agrícola Española SA (en prensa).
- ESPEJO, A.M.; ESPEJO, M.; PRIETO, P.M.; PAREDES, J., 2009. Optimización de las cargas ganaderas en las dehesas de Extremadura. *XIII Jornadas sobre Producción Animal. ITEA, Tomo II*, 415-417.
- GALLEGO, L.; MOLINA, A.; ALBIÑANA, B., 1997. Sistemas de producción en la raza Manchega. En: *Ovino de leche: aspectos claves* (Coordinador C.Buxadé). Ed Mundi Prensa, 375-400.
- GARCÍA ROMERO, C.; CORDERO, R., 2010. Cooperación interterritorial y producción ecológica en Castilla-La Mancha. *Ganadería*, **64**, 42-47.
- LÓPEZ-CARRASCO, C.; ROBLEDO, J.C.; OVEJERO, I.; DAZA, A., 2002. Efecto de la disponibilidad de pasto sobre las variables productivas de vacas Avileña-Negra Ibérica en el ecosistema de la dehesa. *XLII Reunión Científica de la SEEP*, Lérida, 469-474.
- LÓPEZ-CARRASCO, C.; ROBLEDO, J.C., 2008. Efecto de la aplicación de dos fertilizantes fosfóricos sobre la producción y composición de pastos herbáceos en la "Campana de Oropesa", Toledo. *XLVIII Reunión Científica de la SEEP*, Córdoba, 295-300.
- LOWMAN, B.G.; SCOTT, N.A.; SOMERVILLE, S.H., 1976. *Condition Scoring Suckler Cows*. E.S.C.A, Bull nº 6.
- MALDONADO, A., OLEA, L., VIGUERA, J., POBLACIONES, M. J. 2004. Efecto de la aplicación de diferentes fuentes de fertilización fosfórica sobre suelos de pizarra en dehesas y pastizales del S. O. de España. *XLIV Reunión Científica de la SEEP*, Salamanca, 491-496.
- MANTECÓN, A. R.; VILLADANGOS, B.; DÍEZ, P.; MARTÍNEZ,; LAVÍN, P., 2006. Gestión económica en ovino de leche. *Mundo Ganadero*, **191**, 50-56.

- MAPA., 2000. *Anuario de estadística agroalimentaria*.
- MARM., 2010. *Anuario de estadística agroalimentaria*.
- MARM., 2010. *Encuesta sobre superficies y rendimientos de cultivos. Resultados nacionales y autonómicos*. Secretaría General Técnica. Subdirección General de Estadística. Madrid.
- MARTÍN, S.; RUIZ-MANTECÓN, A.; LAVÍN, M. P., 2009. Manejo reproductivo y gestión técnico-económica. *Mundo Ganadero*, **221**, 56-60.
- MUSLERA, E.; RATERA, C., 1991. *Praderas y forrajes. Producción y aprovechamiento*. Ed. Mundi Prensa, 674 pp.
- OLEA, L.; PAREDES, J.; ESTEBAN, G., 1996. Influencia de la superficie disponible y del tamaño de rebaño en la dehesa del sudoeste de la península Ibérica. *XXXVI Reunión Científica de la SEEP*, La Rioja, 281-287.
- OSORO, K.; ORMAZÁBAL, J. J.; FERNÁNDEZ, E.; TARAPIELLA, J. R.; OLIVAN, M., 1991. Condición corporal y alimentación invernal de vacas de cría de raza Asturiana con paridera en enero-febrero. *ITEA, Vol Extra, nº 11, Tomo I*, 112-114.
- PETIT, M.; AGABRIEL, J., 1993. Etat corporel des vaches allaitantes Charolaises. *Productions Animales*, **6**, 311-318. Ed. INRA.
- PONTES, J. M.; PONTES GARCÍA, J. M.; VALARES, J. A.; PALACÍN, I.; ABECIA, J. A.; FORCADA, F.; MARTÍN, S.; MARTINO, A., 2004. Mejora de los índices reproductivos con la incorporación de implantes de melatonina en oveja Manchega con sistema STAR para la cubrición de junio. *XXIX Jornadas Científicas de la SEOC*, 152-154.
- RAMÓN, M. 2008., Mejora de la rentabilidad de las explotaciones de ovino lechero de raza Manchega: estudio económico. *Ganadería*, **52**, 44-48.
- RAMÍREZ, J.C.; ABECIA, J. A.; DELETANG, F.; MARTÍN, S.; MARTINO, A., 2004. Eficacia de implantes de melatonina en raza Manchega de aptitud leche en la cubrición de abril. *XXIX Jornadas Científicas de la SEOC*, 158-160.
- REQUEJO, J. A.; MARTÍN, S.; MANTECÓN, A. R., 2010. Plan de explotación en ovino de leche. Mejora de la eficiencia de la mano de obra e instalaciones. *Mundo Ganadero*, **234**, 34-39.
- RODRÍGUEZ, R.; LÓPEZ-CARRASCO, C.; BLÁZQUEZ, M. A.; ZUZUARREGUI, J., 1995. Efecto de la fecha de programación de las parideras y del nivel de reservas corporales en los índices reproductivos y productivos de vacas Avileña-Negra Ibérica. *ITEA, Vol Extra, nº 16, Tomo I*, 295-397.
- VALIENTE, O. L.; DE VEGA, A.; DELGADO, I.; GUADA, J., 2004. La rastrojera de cebada como recurso de verano para el ganado ovino en zonas áridas. *XXIX Jornadas Científicas de la SEOC*, 196-198.

## THE EXTENSIVE LIVESTOCK IN CASTILLA-LA MANCHA

### SUMMARY

The present report studies Castilla-La Mancha (Spain) vegetable production and pastoral resources and the census and productive importance of major livestock sectors related with extensive livestock. Nurse cows, milk and meat sheep, milk goat and Iberian pig production systems were also studied. Moreover, an economic analysis of the productions systems more representative of land was carried out.

**Key words:** pastoral resources, census and productions, productions systems.

# ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN LA BASE DE DATOS “PASTOS ESPAÑOLES (SEEP)” PARA LA OBTENCIÓN DE TABLAS DE RACIONAMIENTO

F. MAROTO MOLINA<sup>2</sup>, A. GÓMEZ CABRERA<sup>1</sup>, J.E. GUERRERO GINEL<sup>1</sup>, A. GARRIDO VARO<sup>1</sup> y D. PÉREZ MARÍN<sup>1</sup>

## RESUMEN

La base de datos “Pastos Españoles (SEEP)”, desarrollada por el Servicio de Información sobre Alimentos y la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos, contiene gran parte de la información productiva y nutricional sobre pastos publicada en España entre los años 1960 y 2000. Actualmente, es posible acceder a los estadísticos de la base de datos mediante consultas personalizadas on-line, a pesar de lo cual, es conveniente disponer de tablas de racionamiento para algunos pastos. El objetivo del presente trabajo es analizar la posibilidad de obtener dichas tablas a partir de la información de la base de datos.

Se caracterizan los contenidos de la base de datos y se establecen criterios para la selección de los pastos a incluir en las tablas y para el cálculo de los valores tabulados, tomado como ejemplo los datos disponibles para el forraje de maíz.

En general, se detectan ciertas carencias de metadatos (pocos datos de estado fenológico, número de corte, etc) que dificultan la obtención de tablas específicas para todas las condiciones posibles en cada pasto. Por otro lado, aunque el número de determinaciones diferentes es muy alto, escasean los valores nutritivos. Se analiza la posibilidad de utilizar ecuaciones de predicción y calcular matrices completas de datos tabulados.

**Palabras clave:** composición, valor nutritivo, alimentos, caracterización.

## INTRODUCCIÓN

La base de datos “Pastos Españoles (SEEP)” (en adelante P. E.) es el resultado del proyecto de transferencia de resultados de investigación “Tipificación, Cartografía y Evaluación de los Pastos Españoles” (en adelante T. C. E.) que recopiló la información sobre pastos publicada en España en los últimos 40 años del siglo xx, y de la colaboración entre la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos (SEEP) y el Servicio de Información sobre Alimentos (SIA) de la Universidad de Córdoba (Gómez *et al.*, 2008).

---

<sup>1</sup> Departamento Producción Animal. ETSIAM. Universidad de Córdoba.

<sup>2</sup> Servicio de Información sobre Alimentos (SIA). SCAI. Universidad de Córdoba. Campus de Rabanales. Ctra. Nacional IV km 396 14014 Córdoba (España).

Actualmente es posible consultar on-line la base de datos P. E. a través de la página web del SIA: [www.uco.es/sia](http://www.uco.es/sia). Las consultas permiten conocer los datos estadísticos (media, rango y desviación típica) de los análisis disponibles para una selección de muestras diseñada *ad hoc* por el usuario. En principio, esta situación supone un paso adelante muy importante con respecto a la consulta de las tradicionales tablas de racionamiento (FEDNA, 2010; INRA, 2007, etc). Sin embargo, la posibilidad de consultar la base de datos no excluye la necesidad de disponer de tablas, bien para consulta y/o para su inclusión en programas de racionamiento.

En este sentido, Schlotke (1996) aboga por la distinción de dos tipologías de usuario. En primer lugar, el usuario "no especialista" (ganaderos, técnicos,...) demanda información general y completa, esto es datos finales de valor nutricional (Energía Neta, PDI, etc) acompañados de información relativa a las condiciones de uso del alimento y otros aspectos importantes de cara al racionamiento de los animales. Además, este usuario rechaza los vacíos de información (todos los datos deben estar disponibles para todos los alimentos). Por otro lado, el usuario "científico" (investigadores) necesita datos brutos (ausencia de valores estimados y/o imputados) y perfectamente definidos a través de una metadatación completa que permita descomponer fácilmente los factores de variabilidad existentes.

La base de datos P. E. on-line, así como las versiones de escritorio distribuidas entre los grupos de trabajo del proyecto T. C. E. en la XLVIII Reunión Científica de la SEEP en Huesca, cubren las necesidades del usuario "científico". Sin embargo, de cara al usuario "no especialista" (ganaderos, técnicos, etc) unas tablas de pastos españoles podrían resultar un producto más adecuado.

En base a lo expuesto, el objetivo del presente trabajo es evaluar la posibilidad de obtener unas tablas de composición y valor nutritivo de pastos españoles con fines de racionamiento a partir de la información contenida en la base de datos P. E.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Caracterización de contenidos de la base de datos

La información contenida en P. E. supone alrededor de 21 000 muestras (más de 3200 nombres diferentes) y 143 000 determinaciones analíticas y técnicas (más de 200 tipos) (Maroto *et al.*, 2009). Esta descripción de la base de datos no es adecuada para abordar los objetivos del presente trabajo, ya que muchos de los 3200 nombres se refieren a un mismo pasto. Por ello, es necesaria una agrupación de dichos nombres, así como una caracterización de la información disponible para cada uno de ellos.

Se ha optado por agrupar los nombres de muestra incluidos en P. E. por especie botánica (en su defecto por agrupación o comunidad botánica) obteniendo el número de muestras disponibles para cada una de ellas.

### Selección de contenidos de las tablas

A pesar de la existencia de tablas de composición y valor nutritivo de alimentos obtenidas a partir de los datos de muy pocas muestras, incluso sólo una, en el presente trabajo se ha considerado un mínimo de 20 muestras para la obtención de datos tabulados.

Por otro lado, los datos asociados a las muestras disponibles deben permitir el cálculo de los valores tabulados.

### Cálculo de valores tabulados

En una situación ideal los pastos a incluir en las tablas deberían disponer en P. E. de datos de digestibilidad de la materia orgánica, junto a los principales datos de composición (proteí-



na, grasa, fibra y minerales). Sin embargo, Farrán *et al.* (1994) ponen de manifiesto la necesidad de utilizar valores calculados para obtener tablas completas. En el presente trabajo se hace referencia, tanto al uso de ecuaciones de predicción procedentes de la bibliografía (INRA, 2007; REDALAN, 2009) como a las obtenidas a partir de la base de datos propia.

Se ha utilizado el caso del maíz, una de las especies más representadas en P. E., para analizar las posibilidades de construir unas tablas a partir de la información disponible.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Caracterización de contenidos de la base de datos

#### **Muestras de especies individuales**

La base de datos P. E. contiene información de un total de 466 especies diferentes, pero el nivel de representación de las mismas es muy heterogéneo, ya que para casi el 70% de las especies se dispone de menos de 5 muestras. En la tabla 1 se recogen aquellas especies con más de 200 muestras.

Tabla 1. Especies con más de 200 muestras en la base de datos P. E

Especies	Nº de muestras	Porcentaje <sup>1</sup>
<i>Medicago sativa</i>	3696	26,22
<i>Zea mays</i>	1438	10,20
<i>Lolium spp</i>	1247	8,85
<i>Lolium multiflorum</i>	1039	7,37
<i>Sorghum bicolor x Sorghum sudanense</i>	494	3,51
<i>Hordeum vulgare</i>	374	2,65
<i>Avena sativa</i>	373	2,65
<i>Lolium perenne</i>	278	1,97
<i>Hedysarum coronarium</i>	248	1,76
<i>x Triticale</i>	211	1,50
<i>Vicia sativa</i>	202	1,43

<sup>1</sup>Porcentaje sobre muestras de especies individuales

Se puede observar que sólo *Medicago sativa* aglutina más de la cuarta parte de la muestras de especies individuales. Si se consideran las cuatro especies más representadas, el porcentaje asciende hasta el 52,65%. Además, es preciso tomar en cuenta que *Lolium spp* y *Lolium multiflorum* no son necesariamente especies diferentes, ya que en el primer grupo no es posible distinguir la inclusión de especies diferentes a *L. multiflorum*. Este caso ilustra la importancia de una adecuada metadatos de la información, ya que resulta imposible integrar los datos de *Lolium spp* que puedan ser comunes con los de las 1039 muestras de *Lolium multiflorum*, haciendo poco utilizable dicha información.

#### **Muestras de comunidades vegetales de uso pastoral**

Existe un alto porcentaje de las muestras (33,57 %) que no se refieren a especies individuales, sino a comunidades vegetales no definidas como prados y pastizales o a cultivos polifitos como veza-avena. En principio, este tipo de información no suele encontrarse en las tablas de alimentos, si bien en este caso, dado el amplio uso de algunos de estos pastos en nuestro país, su inclusión podría ser muy interesante.

Al igual que las especies individuales, las comunidades vegetales de uso pastoral tie-

nen una representación heterogénea en la base de datos, estando disponibles menos de 5 muestras en más del 50% de los casos. La *tabla 2* recoge aquellas comunidades vegetales de uso pastoral con más de 200 muestras disponibles:

*Tabla 2. Comunidades vegetales de uso pastoral con más de 200 muestras en la base de datos P. E.*

Especies	Nº de muestras	Porcentaje <sup>1</sup>
Pradera	1755	24,64
Prado	1641	23,04
Pastizal	613	8,60
Pasto de puerto	491	6,89
Mezcla <i>Lolium-Trifolium</i>	474	6,65
Cereal	236	3,31

<sup>1</sup>Porcentaje sobre muestras de comunidades vegetales de uso pastoral

Se puede observar la abundancia de datos de comunidades vegetales no definidas. En el caso de los pastos naturales (prados, pastizales y pastos de puerto) el cálculo de valores tabulados debería ir acompañado de una localización geográfica, pero este metadato no se incluye de forma precisa en un alto porcentaje de las muestras de la base de datos P. E., para las que sólo se indica la Comunidad Autónoma de origen.

Por otro lado, además de la mezcla *Lolium-Trifolium* que aparece en la tabla 2, P. E. incluye suficientes datos relativos a otras mezclas forrajeras muy utilizadas en España: *Avena-Lolium* (195), *Vicia-Avena* (130) y *Medicago-Lolium* (76). Esta información es susceptible de ser incluida en tablas.

### Selección de contenidos de las tablas

El límite mínimo de 20 muestras establecido para el cálculo de valores tabulados reduce los pastos a incluir en las tablas a un máximo de 59 especies y 32 comunidades vegetales de uso pastoral. Esta cifra puede parecer baja toda vez que autores como Farrán *et al.* (1994) establecen que las tablas de alimentos suelen contener entre 200 y 300 productos. Sin embargo, hay que tener en cuenta que normalmente cada pasto no aparece como un único alimento en las tablas, sino que se diferencia según el tratamiento previo a su consumo. Por ejemplo, la alfalfa suele aparecer como forraje fresco, henificado y ensilado y, para cada uno de estos productos, es posible diferenciar valores según el ciclo de cultivo, el estado vegetativo, etc.

### Cálculo de valores tabulados

#### **Información disponible**

Describir los datos disponibles en P. E. para cada una de las especies a incluir en las tablas es una tarea ímproba. Así, en el presente trabajo se utiliza como ejemplo una de las especies más comunes: el maíz.

Tal y como se indica en la *tabla 1*, P. E. alberga 1438 muestras de maíz (*Zea mays*). La *tabla 3* recoge los distintos productos incluidos y el número de muestras para cada uno de ellos.

Aunque en todos los casos la información disponible es susceptible de ser utilizada (por ejemplo, la del cañote) realmente sólo los dos primeros productos son utilizados normalmente. Por ello, se consideran los únicos a incluir en las tablas y sobre los que se deben estudiar los datos y metadatos disponibles (*tabla 3*).

Tabla 3. Productos de maíz en la base de datos P. E.

Producto	Nº de muestras
Forraje fresco	632
Forraje ensilado	376
Mazorca	200
Tallo fresco	154
Forraje (sin mazorca) fresco	52
Forraje deshidratado	8
Otros <sup>1</sup>	16

<sup>1</sup>Incluye hoja fresca, cañote, forraje henificado, ensilado sin mazorca y forraje complementado con otros alimentos.

La *tabla 4* de nuevo pone en evidencia carencias importantes en la metadación descriptiva de las muestras. Por ejemplo, el metadato estado fenológico, que influye de forma importante en la composición de los forrajes (Smith y Sund, 1965; Khorasani *et al.*, 1997) está disponible sólo para un 13% de las muestras de maíz, tanto fresco como ensilado (este porcentaje es muy similar en el resto de pastos a incluir en las tablas). Es muy difícil o imposible utilizar esta información para la construcción de tablas específicas de todos los estados posibles del forraje.

Tabla 4. Datos y metadatos para forraje fresco y ensilado de maíz

Datos y metadatos		Forraje fresco	Forraje ensilado	Datos y metadatos		Forraje fresco	Forraje ensilado
Metadatos descriptivos	Producto	632	376	Parámetros de degradabilidad	a (MS)	1	1
	Parte	632	376		b (MS)	1	1
	Proceso	632	376		a (PB)	1	1
	Estado fenológico	82	49		b (PB)	1	1
	Tratamiento	-	4	Digestibilidad "in vitro"	TyT MS	20	-
	Variedad	195	1		TyT MO	41	9
	Fecha recogida	247	338		Pep-Cel MS	48	12
Procedencia	632	376		ND-Cel MS	20	2	
Componentes químicos	Materia Seca	312	365		ND-Cel MO	49	2
	Cenizas	234	352	Digestibilidad "in vivo"	MS (rumiantes)	14	13
	Proteína Bruta	364	366		MO (rumiantes)	8	3
	Fibra Bruta	196	179	Energía	Bruta	-	1
	Extracto Etéreo	40	2		Digestible	4	1
	Almidón	143	79		Metabolizable	-	3
	Azúcares solubles	-	1	Ingestibilidad	MS	14	12
	FND	340	341		Acético	-	15
FAD	219	271	Propiónico		-	2	
LAD	67	3	Butírico		-	9	
L. Permanganato	3	2	Otros	Láctico	-	15	
Minerales	Calcio	63		9	Etanol	-	1
	Fósforo	63		9	Butanol	-	1
	Potasio	53		5	N amoniacal	-	84
	Magnesio	53	9				
Técnicos	Producción anual	294	1				
	% Mazorca	48	-				
	Altura	48	-				

### **Estima de valores nutritivos**

Los valores de digestibilidad y energía incluidos en la base de datos son muy escasos. Por ejemplo, en el caso del forraje de maíz, el ratio "Datos DMO/ Datos PB" oscila entre el 0,8% para el silo y el 2,2% para el forraje verde. Para el resto de pastos a incluir en las tablas, el valor de este ratio es similar o inferior, ya que algunos de ellos carecen de valor de digestibilidad alguno.

Por ello, de cara a la construcción de tablas es necesario recurrir a la utilización de ecuaciones de predicción bibliográficas. Por ejemplo, en el caso del forraje de maíz fresco, es posible utilizar la siguiente ecuación (REDALAN, 2009):

$$\text{DMO (\%)} = 82 + 0,72 \times \text{PB} - 0,38 \times \text{FND} - 0,52 \times \text{LAD (\%MS)}; n = 449; R^2 = 0,59$$

Sin embargo, el número de datos disponibles para cada uno de los parámetros estimadores de la digestibilidad (PB, FND y LAD) es muy diferente, siendo LAD el factor limitante en el caso del maíz verde (67 datos frente a 340 de FND y 364 de PB). Es posible mejorar esta situación mediante la estima de valores de LAD en base a ecuaciones obtenidas a partir de la base de datos propia. En este caso:  $\text{LAD (\%MS)} = 0,175 \times \text{FAD (\%MS)} - 1,431$ ;  $n = 66$ ;  $R^2 = 0,90$

## **CONCLUSIONES**

Si bien el número de especies incluidas en la base de datos P. E. es muy elevado (466), la información disponible para muchas de ellas es muy escasa. Aún así, el trabajo realizado sugiere que el número total de especies, así como mezclas forrajeras y comunidades vegetales de uso pastoral, con información suficiente en la base de datos, permitiría la construcción de unas tablas de pastos españoles con la información rescatada en el proyecto T.C.E. En todo caso, la información disponible podría ser complementada con la existente en la base de datos dinámica "Alimentos para Animales", que el SIA está construyendo a partir de los datos de los laboratorios asociados, en la que se intenta que las muestras mejoren en cuanto a los metadatos de caracterización incluidos.

No obstante, aunque las bases de datos pueden ser el punto de partida, las tablas deberían contener información no disponible en P. E. (descripción de pastos, recomendaciones de uso, etc). Por tanto, la construcción de tablas sólo puede concebirse como un proyecto de colaboración entre diferentes expertos.

## **Agradecimientos**

Al INIA por las ayudas concedidas (AC 2009-00026 y AC 2010-00049) para el desarrollo de las actividades del SIA.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- FARRÁN-CODINA, A.; BOATELLA, J.; SERRA, L.; RIBAS, L.; RAFECAS, M.; SALCEDO, R., 1994. Criterios generales de elaboración y utilización de tablas de composición de alimentos. *Revista Salud e Higiene Públicas*, **68**, 427-441.
- FEDNA, 2010. Tablas FEDNA de composición y valor nutritivo de alimentos para la fabricación de piensos compuestos. Edición Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal, 502 pp. Madrid (España).
- GÓMEZ-CABRERA, A.; MAROTO, F.; GUERRERO, J.E.; GARRIDO, A.; GRUPOS DE TRABAJO DEL ÁREA, 2008. Proyecto "Tipificación, Cartografía y Evaluación de los Pastos Españoles". Base de datos del área de Dinámica Productiva y Evaluación Nutritiva de Pastos. En: *Pastos, clave en la gestión de los territorios: integrando disciplinas*, P. FERNÁNDEZ et al. (Eds.). Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía. Córdoba (España), 499-505.

- INRA, 2007. Alimentation des bovins, ovins et caprins. Éditions Quae, 307 pp. Versailles (France).
- KHORASANI, G.R.; JEDEL, P.E.; HELM, J.H.; KENNELLY, J.J., 1997. Influence of stage of maturity on yield components and chemical composition of cereal grain silages. *Canadian Journal of Animal Science*, **77(2)**, 259-267.
- MAROTO-MOLINA, F.; GÓMEZ, A.; GUERRERO, J.E.; GARRIDO, A., 2009. Capítulo introductorio: base de datos "Pastos Españoles (SEEP)". Proceso de construcción y disponibilidad en internet. En: *La multifuncionalidad de los pastos: producción ganadera sostenible y gestión de los ecosistemas*, R. REINÉ et al. (Eds.). Sociedad Española para el Estudio de los Pastos. Huesca (España), 187-196.
- REDALAN, 2009. Base de datos Dovivo. [www.serida.org/redalan](http://www.serida.org/redalan)
- SCHLOTKE, F., 1996. Using internet services to improve food data Exchange. *Food chemistry*, **57(1)**, 137-143.
- SMITH, D.; SUND, J.M., 1965. Influence of stage of growth and soil nitrogen on nitrate content of herbage of alfalfa, red clover, landino clover, trefoil and bromegrass. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **13(1)**, 81-84.

## SUMMARY

Spanish Pastures (SEEP) database, developed by the Feed Information Service (Spanish acronym: SIA) and the Spanish Society for the Study of Pastures (Spanish acronym: SEEP) contains much information on production and nutritive value of pastures published in Spain between 1960 and 2000. Currently, it is possible to access statistical data from database using custom queries on-line. However, it may be desirable to have specific tables for some pastures. The objective of this paper is to analyze possibilities regarding obtaining tables from information in database.

Database content is characterized and criteria for selecting pastures to be included in tables and for calculation of tabulated values are established, using as an example data about maize forage.

In general, some lacks in information recording have been detected (lack of data about phonological state, cut number, etc). This make difficult to obtain specific tables for all possible conditions of pastures. On the other hand, although the number of different determinations is high, there is a lack of nutritional values. Possibilities concerning the use of prediction equations and the calculation of complete matrices of tabulated values are studied.

**Key words:** composition, nutritive value, feed, characterization.



# PREDICCIÓN DE LA COMPOSICIÓN BOTÁNICA DE LA DIETA DE HERBÍVOROS SILVESTRES MEDIANTE NIRS

E. ALBANELL<sup>1</sup>, J. BARTOLOMÉ<sup>1</sup>, I. CRISTOBAL<sup>2</sup> y J. CASSINELLO<sup>2</sup>

## RESUMEN

En una finca privada de caza (Abenojar, Ciudad Real) se recogieron 71 muestras de heces de distintos herbívoros silvestres (arruí, ciervo, muflón y conejo) determinándose la composición botánica de la dieta a través del análisis microhistológico. Las especies vegetales identificadas fueron reunidas en dos grupos: leñosas y herbáceas y estas últimas, divididas en graminoides y no graminoides. Posteriormente se analizaron por duplicado en un equipo NIRSystems 5000 (FOSS), dotado con un rango de longitudes de onda entre 1100-2500 nm. Se compararon las calibraciones obtenidas usando los espectros promedio de cada muestra, con las obtenidas usando los espectros individuales (duplicado). Los mejores resultados se obtuvieron al utilizar los espectros individuales, errores de validación cruzada entre 2,5 y 4,4% y coeficientes de determinación entre 0,91 y 0,96, mostrando el potencial uso de la tecnología NIRS en la valoración de los grandes grupos vegetales que aparecen en las heces de herbívoros silvestres.

**Palabras clave:** análisis microhistológico, heces, infrarrojo cercano

## INTRODUCCIÓN

La espectroscopia de reflectancia en el infrarrojo cercano (NIRS) es ampliamente conocida como una herramienta rápida, no destructiva, ni contaminante, utilizada en la predicción de las características nutritivas de alimentos y forrajes. Dicha tecnología ha demostrado un gran potencial para predecir la composición botánica de praderas y de dietas de herbívoros, tanto en mezclas de material vegetal deshidratado como fresco (Coleman *et al.*, 1985; García-Criado *et al.*, 1991; Soldado *et al.*, 2008). Sin embargo, existen pocas referencias en las que se aplique la técnica NIRS, para la estimación de la composición botánica a partir del análisis de las heces (Volesky y Coleman, 1996).

El objetivo de este estudio fue desarrollar y evaluar la factibilidad de obtener modelos de regresión NIRS, que permitan predecir la composición botánica (especies leñosas vs. herbáceas) en muestras de heces de herbívoros silvestres.

---

<sup>1</sup> Departament de Ciència Animal i dels Aliments. Universitat Autònoma de Barcelona, 08193 Bellaterra;

<sup>2</sup> Instituto de Investigación en Recursos Cinegéticos (IREC), CSIC-UCLM-JCCM, Ronda de Toledo s/n, 13071 Ciudad Real

## MATERIAL Y MÉTODOS

En una finca privada de caza (sita en el Municipio de Abenojar, Ciudad Real) se recogieron 71 muestras de heces de distintos herbívoros silvestres, arruí (*Ammotragus lervia*), ciervo (*Cervus elaphus*), muflón (*Ovis orientales*) y conejo (*Oryctolagus cuniculus*) determinándose la composición botánica de la dieta por análisis microhistológico siguiendo el procedimiento empleado por Stewart (1967) y Bartolomé *et al.* (1998). Cada muestra se lavó con agua destilada para eliminar cualquier partícula adherida en su superficie, se disgregó en un mortero y se depositó en un tubo de ensayo con 5 ml de ácido nítrico concentrado. Se calentó al baño María durante 2 min a 80°C para estimular la digestión del material vegetal y limpiar las cutículas, se diluyó en 200 ml de agua destilada y se filtró a través de dos tamices de 1 y 0,125 mm de tamaño de poro. Una submuestra del material recogido se distribuyó en tres portaobjetos con glicerina al 50%, procurando que las partículas vegetales no se solaparan. Los portaobjetos se cubrieron con cubreobjetos de 24 x 60 mm y se sellaron con DPX. Paralelamente y siguiendo el mismo procedimiento, se confeccionó una colección de epidermis de referencia a partir de muestras vegetales de la zona de estudio. Todas las preparaciones se observaron al microscopio óptico a 100 y 400 aumentos, realizando transectos lineales hasta contabilizar unos 200 fragmentos vegetales por muestra. Las especies vegetales identificadas fueron reunidas en dos grandes grupos: leñosas y herbáceas y estas últimas divididas en graminoides y no graminoides.

Submuestras de todas las muestras fecales se secaron y molieron a 1mm de malla y fueron escaneadas por reflectancia en un equipo NIRSystems 5000 (FOSS, Höganäs, Dinamarca), dotado con un rango de longitudes de onda entre 1100-2500 nm. Las lecturas se realizaron por duplicado usando cápsulas circulares de 3,5 cm de diámetro y provistas de ventana con cristal de cuarzo. Todos los datos de reflectancia fueron guardados como  $\log 1/R$  (donde R = reflectancia) a 2nm de intervalo (692 datos por muestra), realizando todas las medidas un mismo operador. El tratamiento quimiométrico de los datos se realizó usando el programa WinISI III (v.1.6). Previamente a la realización de la calibración, los espectros NIRS fueron corregidos mediante los tratamientos SNV (variable normal estándar), DT (detrend) y MSC (corrección efecto multiplicativo de dispersión), para corregir los problemas ópticos, la tendencia y la dispersión múltiple respectivamente y transformados en primera, segunda, tercera y cuarta derivada, usando diferente tamaño de "gap" (intervalo derivación) y de "smooth" (suavizador de puntos). Se desarrollaron un total de 24 modelos espectrales para cada parámetro a predecir, resultado de la evaluación de 4 tratamientos de corrección (SNV; DT; SNV+DT; MSC) y 6 tratamientos matemáticos de derivación (1,4,4,1; 2,4,4,1; 2,20,10,1; 2,30,10,1; 3,4,4,1; 4,4,4,1 - n° derivada, gap, smooth, segundo smooth).

El método de regresión utilizado para realizar las calibraciones fue la regresión por mínimos cuadrados parciales modificados (MPLS), se utilizó fichero de repetibilidad y se compararon las calibraciones obtenidas usando la media de los 2 espectros por muestra (dato espectral promedio, n = 71), con las obtenidas usando los espectros individuales de los replicados (datos espectrales individuales, n = 142). Se utilizaron diferentes estadísticos para la evaluación de la precisión de las ecuaciones obtenidas: coeficiente de determinación de calibración ( $R^2$ ) y validación ( $r^2$ ); error estándar de calibración (SEC) y de validación cruzada (SECV). Asimismo, se utilizaron otros estadísticos de gran utilidad para evaluar ecuaciones de calibración y que han sido descritos previamente por Williams y Sobering (1996), como la desviación estándar de los datos de referencia (RPD = relación entre desviación estándar del grupo de muestras de validación cruzada y el error estándar de predicción) y el rango de error de predicción (RER = relación entre el rango del método de referencia y el error de predicción).



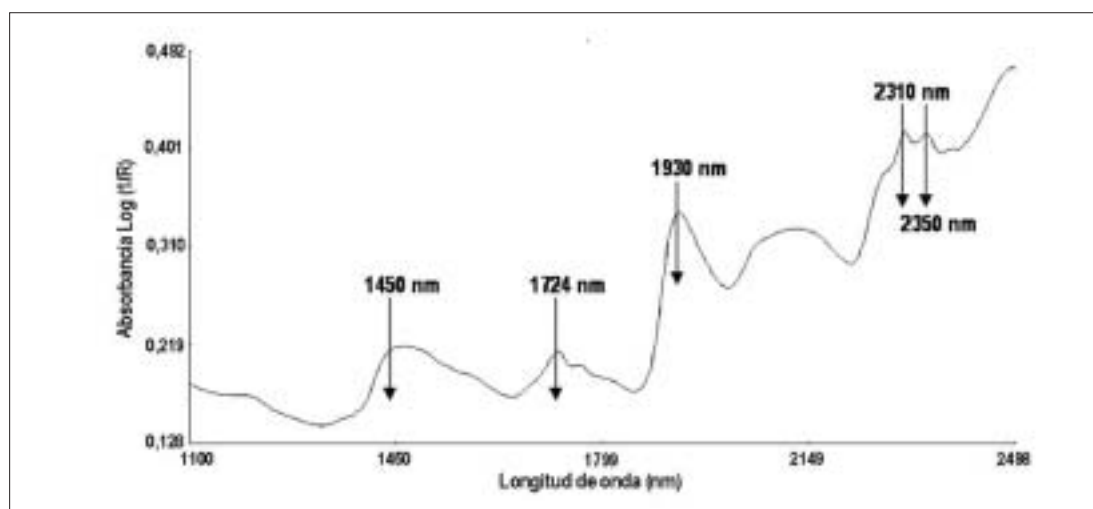
## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la *tabla 1*, podemos observar las características de la población de muestras de heces de animales herbívoros silvestres utilizadas en las calibraciones. Pueden observarse amplios intervalos de variación para cada uno de los parámetros analizados, representando la variabilidad que debe esperarse en la práctica en los parámetros a predecir.

*Tabla 1. Características de las muestras de heces de animales herbívoros silvestres, utilizadas en las calibraciones NIRS (% presencia especies)*

Composición (%)	N	Intervalo	Media	DE
Leñosas	71	3,17 - 77,44	47,32	23,28
Herbáceas	71	22,56 - 96,83	52,51	23,36
Graminoides	71	7,09 - 63,13	24,99	8,75
No graminoides	71	5,94 - 73,32	27,71	19,85

El espectro NIR (*figura 1*) de las heces de los herbívoros estudiados, sigue el mismo patrón espectral que los alimentos vegetales de los que derivan (Coleman y Murray, 1993). En el espectro crudo podemos observar la existencia de diversos picos relacionados con las bandas de absorción de los componentes mayoritarios de los alimentos: bandas de absorción alrededor de 1450 y 1930 nm están relacionadas con la absorción de los grupos OH, asociados con presencia de agua en la muestra (Murray y Williams, 1987); entre 1700-1762 nm con la absorción de los enlaces CH, asociados a estructuras lipídicas (Williams y Sobering, 1996) y las regiones 2310 y 2350 nm con los carbohidratos y el almidón (Miller, 2001).



*Figura 1. Espectro crudo de las muestras de heces de herbívoros silvestres utilizadas en el estudio.*

Las mejores ecuaciones de calibración obtenidas fueron seleccionadas sobre la base de minimizar el SECV y/o el SEC. En la *tabla 2*, pueden observarse los mejores pretratamientos obtenidos. Para las calibraciones a partir de los datos espectrales individuales fueron la 2ª y 3ª derivada combinada con SNV y/o DT y para las calibraciones desarrolladas a partir de los datos espectrales promediados, la 2ª, 3ª y 4ª derivada combinada con SNV y/o DT. Se obtuvieron mejores calibraciones de predicción al utilizar los datos espectrales individuales ( $R^2$  entre 0,97 y 0,98; SEC entre 1,42 y 3,92%), que al utilizar los espectros promedio del duplicado ( $R^2$  entre 0,81 y 0,98; SEC entre 3,09 y 4,02%), presentando coeficientes

Tabla 2. Estadísticos de calibración y validación cruzada, para la detección de la composición botánica en heces de herbívoros silvestres por NIRS

Composición	Trat. <sup>a</sup> Matem.	Correc. <sup>b</sup> Scatter	R <sup>2</sup>	SEC	r <sup>2</sup>	SECV	RER	RPD
Datos espectrales individuales (n = 142)								
Leñosas	2,4,4,1	DT	0,984	3,117	0,964	4,416	16,82	5,32
Herbáceas	3,4,4,1	SNV+DT	0,971	3,920	0,944	5,388	13,78	4,18
Graminoides	3,4,4,1	SNV	0,974	1,415	0,913	2,491	21,91	3,41
No graminoides	2,4,4,1	SNV+DT	0,975	3,066	0,946	4,340	14,86	4,33
Datos espectrales promedio (n = 71)								
Leñosas	4,4,4,1	SNV+DT	0,972	3,962	0,895	7,442	9,98	3,02
Herbáceas	4,4,4,1	SNV	0,981	3,210	0,912	6,465	11,49	3,39
Graminoides	3,4,4,1	SNV	0,811	3,091	0,771	3,349	10,34	2,09
No graminoides	2,4,4,1	SNV+DT	0,956	4,015	0,846	7,129	9,05	2,54

<sup>a</sup> tratamiento matemático: derivada, gap, suavizado 1, suavizado 2; <sup>b</sup> corrección scatter: SNV = variable normal estándar y DT = Detrend transformaciones; R<sup>2</sup> = coeficiente determinación calibración; SEC = error estándar calibración; SECV = error estándar validación cruzada; RER = rango error de predicción; RPD = desviación estándar de los datos de referencia.

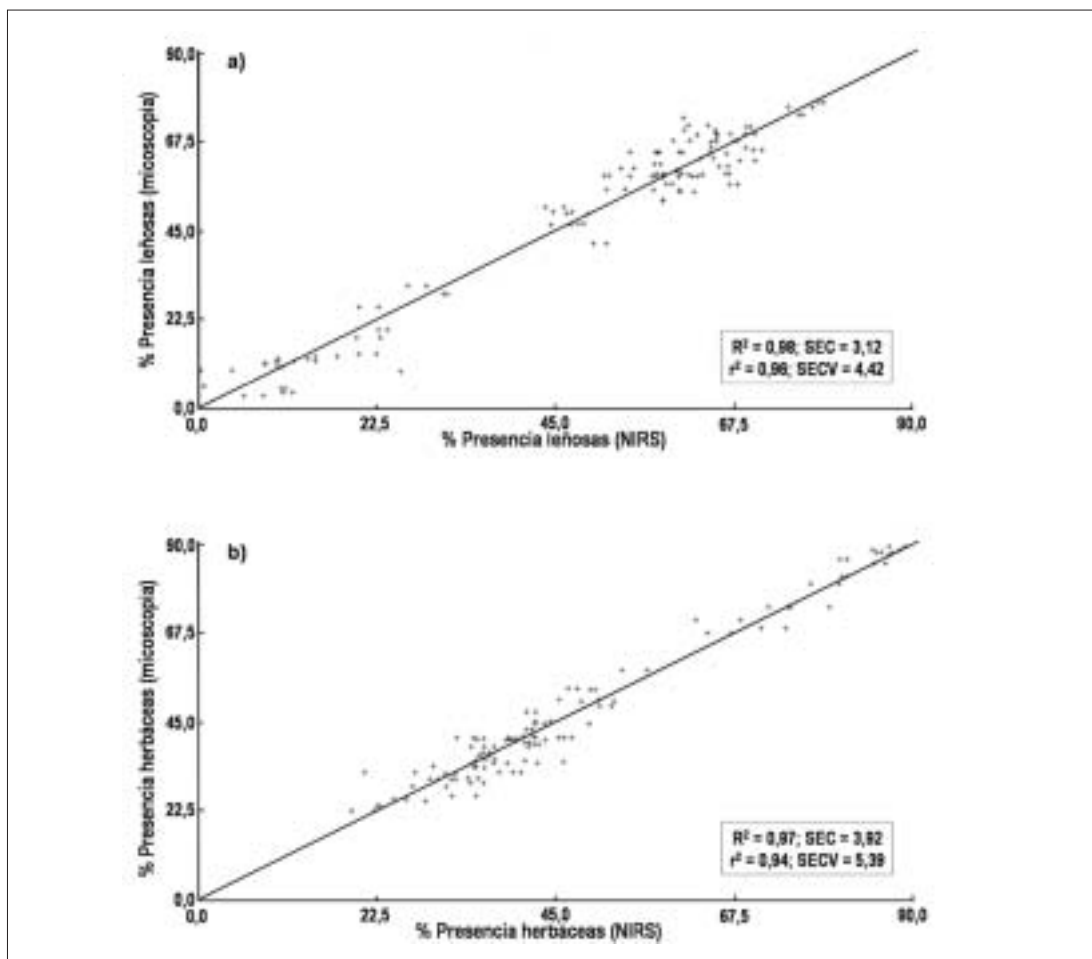


Figura 2. Comparación entre el valor de referencia y el predicho por NIRS para la presencia de especies leñosas (a) y herbáceas (b) en heces de herbívoros silvestres.

de determinación ligeramente mayores y errores estándar menores. En la *figura 2*, se representan las mejores regresiones obtenidas como la relación entre la predicción NIRS y los datos de referencia, para la presencia de especies herbáceas y leñosas.

En general, todas las calibraciones obtenidas presentaron coeficientes satisfactorios, considerando como buenas calibraciones las que presentan valores de RER > 10 y de RPD > 3 (William y Sobering, 1996). Los estadísticos obtenidos en las ecuaciones son similares a los reportados por Pitman *et al.* (1991) en la determinación de la composición botánica de mezclas forrajeras; y más satisfactorios que los obtenidos por Shaffer *et al.* (1990) en la estimación botánica de mezclas de ray-grass y alfalfa y por Volesky y Coleman (1996) en muestras esofágicas. Otra forma de evaluar la precisión de las ecuaciones de calibración NIRS obtenidas, es a través de la relación entre la desviación estándar del análisis de referencia y el error estándar de validación cruzada (DE/SECV). Si la relación es menor a 3, las ecuaciones resultan en un bajo poder predictivo (Murray, 1993). Los resultados obtenidos en las ecuaciones de calibración a partir de los espectros individuales mostraron valores entre 3,5 y 5,3%, mientras que las calibraciones realizadas a partir de los espectros promediados mostraron menor capacidad predictiva (entre 2,6 y 3,6%). Probablemente la mayor fuente de error de las calibraciones provenga del procedimiento microhistológico para determinar la composición botánica (Volesky y Coleman, 1996).

## CONCLUSIONES

Los modelos de calibración desarrollados mediante espectroscopia de infrarrojo cercano (NIRS), pueden ser considerados aptos para predecir la composición botánica de la dieta (leñosas vs. herbáceas) de herbívoros silvestres a partir del análisis de las heces, utilizando las ecuaciones desarrolladas para cada uno de los componentes. Aunque se muestra el potencial uso de esta técnica para este tipo de estudios, sería conveniente ampliar el número de muestras con la finalidad de conseguir una mayor robustez.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARTOLOMÉ, J.; PLAIXATS, J.; FRANCH, J.; SELIGMAN, N., 1998. Diet selection by sheep and goats on Mediterranean heath-woodland range. *Journal of Range Management*, **51(4)**, 379-384.
- COLEMAN, S.W.; CHRISTIANSEN, S.; SHENK J.S., 1985. Prediction of botanical composition using NIRS calibrations developed from botanically pure samples. *Crop Science*, **30(1)**, 202-207.
- COLEMAN, S.W.; MURRAY, I., 1993. The use of near-infrared reflectance spectroscopy to define nutrient digestion of hay by cattle. *Animal feed Science and Technology*, **44**, 237-249.
- GARCÍA-CRIADO, B.; GARCÍA-CIUDAD, A.; PÉREZ-CORONA, M.E., 1991. Prediction of botanical composition in grassland herbage samples by near infrared reflectance spectroscopy. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **57(4)**, 507-515.
- MILLER, C.E., 2001. Chemical principles of near-infrared technology. En: *Near-Infrared Technology in the Agricultural and Food Industries*, P. Williams y K. Norris (Eds). American Association of Cereal Chemist, MN, USA, 19-39.
- MURRAY, I., 1993. Forage analysis by near infrared spectroscopy. En: *Sward herbage measurement handbook*, A. Davies *et al.* (Eds). British Grassland Society, UK, 285-312.
- MURRAY, I.; WILLIAMS, P.C., 1987. Chemical principles of near-infrared technology. En: *Near-Infrared Technology in the Agricultural and Food Industries*, P.C. Williams y K. Norris (Eds). American Association of Cereal Chemist, St. Paul, MN, 17-31.
- PITMAN, W.D.; PIACITELLI, C.K.; AIKEN, G.E.; BARTON II, F.E., 1991. Botanical composition of tropical grass-legume pastures estimated with near-infrared reflectance spectroscopy. *Agronomy Journal*, **83(1)**, 103-107.

- SHAFFER, J.A.; JUNG, G.A.; SHENK, J.S.; ABRAMS, S.M., 1990. Estimation of botanical composition in alfalfa/ryegrass mixtures by near infrared spectroscopy. *Agronomy Journal*, **82(4)**, 669-673.
- SOLDADO, A.; MARTÍNEZ-FERNANDEZ, A.; PEDROL, N.; MARTINEZ, A.; DE LA ROZA, B., 2008. Aplicación de la tecnología NIRS para la determinación de la composición botánica de praderas. *Reunión Científica de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos*, 113-119, Córdoba (España).
- STEWART, D.R.M., 1967. Analysis of plant epidermis in faeces: a technique for studying the food preferences of grazing herbivores. *Journal of Applied Ecology*, **4**, 83-111.
- VOLESKY, J.D.; COLEMAN, S.W., 1996. Estimation of botanical composition of esophageal extrusa samples using near infrared reflectance spectroscopy. *Journal of Range Management*, **49**, 163-166.
- WILLIAMS, P.C.; SOBERING, D.C., 1996. How do we do it: a brief summary of the methods we use in developing near infrared calibrations. En: *Near Infrared Spectroscopy: The Future Waves*, A.M.C. Davies y P.C. Williams (Eds). NIR Publications, Chichester, U.K., 185-188.

## PREDICTION OF BOTANICAL COMPOSITION OF WILD HERBIVORES' DIET USING NIRS

### SUMMARY

In a private hunting estate (Abenojar, Ciudad Real), 71 faecal samples were collected from different wild herbivores (aoudad, red deer, mouflon and rabbit), and were analyzed using micro-histological procedure in order to determine their botanical composition. Two groups were differentiated: woody species and grasses, and the latter were divided into graminoids and forbs. Samples were recorded by duplicate from 1,100 to 2,500 nm using a NIRSystems 5000 (FOSS). Spectral models using mean spectra of two scans were compared with those using individual spectra. The best models were obtained from the individual spectral data, where standard errors of cross validation ranged between 2.5 and 4.4% and coefficients of multiple determination between 0.91 and 0.96. The equations obtained showed the potential use of NIRS technology to predict the botanical composition in faeces of wild herbivores.

**Key words:** microhistological analysis, faeces, wild herbivores, NIRS

# CARACTERIZACIÓN DE LOS ESTIÉRCOLES GENERADOS EN EXPLOTACIONES DE GANADO DOMÉSTICO EN NAVARRA

J.M. MANGADO y L. GARRAZA\*

## RESUMEN

En este trabajo se presentan los valores medios y rangos de variación de una serie de parámetros de caracterización de los estiércoles generados en explotaciones de ganado herbívoro doméstico. Para ello se visitaron 116 explotaciones de vacuno y ovino, carne y leche, y caballar de Navarra. Se tomaron datos sobre la formación y manejo del estiércol y muestras de este para su posterior análisis. El rango de variación de los resultados obtenidos para los parámetros analizados abarca, de una forma razonable, los encontrados en trabajos anteriores sobre estiércoles generados en explotaciones de similares orientaciones productivas.

**Palabras clave:** vacuno, ovino, caballar, carne, leche

## INTRODUCCIÓN

La materia orgánica, en sus diferentes grados de evolución, es un elemento fundamental en el mantenimiento y la mejora de las características agronómicas de los suelos. Tradicionalmente la actividad agraria ha hecho uso de los materiales orgánicos para el mantenimiento de la productividad de los suelos de cultivo, pero el progreso en los sistemas de producción y los avances tecnológicos, a veces, han incidido de forma muy negativa sobre su contenido en materia orgánica, tanto en cantidad como en calidad (Labrador, 1996). Su presencia en los suelos tiene consecuencias físicas (mejora de la estructura, facilita la circulación de aire, agua y la penetración de las raíces), químicas (aportación de nutrientes e incremento de la capacidad de retención de cationes) y biológicas (incremento de la actividad biológica del suelo, filtro biológico, cierre de los ciclos de nutrientes y de los flujos de energía). Mangado y Mijangos (2010) concluyen que las aportaciones copiosas y sistemáticas de estiércol sobre suelos calizos en ambientes semiáridos mejoran el equilibrio entre los cationes presentes en el complejo de cambio, incrementan los contenidos en materia orgánica oxidable y en fósforo y potasio asimilables y mejoran las características estructurales del suelo. Se mejora su salud al incrementar la cantidad, actividad y diversidad de la biomasa y contribuye a conservar más eficientemente la humedad de los suelos. La fuente principal de aporte de materia orgánica a los suelos ha sido el estiércol generado en los periodos de estabulación del ganado doméstico. Ya en el siglo I d.C. Columela reconocía el papel fertilizante del estiércol y daba pautas precisas para su almacenamiento y manejo. La ligazón entre

---

\* ITG Ganadero. Avda. Serapio Huici, 22 Edif. Peritos. 31610 Villava (Navarra). [jmangado@itgganadero.com](mailto:jmangado@itgganadero.com)

las actividades agrícola y ganadera tiene un efecto sinérgico, siendo la forma más eficiente de mantenimiento de la fertilidad de los sistemas agrarios, minimizando los costes económicos y ambientales y los flujos de energía de la actividad agraria y transformando la consideración de los residuos orgánicos de la actividad agraria (peyorativo) en recursos. El estiércol es la mezcla de las deyecciones sólidas y líquidas del ganado con un material de adsorción. Si algo lo define es su heterogeneidad ya que en sus características influyen la especie ganadera que lo produzca, su manejo (alimentación), la naturaleza, consumo y frecuencia de aportación del material de adsorción, el diseño de las instalaciones, la frecuencia de extracción de las camas, el tipo de almacenamiento posterior, factores climáticos, etc. En la actualidad las Administraciones están desarrollando legislación sobre el manejo de estos restos orgánicos y elaborando “planes de gestión de residuos procedentes de la actividad ganadera” al objeto de reducir su impacto ambiental. Ante la carencia de datos locales estos planes se alimentan de datos aportados por la bibliografía, generados en manejos y situaciones diferentes a los propios de cada región. Para corregir esta situación se plantea este trabajo que tiene por objeto el análisis sistemático de las características de estiércoles generados en explotaciones comerciales de ganado doméstico en Navarra.

## MATERIAL Y METODOS

El trabajo de campo se desarrolló en 2008. Se visitaron 136 explotaciones ganaderas (21 vacuno leche, 28 vacuno carne, 17 ovino leche, 42 ovino carne, 8 caballo, 7 porcino, 13 conejos). Se diseñó una encuesta para la caracterización del manejo del estiércol generado, tomando datos sobre la tipología del ganado que los produce, tipos y consumos de los materiales de adsorción, ubicación y tiempo de almacenamiento y tratamientos de compostaje. A su vez se tomaron muestras de todos los estiércoles existentes en cada explotación que pudieran diferenciarse por su origen y/o manejo, recogiendo un total de 295 muestras. En este trabajo se presentan los resultados obtenidos sobre los estiércoles generados por herbívoros (vacuno, ovino, caballo), diferenciándolos por orientación productiva (carne, leche) y siempre que se disponga de una población de muestras significativa (> 3). En la *tabla 1* se presenta el número y naturaleza de las muestras recogidas. Se diferencian muestras tomadas directamente de la cama de los animales o del montón de almacenamiento, exterior a las instalaciones del ganado. En ovino de leche se introduce la variable “parrilla” que responde a un nuevo diseño de instalaciones, similar a las explotaciones de porcino, en la que la solera de las áreas de alimentación y reposo

*Tabla 1 Muestras de estiércol tomadas*

vacuno leche	animales en producción	cama	10
		montón	5
	secas y novillas	cama	7
vacuno carne	vacas nodrizas	cama	18
		montón	22
	cebo	cama	22
ovino leche		cama	12
		montón	10
		parrilla	3
ovino carne		cama	58
		montón	45
		patio	13
caballar		cama	6
		montón	7
<b>TOTAL</b>			<b>238</b>

es discontinua, permitiendo la caída de las deyecciones a una fosa practicable para la extracción mecánica de este recurso. Se trata de deyecciones puras, sin material de adsorción, aunque siempre se encuentran restos de materiales fibrosos de alimentación y agua de abrevado. Su textura permite ser manejado como un estiércol. En ovino de carne se introduce la variable "patio". Se trata de deyecciones puras obtenidas en áreas al aire libre en las que se aporta al ganado la ración diaria de concentrado. Es una práctica habitual en explotaciones de ovino de carne del área mediterránea. Los animales permanecen en ellas durante el tiempo empleado en el reparto de la ración de fibra, cama y limpieza de apriscos y el recurso generado son deyecciones puras, aireadas, desmenuzadas y desecadas al sol. La analítica de calidad se realizó en el Laboratorio Agrario de Navarra (NASERSA). Las determinaciones y procedimientos utilizados fueron: materia seca (gravimetría a 65 °C), humedad residual (gravimetría a 103 °C), cenizas (gravimetría a 550 °C), pH (extracción con agua y medición directa con pH-meter), conductividad eléctrica (extracción con agua y medición directa con conductímetro), N amoniacal (extracción con agua y destilación directa Kjeldahl), N total (cuantificación por combustión mediante método Dumas), fósforo, potasio, cobre y cinc (digestión con ácido nítrico con microondas y cuantificación mediante ICP-OES).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados se presentan diferenciando especies, orientaciones productivas y tipos de recurso (cama, montón, parrilla, patio) y referenciando los resultados tanto sobre materia fresca como sobre materia seca. Para cada determinación analítica se aporta el dato medio y el rango de valores que abarca. La comparación de los valores medios obtenidos se hace de forma independiente entre los datos referidos a materia fresca y a materia seca.

### Vacuno de leche (tabla 2)

Es de resaltar la muy alta variabilidad de los datos obtenidos, tanto sobre materia fresca (variaciones de rango de hasta 9:1) como sobre materia seca (variaciones de rango de hasta 4<sup>1</sup>/<sub>2</sub>:1). Sin embargo, o quizás por ello, solo encontramos diferencias estadísticamente

Tabla 2 Análisis de estiércol en vacuno de leche

	materia fresca			materia seca		
	CP (n=10)	CSN (n=7)	MP (n=5)	CP (n=10)	CSN (n=7)	MP (n=5)
ms %	25 (17-40) AB	43 (20-83) B	18 (14-22) A			
pH	8.5 (7.5-9.1)	8.5 (8.0-8.8)	8.0 (7.4-8.7)			
CE mS/cm	3.9 (1.4-7.2)	6.0 (1.4-15.0)	2.8 (1.4-4.5)			
MM %	7 (3-27)	9 (4-18)	4 (2-6)	25 (18-67)	23 (17-33)	22 (16-25)
N-NH <sub>4</sub> %	0.07	0.04	0.06	0.3	0.13	0.33
N org %	0.6 (0.4-1.0) AB	1.0 (0.4-1.8) B	0.4 (0.3-0.5) A	2.4 (1.0-3.1)	2.2 (1.8-2.7)	2.2 (2.1-2.3)
N total %	0.7 (0.4-1.1) AB	1.0 (0.4-1.9) B	0.5 (0.3-0.5) A	2.7 (1.1-3.3)	2.4 (1.9-3.3)	2.6 (2.2-3.0)
P %	0.14 (0.1-0.3)	0.2 (0.1-0.5)	0.1 (0.1-0.2)	0.6 (0.2-0.9)	0.6 (0.5-0.6)	0.7 (0.6-0.8)
K %	0.7 (0.2-1.2) AB	1.2 (0.3-2.8) B	0.4 (0.1-0.8) A	2.9 (1.1-4.1)	2.7 (1.3-3.8)	2.3 (0.6-4.1)
Cu ppm	10 (5-30)	17 (3-56)	5 (3-6)	39 (20-75)	34 (15-68)	28 (20-33)
Zn ppm	38 (25-70)	72 (28-190)	33 (14-70)	159 (76-257)	166 (97-277)	170 (84-312)

ms = materia seca // CE = conductividad eléctrica // MM = cenizas // N-NH<sub>4</sub> = N amoniacal // N org = N orgánico

CP: cama animales en producción // CSN: cama secas y novillas // MP: montón animales en producción

En la misma columna "valor medio" (rango de datos)

Test de Duncan (p<0,05)

LETRAS MAYÚSCULAS: diferencias significativas entre tratamientos s/ materia fresca

Letras minúsculas: diferencias significativas entre tratamientos s/ materia seca

te significativas entre los valores alcanzados en materia seca, N orgánico y total y potasio, sobre materia fresca, de la cama de las secas y novillas y el montón de los animales en producción y siempre inferior en el segundo caso. A salvo de contadas excepciones, la tendencia general es la de que los parámetros alcancen valores inferiores en el caso de "montón", tanto sobre materia fresca como seca, por lo que se puede concluir que durante los procesos de extracción de camas y formación de montón se producen pérdidas generalizadas en todos los parámetros de caracterización.

### Vacuno de carne (tabla 3)

Se repite la muy alta variabilidad de los datos obtenidos. La única diferencia significativa encontrada en ambas referencias (materia fresca y seca) es en el contenido en N amoniacal, aunque sus valores absolutos son tan bajos que lo consideramos poco trascendente. No se encuentran otras diferencias significativas entre los parámetros medidos sobre materia fresca. El menor contenido en materia seca del montón (aunque no significativa) respecto a las camas se traduce en que los parámetros referidos a materia seca de aquel sean, en general, superiores a los de cama, y de forma significativa en el caso de la materia mineral, N total y fósforo.

Tabla 3 Análisis de estiércol en vacuno de carne

	materia fresca			materia seca		
	CP (n=18)	CC (n=22)	MN (n=22)	CN (n=18)	CC (n=22)	MN (n=22)
ms %	36 (21-67)	36 (22-63)	45 (32-70)			
pH	8.5 (6.7-9.5)	8.4 (7.0-9.2)	8.7 (7.7-9.4)			
CE mS/cm	5.2 (2.2-9.6)	5.5 (1.7-10.6)	4.8 (0.8-11.6)			
MM %	9.2 (2-25)	6.6 (3-12)	7.5 (4-18)	23 (13-39) b	17 (10-35) a	23 (11-43) b
N-NH <sub>4</sub> %	0.03 A	0.1 B	0.07 AB	0.1 a	0.3 b	0.2 b
N org %	0.9 (0.2-1.9)	1.0 (0.6-2.0)	0.85 (0.3-2.3)	2.3 (1.5-2.7)	2.5 (1.5-3.3)	2.5 (1.8-3.2)
N total %	0.9 (0.2-2.0)	1.1 (0.6-2.1)	0.9 (0.3-2.3)	2.4 (1.5-3.0) a	2.8 (1.6-3.8) b	2.7 (1.8-3.7) b
P %	0.2 (0.1-0.5)	0.3 (0.1-0.6)	0.3 (0.1-0.8)	0.6 (0.3-1.1) a	0.7 (0.4-1.4) ab	0.8 (0.4-1.4) b
K %	1.2 (0.2-2.4)	0.9 (0.3-1.8)	1.0 (0.2-2.3)	3.1 (0.9-5.1)	2.5 (1.1-5.0)	3.1 (1.4-5.9)
Cu ppm	9 (1-24)	10 (4-29)	9 (2-23)	23 (9-39)	25 (12-47)	27 (9-59)
Zn ppm	51 (7-153)	74 (27-183)	63 (12-154)	130 (55-420)	185 (63-410)	180 (68-387)

ms = materia seca // CE = conductividad eléctrica // MM = cenizas // N-NH<sub>4</sub> = N amoniacal // N org = N orgánico

CN: cama nodrizas // CC: cama cebo // MN: montón nodrizas

En la misma columna "valor medio" (rango de datos)

Test de Duncan (p<0,05)

LETRAS MAYÚSCULAS: diferencias significativas entre tratamientos s/ materia fresca

Letras minúsculas: diferencias significativas entre tratamientos s/ materia seca

### Ovino de leche (tabla 4)

Se repite la alta variabilidad, sobre todo en cama y montón. La diferente naturaleza del recurso "parrilla" respecto a los otros dos hace que, en general, los valores alcanzados en aquel sean superiores a los dos primeros, y de forma estadísticamente significativa en los casos del fósforo y del cinc. La tendencia inversa en el caso del N amoniacal puede explicarse ya que tanto en la remoción de la cama para la formación del montón como en la caída de las heces desde el nivel de los animales hasta la fosa se produce una aireación de los materiales incrementándose la posibilidad de pérdidas de amoníaco en forma gaseosa. Cabe destacar los muy altos niveles de Zn presentes en el recurso "parrilla" que pueden estar ligados a caídas físicas a la fosa de correctores minerales utilizados en alimentación en oferta "ad libitum", aunque esto no es coherente con la tendencia inversa encontrada en el contenido en cobre.



**Tabla 4 Análisis de estiércol en ovino de leche**

	materia fresca			materia seca		
	C (n=12)	M (n=10)	P (n=3)	C (n=12)	M (n=10)	P (n=3)
ms %	36 (21-67)	36 (22-63)	45 (32-70)			
pH	8.4 (7.9-8.9)	8.4 (7.6-8.9)	8.3 (7.7-9.4)			
CE mS/cm	8.6 (3-12) AB	5.6 (0.5-11) A	11.1 (9-13) B			
MM %	9.0 (4-23)	9.2 (3-23)	14 (10-18)	24 (17-46)	25 (13-36)	34 (26-43)
N-NH <sub>4</sub> %	0.3 B	0.1 A	0.1 A	1.0 b	0.3 a	0.2 a
N org %	0.9 (0.4-1.7)	0.9 (0.5-1.9)	1.3 (0.8-1.9)	2.4 (1.7-3.0)	2.6 (1.3-3.5)	3.1 (2.5-4.2)
N total %	1.2 (0.8-2.2)	1.0 (0.7-2.0)	1.4 (0.9-2.1)	3.4 (2.1-4.4)	3.0 (1.4-3.6)	3.3 (2.7-4.3)
P %	0.2 (0.1-0.4) A	0.3 (0.2-0.5) A	0.4 (0.3-0.5) B	0.7 (0.4-1.1) a	0.8 (0.5-1.2) a	1.1 (0.7-1.5) b
K %	1.4 (0.7-2.7)	1.2 (0.1-2.8)	1.9 (1.5-2.4)	4.0 (1.5-5.8)	3.1 (0.4-6.4)	4.9 (2.2-7.3)
Cu ppm	20 (4-114)	15 (6-57)	15 (8-27)	50 (9-231)	43 (14-171)	31 (27-39)
Zn ppm	47 (15-122) A	77 (34-162) A	525 (244-884) B	134 (57-350) a	228 (118-571) a	1128 (760-1359) b

ms = materia seca // CE = conductividad eléctrica // MM = cenizas // N-NH<sub>4</sub> = N amoniacal // N org = N orgánico

C: cama // M: montón // P: parrilla

En la misma columna "valor medio" (rango de datos)

Test de Duncan (p<0,05)

LETRAS MAYÚSCULAS: diferencias significativas entre tratamientos s/ materia fresca

Letras minúsculas: diferencias significativas entre tratamientos s/ materia seca

### Ovino de carne (tabla 5)

La materia seca del recurso "parrilla" es significativamente superior a la de los otros dos, e incide de forma notable sobre el resto de parámetros calculados sobre materia seca. Por ello solamente analizaremos los resultados obtenidos para cada recurso sobre materia fresca. La menor alcalinidad de "patio" puede deberse a procesos de oxidación ocurridos durante el fraccionamiento y aireación producidos por los animales, cosa que no ocurre en los otros dos casos. Los mayores contenidos de N (orgánico y total) y de fósforo en "patio" pueden estar ligados al carácter orgánico de su origen y a la ausencia de material de adsorción.

**Tabla 5 Análisis de estiércol en ovino de carne**

	materia fresca			materia seca		
	C (n=58)	M (n=45)	P (n=13)	C (n=58)	M (n=45)	P (n=13)
ms %	58 (28-92) A	54 (21-87) A	87 (67-93) B			
pH	8.3 (7.2-9.1) B	8.6 (6.6-9.8) B	7.9 (7.4-8.8) A			
CE mS/cm	9.0 (4-16)	9.3 (2-19)	9.2 (3-16)			
MM %	10.9 (4-27) A	17.9 (5-43) B	21 (14-34) B	18.9 (10-40) a	33.2 (14-52) c	24.1 (15-38) b
N-NH <sub>4</sub> %	0.2 B	0.05 A	0.09 A	0.4 b	0.1 a	0.11 a
N org %	1.2 (0.5-2.3) A	1.3 (0.5-2.1) A	2.0 (1.1-2.4) B	2.1 (1.4-2.7) a	2.5 (1.6-3.6) b	2.3 (1.6-2.7) a
N total %	1.4 (0.6-2.4) A	1.4 (0.6-2.2) A	2.0 (1.2-2.4) B	2.5 (1.7-3.6) ab	2.6 (1.6-3.6) b	2.4 (1.8-2.8) a
P %	0.32 (0.1-0.7) A	0.38 (0.1-0.9) AB	0.44 (0.3-0.6) B	0.5 (0.3-0.9) a	0.7 (0.2-1.6) b	0.5 (0.3-0.7) a
K %	1.6 (0.5-3.5)	2.0 (0.4-4.1)	1.9 (0.9-2.9)	2.9 (1.3-6.6) b	3.7 (1.4-7.7) c	2.2 (1.1-3.6) a
Cu ppm	8.7 (3-22) A	10.5 (4-23) A	15.5 (10-21) B	15 (8-51) a	20 (8-43) b	18 (11-23) ab
Zn ppm	76 (11-261)	123 (27-795)	99 (45-238)	129 (33-501) a	228 (56-1294) b	113 (52-255) a

ms = materia seca // CE = conductividad eléctrica // MM = cenizas // N-NH<sub>4</sub> = N amoniacal // N org = N orgánico

C: cama // M: montón // P: patio

En la misma columna "valor medio" (rango de datos)

Test de Duncan (p<0,05)

LETRAS MAYÚSCULAS: diferencias significativas entre tratamientos s/ materia fresca

Letras minúsculas: diferencias significativas entre tratamientos s/ materia seca

Los mayores contenidos en materia mineral en “montón” y “patio” pueden deberse a la presencia de tierra en las muestras analizadas debido a los procesos de formación de estos recursos. El significativamente mayor contenido de cobre en “patio” puede deberse a la presencia de restos de piensos compuestos o correctores, aunque ello no es coherente con el menor contenido en zinc (aunque no significativo).

### Caballar (tabla 6)

La variabilidad sigue siendo muy alta y, por ello, no encontramos diferencias significativas entre los parámetros analizados en cama y en montón tanto referidos a producto natural como a materia seca. Para la mayoría de los parámetros analizados los valores alcanzados sobre montón superan a los obtenidos en cama. Únicamente los valores de conductividad eléctrica y N amoniacal invierten esta tendencia. El primero puede ser debido a la pérdida de cationes por lavado durante el período de amontonamiento y el segundo a pérdidas de amoníaco por volatilización durante el proceso de extracción de camas y formación del montón.

Tabla 6 Análisis de estiércol en caballo

	materia fresca			materia seca		
	cama (n=6)	montón (n=7)	p-valor	cama (n=6)	montón (n=7)	p-valor
ms %	35,6 (22,3-53,6)	37,7 (17,5-61,3)	0,804			
pH	8,3 (7,7-9,1)	8,3 (7,6-9,1)	0,873			
CE mS/cm	5,3 (2,8-8,2)	4,0 (1,0-6,9)	0,289			
MM %	8,8 (3,0-23,1)	12,5 (3,8-23,9)	0,407	22,8 (10,9-43,0)	32,7 (14,6-58,6)	0,211
N-NH <sub>4</sub> %	0,13 (0,01-0,33)	0,02 (0,01-0,09)	0,105	0,4 (0,04-1,1)	0,05 (0,02-0,15)	0,113
N org %	0,84 (0,5-1,2)	1,04 (0,45-1,61)	0,368	2,38 (1,7-2,7)	2,84 (1,5-4,2)	0,261
N total %	0,97 (0,5-1,3)	1,07 (0,5-1,7)	0,675	2,78 (1,9-3,8)	2,89 (1,5-4,3)	0,807
P %	0,35 (0,2-0,6)	0,35 (0,2-0,6)	0,923	0,96 (0,6-1,2)	0,97 (0,4-1,5)	0,911
K %	1,08 (0,4-1,6)	1,14 (0,3-2,1)	0,845	3,13 (1,5-5,7)	2,95 (1,1-5,1)	0,831
Cu ppm	13,5 (5,4-23,2)	15,2 (7,6-22,3)	0,619	37,5 (20,9-62,9)	46,2 (24,7-110,7)	0,528
Zn ppm	60,5 (11-117)	76,0 (48-114)	0,436	168,4 (40-309)	238,7 (123-650)	0,418

ms = materia seca // CE = conductividad eléctrica // MM = cenizas // N-NH<sub>4</sub> = N amoniacal // N org = N orgánico

En la misma columna “valor medio” (rango de datos)

Prueba t-Student

Buscando una forma de evaluar la bondad predictiva de estos resultados se han comparado con los obtenidos por Mangado *et al.* (2008) analizando estiércoles de vacuno de leche, ovino de carne y caballo en el momento de formar el montón y transcurridos dos meses desde su formación. La primera situación se compara con los resultados obtenidos sobre las muestras de “cama” en este trabajo y la segunda con las muestras obtenidas sobre “montón”. En la situación inicial todos los rangos encontrados en el presente trabajo para los estiércoles de vacuno de leche y ovino de carne abarcan los datos obtenidos en el trabajo de 2008. Solamente en estiércol de caballo los rangos de N orgánico y total obtenidos en este trabajo no abarcan los resultados obtenidos en el trabajo de 2008, siendo estos resultados inferiores al límite más bajo de los rangos obtenidos en la actual experiencia. En la segunda situación todos los parámetros analíticos de estiércol de ovino de carne obtenidos en el trabajo de 2008 permanecen dentro de los rangos obtenidos en este mientras que en estiércol de vacuno de leche los parámetros de materia seca, pH y N orgánico y total exceden al límite superior a los encontrados en este trabajo. En estiércol de caballo solamente quedan fuera de rango la conductividad eléctrica (superior) y el contenido en fósforo (inferior).

La naturaleza de los materiales de adsorción empleados en la cama y la composición de la dieta consumida por los animales influyen sobre la composición del estiércol generado y podrían explicar, en parte, la variabilidad obtenida, aunque lo cierto es que, en el caso del material de cama, el uso generalizado es la paja de cereal y solamente en alguna explotación del área atlántica se utiliza helecho. Dentro de cada orientación productiva las dietas alimenticias son bastante homogéneas. La excepción puede ser el vacuno de leche, aunque las explotaciones que trabajan sobre cama caliente sí presentan una razonable homogeneidad en el racionamiento.

## CONCLUSIONES

Los estiércoles generados por el ganado herbívoro doméstico presentan un alto grado de heterogeneidad como consecuencia de las muy diferentes situaciones de formación y manejo. Se presentan los valores medios y rangos de variación de una serie de parámetros de su composición que acotan razonablemente sus características para las diferentes orientaciones productivas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- LABRADOR, J., 1996. La materia orgánica en los agrosistemas. Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación. Ed. Mundi-Prensa. 174 pp. Madrid
- MANGADO, J.M.; RODRIGUEZ, I.; OIARBIDE, SORET, B., 2008. Evaluación y caracterización de los lixiviados generados en amontonamientos temporales de estiércol sobre suelo natural. *Actas de la XLVII Reunión Científica de la SEEP*, 83-90. Ed. Junta de Andalucía. Córdoba (España)
- MANGADO, J.M.; MIJANGOS, I., 2010. Evolución de las características químicas y biológicas de suelos sometidos a manejo convencional y ecológico en la ribera del Ebro de Navarra. *Actas del IX Congreso de la SEAE. Calidad y seguridad alimentaria*. Comunicación p-3-1. Lleida (España). [www.agroecologia.net](http://www.agroecologia.net)

## CHARACTERIZATION OF THE MANURES GENERATED ON FARMS OF DOMESTIC LIVESTOCK IN NAVARRA

### SUMMARY

The averages and ranks of variation of a series of parameters of characterization of the manures generated on farms of domestic herbivore livestock are presented. From 116 farms of cattle and sheep, meat and milk, and horses in Navarra, data of the training and manure management and samples were taken for further analysis. The results, compared with the obtained in earlier works, concludes that, despite the high heterogeneity of the manures, the characteristics of the manures produced in farms of similar guidance productive, can be predicted in a reasonable way,

**Key words:** cattle, sheep, horses, meat, milk



## BALANCE DE NITRÓGENO EN VACAS DE LECHE EN PASTOREO

A.I. ROCA-FERNÁNDEZ<sup>1</sup>, M<sup>a</sup>. D. BÁEZ BERNAL<sup>2</sup> y A. GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ<sup>1</sup> \*

### RESUMEN

Los sistemas de producción de leche en zonas húmedas, que utilizan los recursos de la explotación, necesitan de un adecuado ajuste entre los aportes y los requerimientos nutritivos del animal. Se estudia el balance de nitrógeno (N) en un sistema de pastoreo rotacional, con los *inputs* de N para el animal (pasto, silo y concentrado) y los *outputs* (leche y peso vivo). En cuatro rebaños de vacas Holstein-Friesian (n=72), se evalúan dos cargas ganaderas, (1) baja o (2) alta, en dos estados de lactación, (A) inicio o (B) final, durante dos períodos: (P1) principio de pastoreo y vacas con suplementación y (P2) final del pastoreo de primavera sin ella. Las entradas y salidas de N (g N/vaca/día) fueron mayores en los grupos A (189 y 121) que en los B (163 y 105), más elevadas en la alta carga ganadera (182 y 115) que en la baja (170 y 111) y superiores en el P1 (237 y 140) que en el P2 (114 y 86). El N excretado fue mayor en el P1 que en el P2 (479 vs. 68 g N/vaca/ha), sin diferencias entre estados de lactación y cargas ganaderas.

**Palabras clave:** carga ganadera, estado de lactación, suplementación, entradas-salidas N.

### INTRODUCCIÓN

Galicia es una zona productora de leche por excelencia, que dispone de una superficie forrajera favorable para hacerlo con recursos propios. Las praderas en Galicia representan el 12% de su superficie total y el 44% de su superficie agraria útil. Los rendimientos medios de las praderas de raigrás inglés y trébol blanco, adecuadamente fertilizadas, se sitúan en las 12-13 t/ha de materia seca (MS) en muchas de las explotaciones gallegas, con mayor contenido de proteína y más versatilidad. que la producción de maíz para silo.

La región cuenta con el 56% de las explotaciones españolas y el 41% de las vacas, a pesar de haber reducido el número de explotaciones, para producir el 35% de la cuota (2,2 M de litros). Las vacas lecheras suponen el 44% del total de las cabezas de vacuno y generan el 30% de la producción final agraria gallega. El bajo precio de la leche hace imprescindible reducir los costes de alimentación que suponen el 68% de los costes directos asociados al sistema. La alimentación con forrajes verdes (en pastoreo) cuesta tres y cinco veces menos que el uso de forraje conservado (ensilados) y el concentrado, respectivamente (Barbeyto y López, 2010).

<sup>1</sup> Dpto. de Producción Animal

<sup>2</sup> Dpto. de Pastos y Cultivos. Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo (CIAM). INGACAL.

Xunta de Galicia. Apdo. 10 - 15080, A Coruña (España)

\* [anairf@ciam.es](mailto:anairf@ciam.es) [dolores.baez.bernal@xunta.es](mailto:dolores.baez.bernal@xunta.es) [antonio.gonzalez.rodriguez@xunta.es](mailto:antonio.gonzalez.rodriguez@xunta.es)

El uso eficiente de los nutrientes es uno de los pilares básicos para el desarrollo sostenible de los sistemas productores de leche y supone un gran beneficio económico y medioambiental. Resulta, pues, primordial aumentar el conocimiento en los ciclos de nutrientes como el del nitrógeno (N) en las explotaciones de vacuno para evitar posibles pérdidas. Este ciclo es complejo con fuertes interacciones "suelo-planta-animal", destacando la importancia de las leguminosas como reservorio natural de N. En el animal el N ingerido, procedente del pasto, silo y/o concentrado es exportado en la leche producida, en las heces y orina, además de la posible acumulación o pérdidas de proteína en la carne debido a ganancias/pérdidas de peso vivo que experimenta el ganado a lo largo de su lactación debido a cambios en su estado fisiológico y a variaciones en la ración. Salcedo (2010) y García *et al.* (2007) calcularon un exceso de N de 435 y 329 kg/ha/año en las explotaciones cántabras y gallegas respectivamente, con valores en Cantabria de 17,7 y 15,3 kg N por 1000 kg de leche y una eficiencia global de uso del N del 25,5% en las granjas intensivas y del 31,8% en las semiintensivas. En sistemas de pastoreo con presencia de leguminosas el exceso de N asociado a la explotación en el balance global (entradas-salidas de N) es bastante menor (Báez *et al.*, 2007), y en consecuencia también lo es el riesgo de pérdidas de N hacia el ambiente como son las pérdidas de nitrato que pueden contaminar las aguas y emisiones de gases de efecto invernadero hacia la atmósfera (Báez *et al.*, 2008). No obstante, el cálculo del balance global de N a nivel de la explotación teniendo en cuenta las entradas y salidas de nutrientes es un indicador muy válido para comparar diferentes explotaciones y sistemas de producción. En este estudio se realiza un balance de N del animal en pastoreo teniendo en cuenta el valor nutritivo de la ración, el estado fisiológico y la producción de leche del ganado vacuno lechero y la carga ganadera utilizada.

## MATERIAL Y MÉTODOS

**Descripción del área de estudio.** El presente trabajo se realizó en el CIAM, La Coruña (43°15'N; 8° 18' W), con el rebaño en pastoreo de praderas con un 80% de raigrás inglés, 5% de trébol blanco y 15% de otras especies durante la primavera-verano y algo de suplementación con silo (60% hierba y 40% maíz) y concentrado (4 y 0 kg MS/vaca/día) al inicio y final de lactación, ya que el sistema estudiado se basa en el aprovechamiento de los recursos propios de la explotación. Los suelos son de textura franco-limosa (32% arena, 50% limo y 18% arcilla) y pH ácido (5,5), bien drenados con clima templado-oceánico favorable, con temperatura media de 13°C, y una precipitación mensual de 67 L/m<sup>2</sup> para el crecimiento de la hierba y para el pastoreo de primavera en Galicia.

**Diseño experimental y tratamientos.** El rebaño experimental del CIAM de 72 vacas Holstein-Friesian, se distribuyó en un diseño factorial 2x2 con 4 tratamientos (A1, A2, B1 y B2): dos cargas ganaderas, (1) baja (n=36) o (2) alta (n=36) y dos estados de lactación, (A) inicio (n=44) o (B) final (n= 28). Los 4 grupos pastaron rotacionalmente parcelas independientes de 0,65 ha en un área total de 39,3 ha. Anualmente las praderas se fertilizaron con 136-84-84 kg/ha de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O en tres aplicaciones (a mediados de febrero, principios de abril y finales de septiembre).

**Toma de muestras y análisis de datos.** Se registró la producción diaria de leche de los cuatro rebaños en toda la lactación, con recogida semanal de muestras para análisis del contenido de proteína y grasa (realizadas en el LIGAL). Se midió quincenalmente la condición corporal (1-5) y el peso vivo de los animales. Se determinó la ingestión de pasto, por diferencia entre las muestras pre y post pastoreo en cada parcela, además del control del silo (hierba y maíz) y del concentrado. El análisis de la calidad nutritiva del pasto en oferta: materia seca (MS), Proteína bruta (PB), contenido en fibras, se realizó mediante un equipo NIRSystems 6500. Para la determinación de N se utilizó el método Kjeldahl (AOAC, 1995).

Para el cálculo del balance de N a nivel del animal se tuvieron en cuenta las entradas de N procedentes de la alimentación: pasto, silo y concentrado, las exportaciones de N en la leche y la acumulación/pérdida de N en la carne expresada por la ganancia/pérdida de peso vivo experi-

mentada por los animales durante el período monitorizado. El valor resultante de las entradas menos las salidas de N corresponde al N excretado por el animal en cada uno de los cuatro rebaños en estudio. Para determinar el N en la carne de los animales se registró cada 15 días el peso vivo de los cuatro rebaños y se consideró una composición de 24 kg de N por tonelada de peso vivo. Para el análisis de los datos se consideraron dos períodos de pastoreo aparte: P1 (pasto vegetativo, del 15/03 al 15/05) las vacas tenían suplementación y P2 (reproductivo del 16/05 al 02/08) sin suplementación por tener más avanzada la lactación.

**Análisis estadístico.** Se aplicó un ANOVA con SPSS 15.0 para el estudio del efecto de la carga ganadera y el estado de lactación sobre las entradas y salidas de N en dos períodos.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las vacas en inicio de lactación, grupos A, con 25,7 kg/vaca/día (*tabla 1*) produjeron más leche ( $p < 0,001$ ) que las vacas en final de lactación, grupos B, con 19,6 kg/vaca/día. A pesar de que la carga ganadera fue más alta ( $p < 0,05$ ) en los grupos 2 que en los 1 (5,2 vs. 4,0 vacas/ha, respectivamente) no se observaron diferencias significativas en producción de leche debido a una interacción entre el estado de lactación y la carga ganadera. Los contenidos medios de proteína y grasa en leche fueron superiores ( $p < 0,05$ ) en los rebaños en final de lactación (31,1 y 38,1 g/kg MS, respectivamente) en comparación con los de inicio de lactación (29,0 y 36,0 g/kg MS, respectivamente). Los grupos B mostraron un peso vivo y una condición corporal media (587 kg y 2,9) algo superior a los grupos A (569 kg y 2,8).

*Tabla 1* Parámetros productivos y de calidad de leche en los cuatro rebaños

	Vacas	Lactación	Carga ganadera	Leche	Proteína	Grasa	Peso	C. corporal
Rebaños <sup>1</sup>	nº	días	vacas/ha	kg/vaca/día	g/kg	MS	kg	1-5
A1	22	33	4,3	24,9	29,2	35,6	573	2,8
A2	22	28	5,8	26,5	28,7	36,3	564	2,7
B1	14	139	3,6	20,4	30,6	39,3	600	2,9
B2	14	140	4,6	18,9	31,6	36,8	574	3,0

<sup>1</sup>Estado de lactación (A, inicio o B, final); Carga ganadera (1, baja o 2, alta).

La ingestión de pasto fue mayor ( $p < 0,05$ ) en los rebaños al final que al inicio de lactación (B, 15,9 vs. A, 12,6 kg MS/vaca/día) al disminuir la suplementación total (A, 10,3 vs. B, 9,4 kg MS/vaca/día) (*tabla 2*). Los rebaños con baja carga mostraron ingestiones de pasto mayores que los de alta carga (14,9 vs. 13,6 kg MS/vaca/día, respectivamente) aunque sin diferencias significativas. La digestibilidad de la materia orgánica (IVODM) fue mayor ( $p < 0,05$ ) en las parcelas pastadas por los grupos a final que en inicio de lactación (B, 774 vs. A, 754 g/kg MS) debido al estado vegetativo del pasto que afecta a la ración de las vacas con una total dependencia del pastoreo. No se observaron diferencias entre los tratamientos para la MS, PB, ADF, NDF y CSA del pasto. Los rebaños con alta carga (grupos 2) presentaron un contenido menor ( $p < 0,05$ ) de MS (16,8% vs. 18,0%) y superior de PB (153 vs. 139 g/kg MS) que los grupos con baja carga (grupos 1).

No se observaron diferencias significativas entre tratamientos ni entre períodos para las entradas de N procedentes del pasto (*tabla 3*). Las diferencias entre grupos fueron pequeñas para las entradas de N de los silos de hierba y maíz, que recibieron solo al comienzo de la rotación (15/03-15/05). El N procedente del concentrado (g N/vaca/día) está en función de los aportes, fue mayor ( $p < 0,001$ ) en los rebaños al inicio que al final de lactación (87 vs. 44), más alto ( $P < 0,05$ ) con alta carga ganadera que con baja carga (69 vs. 62), y también superior ( $p < 0,001$ ) en el P1 que en el P2 (103 vs. 28). Se observó una interacción entre el estado de lactación y el período ( $p < 0,05$ ) y entre el estado de lactación, la carga ganadera y el período en estudio ( $p < 0,05$ ).

Tabla 2. Ingestión total y parámetros de calidad del pasto en los cuatro rebaños

	Ingestión total				Calidad del pasto en oferta <sup>2</sup>					
	Pasto	Silo hierba	Silo maíz	Concentrado	MS	PB	FAD	FND	CSA	IVOMD
Rebaños <sup>1</sup>	kg MS/vaca/día				g/kg MS					
A1	12,4	3,6	2,4	4,0	17,3	131	275	487	185	749
A2	12,8	3,8	2,6	4,1	16,9	149	261	475	193	759
B1	17,4	4,2	2,8	1,3	18,5	146	278	505	174	757
B2	14,4	5,2	3,4	1,6	16,7	157	266	483	177	790

<sup>1</sup> Estado de lactación (A, inicio o B, final); Carga ganadera (1, baja o 2, alta);

<sup>2</sup>MS, Materia Seca (PB, Proteína Bruta; FAD, Fibra Ácido Detergente; FND, Fibra Neutro Detergente; CSA, Carbohidratos Solubles en Agua; IVOMD, Digestibilidad *in vitro* de la Materia Orgánica.

Las exportaciones de N por la leche (g N/vaca/día) fueron paralelas a la producción; mayores ( $p < 0,001$ ) en los rebaños al inicio que a final de lactación (116 vs. 99), superiores ( $p < 0,001$ ) en el P1 que en el P2 (135 vs. 86) y se observó una interacción ( $p < 0,01$ ) entre el estado de lactación y la carga. El N retenido en la carne del animal debida a variaciones del peso vivo no mostró diferencias para ninguno de los tres factores estudiados.

Tabla 3. Entradas y salidas de N (g N/vaca/día) en cuatro rebaños de vacas

Rebaños <sup>1</sup>	A1		A2		B1		B2		Significación <sup>3</sup>						
	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	L	C	P	LxC	LxP	CxP	LxCxP
Entradas															
Pasto	68	67	83	95	105	95	83	87	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Silo hierba	26	0	30	0	31	0	31	0	ns	ns	***	ns	ns	ns	ns
Silo maíz	17	0	20	0	20	0	21	0	ns	ns	***	ns	ns	ns	ns
Concentrado	121	51	121	56	74	3	97	3	***	*	***	ns	*	ns	*
Salidas															
Leche	143	90	150	101	124	78	122	73	***	ns	***	**	ns	ns	ns
Peso vivo	-6	-3	10	-1	10	7	8	-2	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

<sup>1</sup>L, Estado de lactación (A, inicio o B, final); C, Carga ganadera (1, baja o 2, alta);

<sup>2</sup>P, Período en estudio (P1, con o P2, sin suplementación);

<sup>3</sup>Significación:\*\*\* ( $p < 0,001$ ); \*\* ( $p < 0,01$ ); \* ( $p < 0,05$ ); ns, no significativo.

La suma de las entradas de N (tabla 4) procedentes de la alimentación (pasto + silo + concentrado), expresadas en g N/vaca/día, fue mayor ( $p < 0,001$ ) en los grupos en inicio que a final de lactación (189 vs. 163), siendo las entradas de N más altas ( $p < 0,001$ ) en la alta carga que en la baja (182 vs. 170) y superiores ( $p < 0,001$ ) en el P1 que en el P2 (237 vs. 114).

La suma de las exportaciones de N en la leche y en la carne (g N/vaca/día) fue mayor ( $p < 0,001$ ) en los grupos al inicio que al final de la lactación (121 vs. 105), siendo las salidas de N más altas ( $p < 0,05$ ) en la alta carga ganadera que en la baja (115 vs. 111) y superiores ( $p < 0,001$ ) en el P1 que en el P2 (140 vs. 86). Se observó una interacción entre el estado de lactación y la carga ( $p < 0,01$ ), el estado de lactación y el período en estudio ( $p < 0,01$ ), la carga y el período en estudio ( $p < 0,001$ ) y entre los tres factores analizados ( $p < 0,01$ ). La diferencia entre las entradas y salidas de N y que corresponde al N excretado fue mayor ( $p < 0,001$ ) en el P1 que en el P2 (97 vs. 28). Bolan *et al.* (2004) encontraron que independientemente del nivel de N en la entrada con los alimentos la excreción de N fue de 132 g/vaca/día.



Tabla 4. Balance de N al animal (g N/vaca/día) en los cuatro rebaños

Rebaños <sup>1</sup>	A1		A2		B1		B2		Significación <sup>3</sup>						
	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	L	C	P	LxC	LxP	CxP	LxCxP
Σ Entradas N	232	118	254	151	230	98	232	90	***	***	***	***	ns	**	*
Σ Salidas N	137	87	160	100	134	85	130	71	***	*	***	**	**	***	**
Diferencia	95	30	94	50	96	12	102	18	ns	ns	***	ns	ns	ns	ns

<sup>1</sup> L, Estado de lactación (A, inicio o B, final); C, Carga ganadera (1, baja o 2, alta);

<sup>2</sup> P, Período en estudio (P1, con o P2, sin suplementación);

<sup>3</sup> Significación: \*\*\* (p<0,001); \*\* (p<0,01); \* (p<0,05); ns, no significativo.

El estudio permite cuantificar el N que es reciclado en las parcelas utilizadas en pastoreo. El N total excretado expresado en g N/vaca/ ha durante los días de permanencia en una parcela fue mayor (p<0,001) en el P1 que en el P2 (479 vs. 68), sin diferencias entre estados de lactación (inicio, 265 vs. final, 282) y cargas ganaderas (baja, 250 vs. alta, 298). El valor medio de N excretado por los cuatro rebaños durante los dos periodos en estudio fue de 274 g N/vaca/ha para un tiempo medio de permanencia en las parcelas de 4 días. Oenema *et al.*, (1997) observaron que las vacas lecheras en pastoreo con especies gramíneas/leguminosas excretaban en torno al 60-65% del N en la orina. En otros estudios realizados en la Cornisa Cantábrica (Salcedo, 2010) para las vacas lecheras en pastoreo y mínimo aporte de concentrado, el reparto del N excretado fue del 25, 39 y 21% en heces, orina y leche, respectivamente; considerando el 15% del N restante como N retenido en la carne.

En el balance global de N por animal (figura 1) para los cuatro rebaños (Σ entradas N = 176 - Σ salidas N = 113) se obtuvo un superávit de 63 g N/vaca/día, con un factor de conversión (entradas en salidas de N) del 64%. La proporción de N en las entradas procedente del pasto (85 g N/vaca/día), silo (hierba, 15 y maíz, 10 g N/vaca/día) y concentrado (66 g N/vaca/día) en la ración fue del 48%, 15% (9 y 6) y 37%, respectivamente. De las salidas de N del animal, en leche fue el 97% del total considerado. Los grupos A, en inicio de lactación, mostraron unas salidas de N mayores en leche que los grupos B, a final de lactación (con mayores ganancias de peso), motivadas por unas entradas de N superiores por el concentrado. La alta carga (grupos 2) mostró unas salidas de N en leche inferiores que la baja carga (grupos 1) a pesar de presentar mayores entradas de N debidas al pasto y al concentrado.

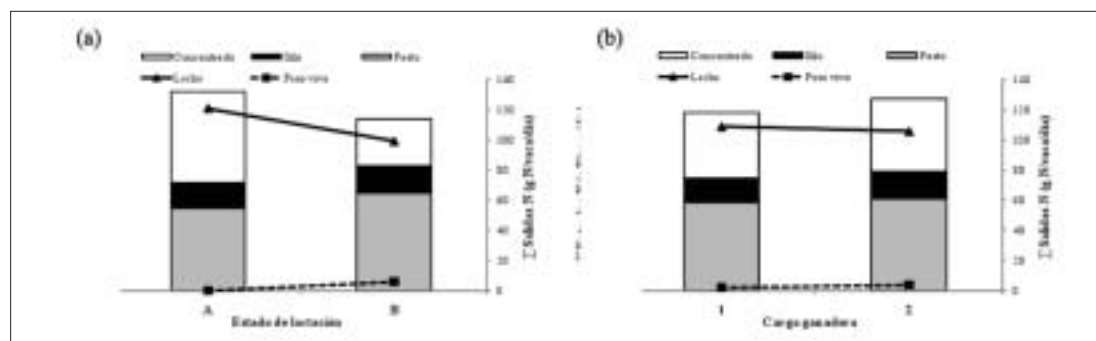


Figura 1 Σ Entradas y Σ Salidas de N según el estado de lactación y la carga ganadera.

## CONCLUSIONES

El balance de N a nivel del animal calculado considerando las entradas debidas a la ingestión de los alimentos y las exportaciones de N en la carne y leche producidas fueron mayores en todos los grupos al inicio que a final de la lactación, periodo con suplementación que sin ella, y

más altas en la alta carga ganadera que en la baja. La diferencia entre entradas y salidas de N no resultó significativa ni para el estado de lactación ni para la carga ganadera. El N excretado fue mayor en el período con suplementación que sin ella debido al concentrado.

### Agradecimientos

Al INIA por la financiación del proyecto RTA2005-00204-00 y a toda la plantilla del CIAM.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AOAC, 1995. *Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists Internacional*, 16<sup>th</sup> Edition. 1465 pp. Washington (USA).
- BÁEZ BERNAL, M<sup>a</sup>. D.; CASTRO INSUA, J.F.; LÓPEZ DÍAZ, J. E.; GONZÁLEZ RODRÍGUEZ, A.; GARCÍA POMAR, M. I., 2007. Balance de nitrógeno y pérdidas de nitrato por lixiviación en una explotación de vacuno de leche en pastoreo. *Actas de la XLVI Reunión científica de la S.E.E.P.* Vitoria, 344-350.
- BÁEZ BERNAL, M<sup>a</sup>. D.; CASTRO INSUA, J. F.; LÓPEZ DÍAZ, J. E.; GONZÁLEZ RODRÍGUEZ, A.; GARCÍA POMAR, M. I., 2008. Cuantificación de pérdidas y transformaciones de nitrógeno asociadas al vacuno de leche en pastoreo. *Pastos*, **38(1)**, 21-44.
- BARBEYTO NISTAL, F.; LÓPEZ GARRIDO, C., 2010. *Resultados do Programa de Xestión de Vacún de Leite en Galicia en 2008*. Consellería do Medio Rural. Xunta de Galicia, 99 pp. Santiago de Compostela (España).
- BOLAN, S. N.; SAGGAR, S.; LUO, J.; BHANDRAL, R.; SINGH, J., 2004. Gaseous Emissions of nitrogen from grazed pastures: processes, measurements and modeling, environmental implications, and mitigation. *Advances in Agronomy*, **84**, 37-120.
- GARCÍA POMAR, M. I.; CASTRO INSUA, J. F.; NOVOA MARTÍNEZ, R.; BÁEZ BERNAL, M<sup>a</sup>. D., 2007. Caracterización del balance y la eficiencia en la utilización del nitrógeno, fósforo y potasio en las explotaciones de vacuno de leche en Galicia. *Actas de la XLVI Reunión Científica de la S.E.E.P.* Vitoria, 440-446.
- OENEMA, O.; VELTHOF, G. L.; YAMULKI S.; JARVIS, S. C., 1997. Nitrous oxide emissions from grazed grassland. *Soil Use and Management*, **13**, 288-295.
- SALCEDO DÍAZ, G., 2010. *Manual de mejora ambiental de las explotaciones lecheras de Cantabria*. Centro de Investigación de Medio Ambiente. Consejería de Medio Ambiente. Gobierno de Cantabria. 90 pp. Cantabria (España).

## NITROGEN BALANCE IN DAIRY COWS AT PASTURE

### SUMMARY

The milk production based on farm resources systems in humid areas, need studies of the balance between the nutrients on offer to fit the animal requirements. The nitrogen (N) balance in the animal on a rotational grazing system, was analyzed, considering the inputs from food (grass, silage and concentrate) and the outputs (milk and live weight), in four herds of Holstein-Friesian dairy cows (n = 72), at two stocking rates, (1) low or (2) high, in cows and two stages of lactation, (A) start or (B) end, during two grazing periods: (P1) pasture at early spring, with supplementation and (P2) later grazing, without it. The N inputs and outputs (g/cow/day) were higher in groups A (189 and 121) than in B (163 and 105), higher in high stocking rate groups (182 and 115) than in low (170 and 111), and higher in period P1 (237 and 140) than in P2 (114 and 86). The N excretion was higher in P1 than in P2 (479 vs. 68 g/ cow/ha) with no differences between stages of lactation or stocking rates.

**Keywords:** dairy cattle, stocking rate, stage of lactation, supplementation, N inputs-outputs

# EFECTO DEL PASTOREO ROTACIONAL SIMPLIFICADO SOBRE LA PRODUCCIÓN LECHERA DE VACAS FRISONAS Y NORMANDAS

A.I. ROCA-FERNÁNDEZ<sup>1\*</sup>, L. DELABY<sup>2\*</sup>, A. GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ<sup>1\*</sup>, M<sup>a</sup>.E. LÓPEZ-MOSQUERA<sup>3</sup>, Y. GALLARD<sup>4</sup> y S. LEURENT<sup>4</sup>

## RESUMEN

Se utiliza un modelo de pastoreo rotacional simplificado, con ciclos de 30 días, 10 de permanencia en pastoreo y 20 de crecimiento de la hierba, para dos razas, (F) Frisonas y (N) Normandas, a dos niveles de concentrado, baja y alta (0 y 4 kg/vaca/día), e el período 2001-09. En cada tiempo de permanencia se determina el pico de producción de leche (PL máximo) en los 4-5 primeros días y la posterior caída de leche (CL) hasta el décimo día, de cada rebaño (FO, F4, NO y N4) en pastoreo independiente. Las alturas pre- y post-pastoreo fueron superiores en los rebaños con concentrado (13,2 y 4,7 cm) que sin él (12,1 y 4,1 cm), con un descenso de la altura de pasto tras el pico PL máximo, mayor en Frisonas que Normandas. El rebaño con suplementación y las vacas multíparas tienen un PL máximo mayor y una caída CL menor que las no suplementadas o las primíparas. A pesar de esta caída CL de leche en cada tiempo de permanencia en pastoreo, la producción se recupera aunque con un pico, PL máximo, menor en el siguiente ciclo. Controlando bien estas caídas de producción, es posible alargar los tiempos de pastoreo.

**Palabras clave:** raza vacuna, curva de lactación, tiempo de permanencia, caída producción, altura de hierba.

## INTRODUCCIÓN

En la Estación del INRA “Le Pin au Haras”, en Francia, una variante del pastoreo *full graze* es aplicada al ganado vacuno lechero, descrita por Hoden *et al.* (1991), y que llamamos “*pastoreo rotacional simplificado*”. Se utilizan de 3 a 4 parcelas grandes, 2,3 ha en primavera y de 5 a 7 parcelas en otoño con una carga ganadera media de 4 vacas/ha en primavera y 2 en otoño. La rotación se varía para permitir un aprovechamiento eficiente del pasto entre 28-30 días en primavera, y de 40-45 días en otoño. El alargar el tiempo de permanencia del rebaño en pastoreo, de 10-12 días en primavera y de 5-7 días en otoño, nos permite utilizar grandes parcelas que

<sup>1</sup> Dpto. de Producción Animal. Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo (CIAM). INGACAL. Xunta de Galicia. Apdo. 10 - 15080, La Coruña (España)

<sup>2</sup> INRA Agrocampus-Ouest. UMR PL 1080, 35590, St. Gilles, Rennes (France)

<sup>3</sup> Dpto. de Producción Vegetal. USC. EPS Ingenieros Agrónomos 27002, Lugo (España)

<sup>4</sup> Domaine Expérimental Animal. Le Pin au Haras. Borculo 61310, Exmes (France)

\*[anairf@ciam.es](mailto:anairf@ciam.es), [luc.delaby@rennes.inra.fr](mailto:luc.delaby@rennes.inra.fr), [antonio.gonzalez.rodriguez@xunta.es](mailto:antonio.gonzalez.rodriguez@xunta.es)

evitarían el excesivo cercado, que muchas veces no es posible realizar. de e intervalo posterior de crecimiento de 20 días, muestran un patrón característico siguiendo una evolución cíclica que se repite a lo largo de la lactación y en los años sucesivos.

Este modelo provoca grandes variaciones de producción de leche (*figura 1*), en los 10 días del "tiempo de permanencia" en la parcela con un aumento rápido de leche en los 3 primeros días alcanzando un pico de producción (PL máx.) a los 4-5 días y disminuir posteriormente, caída de leche (CL), de forma casi lineal hasta el día 10. Estas variaciones más o menos pronunciadas dependen de la suplementación y de la disponibilidad de la hierba. El criterio para cambiar el ganado de parcela se basa en el control de la producción lechera en los tres últimos días del tiempo de permanencia, este valor ha de suponer el 85-90% del pico máximo de producción de leche alcanzado durante los tres primeros días del pastoreo.

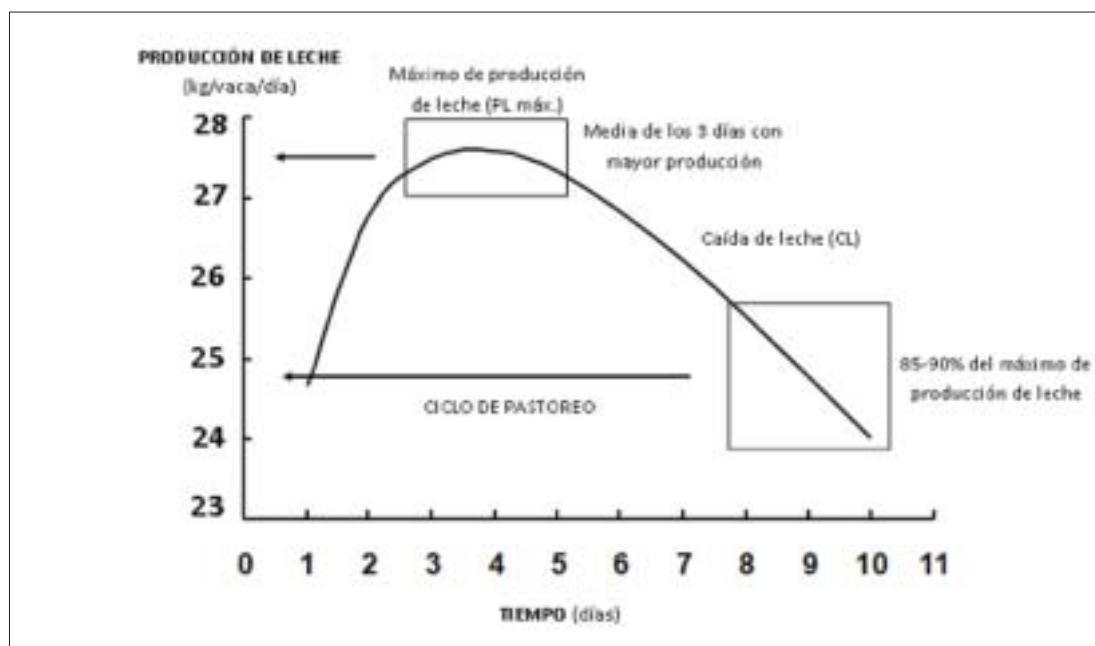


Figura 1. Evolución de la producción leche, durante un ciclo de pastoreo, del ganado vacuno utilizando el modelo de pastoreo rotacional simplificado (Hoden et al., 1991).

El objetivo de este estudio es evaluar la evolución de la curva de lactación individual en dos razas lecheras (Frisonas y Normandas), con dos niveles de concentrado, bajo y alto (0 y 4 kg MS/vaca/día), con tiempos de permanencia en pastoreo de 10 días por parcela (modelo de pastoreo rotacional simplificado) en rotaciones de 30 días. Se determina el pico de leche, PL máximo y la posterior caída CL en cada tiempo de permanencia en pastoreo desde 2001 a 2009, en Francia (Baja Normandía).

## MATERIAL Y MÉTODOS

**Descripción del área de estudio.** Para este ensayo se utilizaron los datos de 2001 a 2009 del rebaño experimental de la finca experimental del INRA "Le Pin au Haras", en la Baja Normandía (48° 44' 0" Norte, 0° 90' 0" Este), Francia. El área de estudio se encuentra en una de las principales regiones productoras de leche francesas basadas en el pastoreo de praderas y el cultivo de maíz (Pflimlin *et al.*, 2005). Los suelos bien drenados tienen textura limo-arcillosa (25% arcilla y 50% limo), pH entre 6,5 y 7,1 y un alto contenido en materia orgánica (6,9% en praderas de gramínea y 5,2% en praderas con trébol). El clima

es templado oceánico, T<sup>a</sup> anual de 12°C, media de los últimos 30 años, y 680 mm de precipitación bien distribuida, con lluvia en verano, lo que resulta favorable para el crecimiento del pasto, lo que mantiene el ganado básicamente en pastoreo de Marzo a Noviembre.

**Diseño experimental y tratamientos.** El rebaño experimental del Pin au Haras de 72 vacas Frisonas (F) y Normandas (N), se distribuyó al azar en el período 2001-09, en dos rebaños de 36 vacas con diferente nivel de suplementación (0 y 4 kg/vaca/día de concentrado). Se utilizaron 3 bloques de 13,8 ha de praderas raigrás inglés que se fertilizaron según el manejo: sin suplementación se aplicó 250 kg de N en varias dosis: 60-50-50-50-40, con suplementación con 180 kg de N/ha/año: 60-40-40-40 kg de N/ha, y otros 4 bloques de 19,6 ha con praderas sembradas con raigrás inglés y trébol blanco que recibieron solo 60 kg de N/ha al inicio de abril con Los 4 tratamientos (FO, F4, NO y N4) de animales pastaron todos los bloques en parcelas independientes de 2,3 ha, aplicando un diseño factorial 2x2, siguiendo el modelo de pastoreo rotacional simplificado (Hoden *et al.*, 1991) en función del número medio de días de permanencia en pastoreo. En cada secuencia seleccionada del tiempo de permanencia.

**Toma de muestras y análisis de datos.** La producción de leche por vaca se registró durante toda la lactación para cada raza y cada nivel de suplementación para los años en estudio. De las curvas de lactación de cada tratamiento se seleccionaron varias secuencias tipo (de 4 a 7 por año) más representativas del tiempo de permanencia en parcela (de 9 a 12 días) presentando un patrón de comportamiento cíclico de la producción de leche, donde se determina el PL máximo y la CL en cada rebaño, contando los días en el que se alcanza el pico y la caída hasta el último día en que los animales dejan de pastar esa parcela y pasan a otra para iniciar un nuevo ciclo de pastoreo. Si la caída de leche por vaca (producción el tanque entre el n° de vacas) es mas del 85% del pico se puede adelantar el paso al bloque siguiente. En primavera se realizaron 150 medidas diarias de altura por parcela en zig-zag utilizando un herbómetro electrónico y se calculó el descenso diario de hierba en función del nivel de suplementación y su relación con la producción diaria de leche.

**Análisis estadístico.** Se examinó el efecto de la raza (Frisona y Normanda) y del nivel de suplementación (0 y 4 kg MS/vaca/día) en función del estado de lactación (primíparas y multiparas), así como su interacción. Para ello se realizó un ANOVA de multivariante, empleando el programa estadístico SPSS 15.0.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Defoliación en cada ciclo de pastoreo.** En la *figura 1* se muestran 6 tiempos de permanencia de pastoreo de dos rebaños, sin y con suplementación, en 2 rotaciones de primavera, las alturas de pasto y la producción de leche. Las alturas pre- y post-pastoreo fueron superiores en las parcelas pastadas por vacas con (13,2 y 4,7 cm) que sin suplementación (12,1 y 4,1 cm). La producción de leche fue mayor en los rebaños con suplementación que sin ella (28,9 y 24,7 kg/vaca/día, respectivamente). El mayor descenso de la altura de la hierba sucedió en los primeros 4-5 días de permanencia (-0,9 cm) que en los restantes (-0,5 cm), tras los cuales había una limitación en la ingestión de pasto. A pesar de esta caída y al pasar a la siguiente parcela, a partir del día 5 de entrada en el tiempo de permanencia, se observa una nueva recuperación de la producción de leche.

La altura de la hierba suele ser un buen reflejo de la ingestión de pasto y repercute en la producción de leche, según los resultados con estos mismos rebaños publicados por Delaby *et al.* (2009) durante el período 2001-05, mostrando cifras de ingestión de pasto de 15,1 kg/vaca/día para niveles de ingestión total de 20,5 y 17,5 kg MS/vaca/día (sin y con suplementación, respectivamente) y con una producción total de leche de 21,8 y 17,8 kg/vaca/día, sin presentar diferencias en cuanto a calidad de la hierba.

**Máximo de producción y caída de leche.** El pico PL máximo se alcanzó al cuarto día de permanencia en la parcela y la caída CL al décimo día, siendo tanto PL máximo como CL superiores en las vacas de raza Frisonas ( $p < 0,001$ ) que en las Normandas (*tabla 1*). La suplementación muestra un PL máximo mayor y una CL menor que sin concentrado ( $p < 0,001$ ). Las vacas multíparas presentan un PL máximo y una CL superior a las primíparas ( $p < 0,001$ ). Se observó una interacción entre la raza y el nivel de suplementación ( $p < 0,001$ ) sobre la producción de leche y entre el nivel de suplementación y el estado de lactación ( $p < 0,05$ ) para el PL máximo, confirmadas por Nielsen *et al.* (2003), Horan *et al.* (2004) y Beerda *et al.* (2007).

**Tabla 1. Producción máxima (PL máxima) y caída de leche (CL), (kg leche/vaca y día) de 2001 a 2009, para dos razas, con y sin suplementación y según la lactación**

Item	Lact.	Frisonas		Normandas		EEM <sup>2</sup>	Significación <sup>1</sup>			
		0 kg	4 kg	0 kg	4 kg		Raza <sup>3</sup>	Supl. <sup>4</sup>	Lact. <sup>5</sup>	Inter. <sup>6</sup>
PL máx.	prim.	21,2 <sup>a</sup>	25,8 <sup>b</sup>	17,9 <sup>c</sup>	21,1 <sup>a</sup>	0,15				
	mult.		24,8 <sup>a</sup>	30,2 <sup>b</sup>	20,8 <sup>c</sup>	25,2 <sup>d</sup>	0,12			
media		23,0 <sup>a</sup>	28,0 <sup>b</sup>	19,4 <sup>c</sup>	23,2 <sup>a</sup>	0,14	***	***	***	NS
CL	prim.	-5,8 <sup>a</sup>	-5,4 <sup>b</sup>	-4,3 <sup>c</sup>	-3,9 <sup>d</sup>	0,06				
	mult.	-7,0 <sup>a</sup>	-6,6 <sup>b</sup>	-5,5 <sup>c</sup>	-5,1 <sup>d</sup>	0,05				
media		-6,4 <sup>a</sup>	-6,0 <sup>b</sup>	-4,9 <sup>c</sup>	-4,5 <sup>d</sup>	0,05	***	***	***	NS

<sup>1</sup> Significación: (\*\*\*,  $p < 0,001$ ), (NS, No significativo); <sup>2</sup> EEM, Error estándar de la media;

<sup>3</sup> Raza: F, Frisona y N, Normanda; <sup>4</sup> Suplementación: 0, sin concentrado y 4, con 4 kg MS/vaca/día;

<sup>5</sup> Lactación: prim., primíparas y mult., multíparas; <sup>6</sup> Interacción: Raza x Suplementación x Lactación.

**Producción de leche en los sucesivos tiempos de permanencia.** Durante el pastoreo del año 2001 al 2009 se seleccionaron 45 secuencias (permanencias) de un total de 238 observadas, correspondiendo a unas 8 rotaciones de pastoreo por año, analizando datos de las curvas de lactación completas de 646 vacas, Frisonas ( $n=313$ ) y Normandas ( $n=333$ ), con dos niveles de suplementación, 0 kg sin concentrado ( $n=325$ ) y con 4 kg MS/vaca/día ( $n=321$ ) para vacas, primíparas ( $n=271$ ) y multíparas ( $n=375$ ), por lo que se dispuso de más de 3000 datos obtenidos durante 9 años clasificados en la *tabla 2*.

**Tabla 2. Número de secuencias seleccionadas (permanencia en pasto de 10 días) por año en el período 2001-09 y de vacas, Frisonas y Normandas, de primer o mas partos**

Año	Total <sup>1</sup>	selec. <sup>2</sup>	Nº datos	Nº vacas	Frisonas		Normandas		Supl. <sup>4</sup>	
					prim. <sup>3</sup>	mult. <sup>3</sup>	prim. <sup>3</sup>	mult. <sup>3</sup>	0 kg	4 kg
2001	27	5	340	68	19	16	14	19	34	34
2002	24	6	433	72	16	19	10	27	35	37
2003	26	5	338	68	15	21	13	19	33	35
2004	24	7	487	70	22	16	10	22	34	36
2005	27	5	368	74	14	20	16	24	38	36
2006	25	4	285	74	12	23	18	21	38	36
2007	30	5	369	76	19	17	13	27	40	36
2008	27	4	288	72	16	18	11	27	37	35
2009	28	4	288	72	12	18	21	21	36	36
<b>Total</b>	<b>238</b>	<b>45</b>	<b>3196</b>	<b>646</b>	<b>145</b>	<b>168</b>	<b>126</b>	<b>207</b>	<b>325</b>	<b>321</b>
<b>Media</b>	<b>26</b>	<b>5</b>	<b>355</b>	<b>72</b>	<b>16</b>	<b>19</b>	<b>14</b>	<b>23</b>	<b>36</b>	<b>36</b>

Número total de secuencias <sup>1</sup> observadas y <sup>2</sup> seleccionadas por año; <sup>3</sup> Lactación: Prim., primíparas y Mult., multíparas;

<sup>4</sup> Suplementación: 0, sin concentrado y con 4,4 kg MS/vaca/día.

El rendimiento medio por lactación fue superior en los animales con concentrado (F4, 8.407 y N4, 6.733 kg/vaca/año) que sin él (H0, 6.497 y N0, 5.401 kg/vaca/año). Las Frisonas (7.452 kg/vaca/año) producen más leche altas que las Normandas (6.067 kg/vaca/año) por su mayor aporte energético según datos de estos mismos rebaños obtenidos en toda la lactación y presentados por Kennedy *et al.* (2003) y Delaby *et al.* (2009)

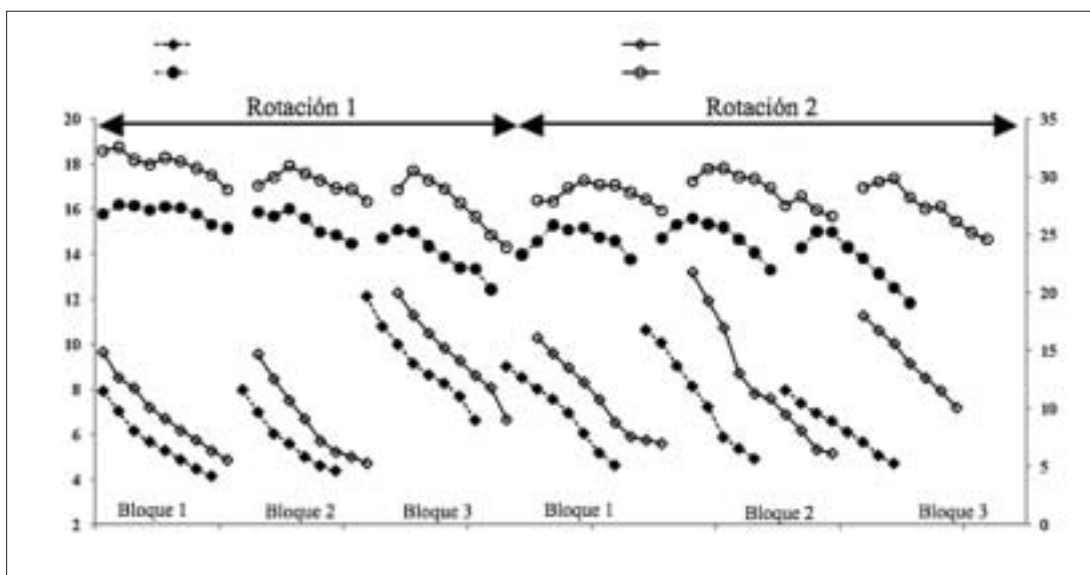


Figura 2. Descenso de la altura de pasto y evolución de la producción de leche en los sucesivos tiempos de permanencia de pastoreo para dos niveles de suplementación del rebaño.

En la figura 2 se muestran las curvas de lactación de un año (2006) para los cuatro rebaños (F0, F4, N0 y N4) como ejemplo representativo de los 9 años controlados. El número de rotaciones, alrededor de 8 por año, en tres grandes parcelas depende de conseguir un aprovechamiento eficiente del pasto. Los tiempos de permanencia de 10 días (pastoreo rotacional simplificado) provocan un comportamiento cíclico en cada lactación, y tras cada pico y cada caída de leche CL hay una posterior recuperación al avanzar la lactación con un pico, PL máx., de producción menor en la siguiente parcela. Se podría señalar la existencia de un efecto compensatorio con el nuevo pico tras cada caída de leche (figura 2).

Este efecto de dientes de sierra hace disminuir el efecto perjudicial de una larga estancia en pastoreo en la misma parcela. Las Frisonas con suplementación (F4) presentan una producción media de leche significativamente superior a lo largo de toda la lactación a las Normandas sin suplementación (N0). Los otros dos grupos de vacas (F0 y N4) presentan curvas de producción semejantes entre sí y valores intermedios, al final de la lactación el rebaño N4 parece producir más al recibir concentrado. El mantenimiento paralelo de las curvas de pastoreo de los 4 rebaños, según raza y suplementación, puede ser reflejo del pretendido efecto compensatorio de picos y caídas en los tiempos de residencia a lo largo de la lactación.

## CONCLUSIONES

Se define un modelo de pastoreo rotacional simplificado, reduciendo el área de pasto a tres bloques e incrementando el tiempo de permanencia en pastoreo a 10 días por parcela. En cada ocupación se controlan los sucesivos picos y las posteriores caídas de producción de leche, que se mantienen de forma consistente y parecen compensarse al considerar la curva de lactación final. La medida de la altura de la hierba es un buen índice para controlar la utilización del pasto

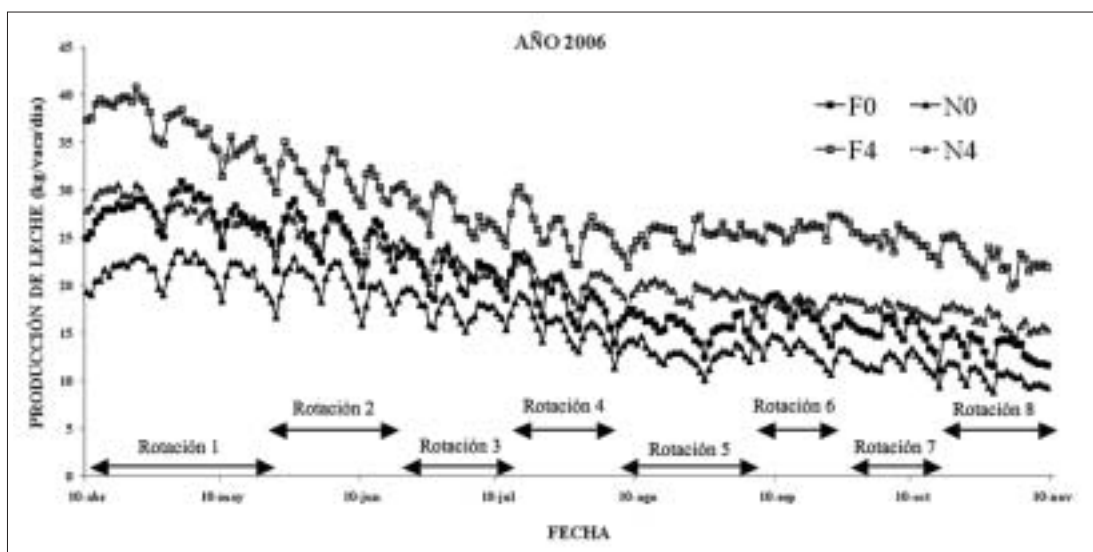


Figura 2. Producción de leche (kg/vaca/día) en 2006 de los cuatro rebaños, Frisonas (F) y Normandas (N), con dos niveles de suplementación (0 y 4 kg MS/vaca/día).

por las vacas y estimar la producción de leche tanto en Frisonas como Normandas. Es posible alargar los tiempos de pastoreo controlando bien las caídas de producción de leche.

### Agradecimientos

Al INIA por la financiación de la estancia de A.I. Roca en el INRA Agro-Campus Ouest bajo la supervisión de L. Delaby, Y. Gallard y P. Faverdin y a las plantilla del INRA y del CIAM por su colaboración.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BEERDA, B.; OUWELTJES, W.; SEBECK, L. B. J.; WINDIG, J. J.; VEERKAMP, R. F., 2007. Effect of genotype by environment interactions on milk yield, energy balance, and protein balance. *Journal of Dairy Science*, **90**, 219-228.
- DELABY, L.; FAVERDIN, P.; DISENHAUS, C.; MICHEL, G.; PEYRAUD, J. L., 2009. Effect of feeding strategies on the Holstein and Normande dairy cows performance and their evolution during the lactation. *Animal*, **3(6)**, 891-905.
- HODEN, A.; PEYRAUD, J. L.; MULLER, A.; DELABY, L.; FAVERDIN, P., 1991. Simplified rotational grazing management of dairy cows: effects of rates of stocking and concentrates. *Journal of Agricultural Science*, **116**, 417-428.
- HORAN, B.; MEE, J. F.; RATH, M.; O'CONNOR, P.; DILLON, P., 2004. The effect of strain of Holstein-Friesian cow and feed system on reproductive performance in seasonal-calving milk production systems. *Animal Science*, **79**, 453-468.
- KENNEDY, J.; DILLON, P.; O'SULLIVAN, K.; BUCKLEY, F.; RATH, M., 2003. Effect of genetic merit and concentrate feeding level on the reproductive performances of Holstein Friesian dairy cows in a grass based milk production system. *Animal Science*, **76**, 297-308.
- NIELSEN, H. M.; FRIGGENS, N. C.; LOVENDAHL, P.; JENSEN, J.; INGVAERTSEN, K. L., 2003. Influence of breed, parity, and stage of lactation on lactational performance and relationship between body fatness and liveweight. *Livestock Production Science*, **79**, 119-133.
- PFLIMLIN, A.; BUCZINSKI, B.; PERROT, C., 2005. Proposition de zonage pour préserver la diversité des systèmes d'élevage et des territoires européens. *Fourrages*, **182**, 311-329.
- SAS, 2010. SAS/STAT User's Guide. Ed. SAS Institute Inc. Cary, Carolina del Norte, USA.



## EFFECT OF SIMPLIFIED ROTATIONAL GRAZING ON MILK PRODUCTION OF HOLSTEIN AND NORMANDE DAIRY COWS

### SUMMARY

Using a simplified model of rotational grazing, with cycles of 30 days, 10-day residence on grazing and 20 days off to growth grass, to feed two breeds (F) Friesian and (N) Norman cattle, with two levels of concentrate, low and high (0 and 4 kg/cow/day), were studied in the period 2001-09. In each residence time grazing, a peak milk production (PL max.) and drop of milk (CL) were determined independently in the four herds (F0, F4, N0 and N4) throughout lactation. The pre-and post-grazing pasture heights were superior in plots with (13.2 and 4.7 cm) than without (12.1 and 4.1 cm) supplementation. The milk peak, PL max, happens in the first 4-5 days of residence time, and the milk drops CL around the tenth day. The largest milk drop with higher peak, PL max., was in Holstein than in Norman cattle, and the lower milk drop CL and also high peak, was in herd with concentrate, 4 kg/cow, than non-supplemented and in multiparous than in primiparous cows. Despite the milk drop, CL, after each grazing cycle, milk production is recovered, but with a minor peak PL in the next cycle. It is possible to extend the grazing time by a good control of the milk production drops.

**Keywords:** cattle breed, lactation curve, residence time, milk drop, grass height.



# EFFECTO DE LA DISPONIBILIDAD DIARIA DE HIERBA SOBRE LA PRODUCCIÓN Y CALIDAD DEL PASTO Y DE LA LECHE EN VACUNO

A.I. ROCA-FERNÁNDEZ \*, A. GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ \* y O.P. VÁZQUEZ-YÁÑEZ \*

## RESUMEN

Se estudia el efecto de dos ofertas de pasto sobre la producción de dos rebaños de vacas (n= 72), evaluando la carga ganadera a través de dos disponibilidades diarias de hierba, alta (A) 30 o baja (B) 23 kg MS vaca<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>. Se determina la evolución de la producción y calidad del pasto de primavera (A, 4 vs. B, 5 rotaciones) y de la leche producida, similar en ambos tratamientos (A, 25,3 vs. B, 24,9 kg vaca<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>), así como las ingestiones de pasto (A, 14,9 vs. B, 13,6 kg MS vaca<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>). El aumento de carga (A, 4,0 vs. B, 5,2 vacas/ha), produjo una menor oferta (A, 3 116 vs. B, 2 288 kg MS/ha) pero mejoró la calidad del pasto. La alta carga presentó rotaciones más cortas con menores alturas (p<0,05) pre- (A, 19,5 vs. B, 16,3 cm) y post-pastoreo (A, 7,4 vs. B, 6,6 cm), y con descenso del contenido en MS (A, 18,0 vs. B, 16,8 %) y de las fibras, al mismo tiempo que aumentó (p<0,05) la proteína bruta (A, 138 vs. B, 153 g/kg), los carbohidratos y la digestibilidad de la MS. La carga alta también provocó un aumento (p<0,001) del contenido en proteína (A, 29,9 vs. B, 30,7 g/kg) y grasa de la leche.

**Palabras clave:** carga ganadera, ingestión, valor nutritivo pasto, rotación, calidad leche

## INTRODUCCIÓN

La oferta forrajera o asignación diaria de pasto, entendida como disponibilidad diaria de hierba (DDH), es la cantidad de forraje que disponen los animales por unidad de peso vivo y por día durante un determinado período (Hodgson, 1979). La DDH, inversa de la carga ganadera, condiciona la producción animal individual y por unidad de superficie en pastoreo. Diversos autores (Greenhalgh *et al.*, 1966; Combellas y Hodgson, 1979; Maher *et al.*, 2003; Delagarde *et al.*, 2004) coinciden en definir una relación de tipo cuadrática entre la DDH y la ingestión de pasto, el incremento de la DDH se traduce en un mayor consumo de forraje hasta un nivel máximo y a partir de ahí descendiendo. Tanto en los niveles de oferta forrajera reducidos, con una menor ingestión de hierba en cada bocado, como en los demasiado elevados, que llevan a un pastoreo muy selectivo y sobrepastoreo de algunas zonas,

<sup>1</sup> Dpto. de Producción Animal. Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo (CIAM). INGACAL. Xunta de Galicia. Apdo. 10 – 15080, La Coruña (España)

\* [anaif@ciam.es](mailto:anaif@ciam.es) [antonio.gonzalez.rodriguez@xunta.es](mailto:antonio.gonzalez.rodriguez@xunta.es) [orlando.vazquez.yanez@xunta.es](mailto:orlando.vazquez.yanez@xunta.es)

al final se produce en ambos casos un bajo consumo y un aumento del área desaprovechada con forraje rechazado y endurecido (Forbes, 1988). Una determinada disponibilidad de hierba presenta una estructura morfológica característica con una calidad del pasto que puede resultar variable a lo largo de la estación de pastoreo. La respuesta en producción de leche no sólo depende de la estructura y composición nutritiva del pasto sino también de la raza y el estado fisiológico del animal. Para alcanzar un máximo consumo en pastoreo la DDH debe ser de 3 a 5 veces superior a la demanda (Bargo *et al.*, 2003). Sin embargo, Cangiano (1997) considera que puede ser suficiente una DDH de 1,8 a 2 veces del máximo consumo. En la práctica, para evitar una baja utilización del pasto y un deterioro en la calidad de la hierba, se recomienda una DDH no muy elevada, unas dos veces superior al máximo consumo esperado, esto supone unos 25 kg de MS  $\text{animal}^{-1} \text{ día}^{-1}$  en vacas lecheras de alta producción y suplementadas en el pico de producción (Bargo *et al.*, 2003). La disponibilidad alta de pasto puede producir pérdidas de forraje por subutilización y baja calidad del rebrote (Hodgson, 1990).

Es necesario el conocimiento de las variaciones en la composición nutritiva del pasto a lo largo de la estación de pastoreo para ajustar la ración a los requerimientos energéticos del animal y observar cuál sería la respuesta productiva del ganado vacuno lechero en sucesivas rotaciones. En el pico de lactación, en primavera, y a pesar de que el pasto seleccionado por el animal suele ser de alta calidad puede ser necesario suplementar las dietas en pastoreo por la variabilidad del contenido en nutrientes y las limitaciones en la ingestión de pasto (Jabobs *et al.*, 1999). Es particularmente importante en animales de alto rendimiento productivo el conocer los nutrientes que el pasto les aporta en cada época del año para, con ello, determinar el nivel y el tipo de suplementación a emplear y así lograr satisfacer los requerimientos energéticos del animal a lo largo de toda la curva de lactación (Vázquez-Yáñez *et al.*, 2004).

En este trabajo se estudian algunos de los principales factores que más influyen en la variación de la composición nutritiva de una pradera bajo condiciones de pastoreo rotacional. Se determina el efecto que puede ejercer el aumento de la carga ganadera en pastoreo de primavera-verano, a través de un descenso en la disponibilidad diaria de hierba, sobre la producción y calidad del pasto en oferta y de la leche.

## MATERIAL Y MÉTODOS

**Descripción del área de estudio y animales.** El ensayo se realizó en el CIAM-La Coruña (43°15'N; 81° 18' W), del 16 de Marzo al 2 de Agosto de 2007, en un clima templado oceánico de buen crecimiento del pasto, con dos meses de sequía estival (Julio-Agosto) y otros dos meses de parada invernal (Diciembre-Enero). Se emplearon, para ello, 72 vacas Holstein-Friesian del rebaño experimental distribuidas al azar en dos grupos independientes que pastaron parcelas con intervalos de rotación de (A) 31 y (B) 27 días, en bloques de 0,65 ha de un área total de 39,3 ha de raigrás inglés y trébol blanco. Cada grupo de 36 vacas tenía la mitad al inicio ( $n=22+22$ ) de la lactación y la otra mitad al final ( $n=14+14$ ).

**Diseño experimental y tratamientos.** Se evalúa el efecto de dos disponibilidades de pasto, alta (A) 30 o baja (B) 23 kg MS  $\text{vaca}^{-1} \text{ día}^{-1}$ , que resultaron finalmente en la aplicación de dos cargas ganaderas (A, 4 y B, 5,2 vacas/ha). Se determina la respuesta en producción, la ingestión y la calidad del pasto a lo largo de las sucesivas rotaciones de pastoreo (A, 4 y B, 5) y la producción y calidad de leche. La DDH se calculó dividiendo la MS total del área pastada por cada grupo por el número de vacas y el tiempo de estancia (días) en las parcelas.

**Toma de muestras y análisis de datos.** Se registró la producción diaria de leche a lo largo de toda la lactación en los dos rebaños de vacas, con muestras de leche recogi-

das semanalmente para análisis de proteína y grasa. La oferta de pasto se determinó mediante corte manual de 5 cuadrados de 0,33 m<sup>2</sup> en muestras de hierba pre- y post-pastoreo. La diferencia entre la oferta y el rechazo en cada parcela es considerada como la ingestión de pasto. El porcentaje de MS de las muestras del pasto se hizo en un equipo LECO. La proteína bruta (PB), fibra ácido (FAD) y neutro detergente (FND), carbohidratos solubles en agua (CSA) y digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica (IVOMD) se predijeron con NIRS.

**Análisis estadístico.** Se examinó el efecto de la DDH (alta y baja) sobre la producción, ingestión y calidad del pasto y de la leche a lo largo de las rotaciones (1-5) en pastoreo de primavera-verano, aplicando un ANOVA con el programa estadístico SPSS 15.0.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Producción e ingestión total.** La baja carga ganadera (A, 4 vacas/ha), con alta DDH, provocó un aumento ( $p < 0,01$ ) en la oferta (*tabla 1*) y una mayor altura pre-pastoreo ( $p < 0,05$ ).

*Tabla 1. Oferta y altura de la hierba pre- y post-pastoreo e ingestión total (pasto, ensilado de hierba y maíz y concentrado) para las dos disponibilidades diarias de hierba*

	Pre-pastoreo		Post-pastoreo		Ingestión total <sup>4</sup>			
	Oferta <sup>2</sup>	Altura <sup>3</sup>	Oferta	Altura	Pasto	Ensilado hierba	Ensilado maíz	Concentrado
(A) Alta <sup>1</sup>	3 116	19,5	774	7,4	14,9	4,0	2,6	2,6
(B) Baja	2 288	16,3	692	6,6	13,6	4,5	3,0	2,8
Significación <sup>5</sup>	**	*	NS	NS	NS	NS	NS	NS

<sup>1</sup> DDH, Disponibilidad diaria de hierba (kg MS vaca<sup>-1</sup> ha<sup>-1</sup>); <sup>2</sup> Oferta de pasto (kg MS/ha); <sup>3</sup> Altura de la hierba (cm);

<sup>4</sup> Ingestión total (kg MS vaca<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>); <sup>5</sup> Significación: \*\*\* ( $p < 0,001$ ); \*\* ( $p < 0,01$ ); \* ( $p < 0,05$ ); NS, No significativo.

Los rechazos fueron menores con alta carga ganadera (B, 5,2 vacas/ha) y baja DDH. Sin embargo, la ingestión total (A, 24,1 y B, 23,9 kg MS vaca<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>) no mostró diferencias entre tratamientos ya que la menor ingestión de pasto en el tratamiento con baja DDH se compensó con una mayor suplementación (ensilado de hierba y maíz y concentrado).

**Calidad del pasto.** Con baja DDH (22,8 kg MS vaca<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>) se observó un descenso ( $p < 0,05$ ) en la MS (*tabla 2*) y un aumento en el contenido de PB del pasto ( $p < 0,05$ ) sin diferencias significativas en cuanto al contenido medio de FAD, FND, CSA e IVOMD.

*Tabla 2. Calidad del pasto en oferta para las dos disponibilidades diarias de hierba*

	DDH <sup>1</sup>	MS <sup>2</sup>	PB <sup>3</sup>	FAD <sup>4</sup>	FND <sup>5</sup>	CSA <sup>6</sup>	IVOMD <sup>7</sup>
(A) Alta	29,7	18,0	138	276	496	181	758
(B) Baja	22,8	16,8	153	263	479	183	770
Significación <sup>8</sup>	**	*	*	NS	NS	NS	NS

<sup>1</sup> DDH, Disponibilidad diaria de hierba (kg MS vaca<sup>-1</sup> ha<sup>-1</sup>); <sup>2</sup> MS, Materia Seca (%); <sup>3</sup> PB, Proteína Bruta (g/kg MS); <sup>4</sup> FAD, Fibra Ácido Detergente (g/kg MS); <sup>5</sup> FND, Fibra Neutro Detergente (g/kg MS); <sup>6</sup> CSA, Carbohidratos Solubles en Agua (g/kg MS); <sup>7</sup> IVOMD, Digestibilidad *in vitro* de la Materia Orgánica (g/kg MS); <sup>8</sup> Significación: \*\*\* ( $p < 0,001$ ); \*\* ( $p < 0,01$ ); \* ( $p < 0,05$ ); NS, No significativo.

La evolución de la calidad del pasto en oferta (*figura 1*) fue similar en los dos tratamientos de DDH, descendiendo el contenido en proteína bruta del pasto (a) y la digestibilidad (d) en el transcurso de la estación de pastoreo (rotaciones de 1 a 5). Siendo, la calidad del pasto mayor en (B) con baja que en (A) con alta disponibilidad. Las fibras ácido (b) y neu-

tro (c) detergente, sin embargo, aumentaron hacia la rotación 5 al aproximarse el período estival, con un menor contenido en hojas y mayor en material senescente del pasto.

Los niveles de nutrientes descritos en este estudio son similares a los obtenidos en anteriores trabajos del CIAM (Vázquez-Yañez *et al.*, 2004), con valores de PB más elevados al inicio de la primavera, que descienden hasta menos de 100 g/kg en los meses de julio y agosto, para volver a incrementarse en otoño con valores que superan los 200 g/kg en octubre. Las fibras, FAD y FND, se comportan en sentido contrario a la PB con valores mínimos en primavera (501 g/kg MS en FND) y máximos en verano (667 g/kg MS en FND).

A través del manejo del pasto es posible controlar la composición nutritiva del pasto, principalmente en lo que respecta al contenido en PB, donde los efectos de los tratamientos fueron claramente significativos en todas las rotaciones, siendo los niveles de PB mayores en el tratamiento con baja DDH al existir una mayor utilización del pasto por los animales. Las variaciones de FAD, FND e IVODM fueron mayores en el tratamiento con alta DDH debido a una mayor capacidad de selección por parte del animal y una peor utilización del pasto. Según Vázquez-Yañez *et al.* (2004), el contenido en PB es mayor en las parcelas pastadas intensamente por animales de alta producción, mientras que las fibras (FAD y FND) suelen ser mayores en las parcelas de pastoreo laxo o pastadas por animales de bajo rendimiento.

**Ingestión de pasto, producción y calidad de leche.** La ingestión de pasto (*figura 2a*) aumentó al avanzar el pastoreo debido a una reducción progresiva de la suplementación en los dos tratamientos y a que a los animales se los hizo depender cada vez más del pasto en oferta.

La producción de leche (*figura 2b*) descendió al avanzar el estado de lactación de los dos rebaños, con mayor producción, aunque no significativa, en el tratamiento de alta que en el de baja DDH (A, 25,3 vs. B, 24,9 kg vaca<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>) y con el mismo contenido medio de grasa en leche (*figura 2d*), (A, 37,1 vs. B, 37,3 g/kg). La diferencia en proteína (*figura 2c*) aunque escasa fue menor en A, de modo significativo ( $p < 0,001$ ), (A, 29,9 vs. B, 30,7 g/kg).

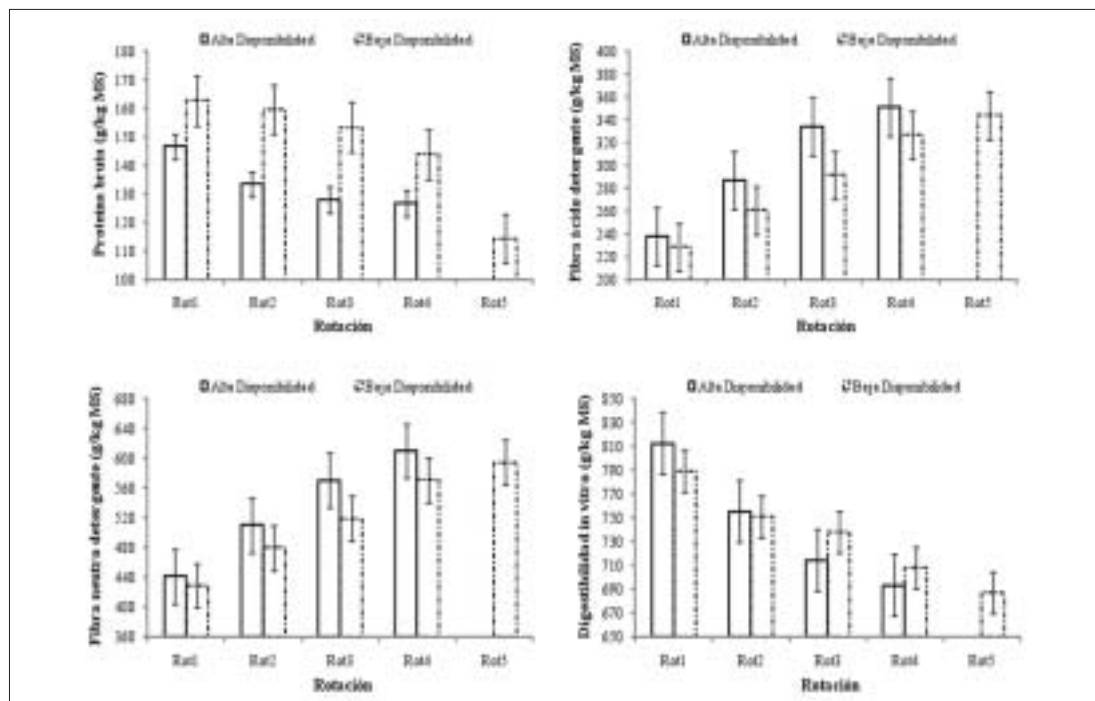


Figura 1. Evolución del contenido en (a) proteína bruta, (b) fibra ácido y (c) neutro detergente y (d) digestibilidad del pasto para las dos disponibilidades diarias de hierba

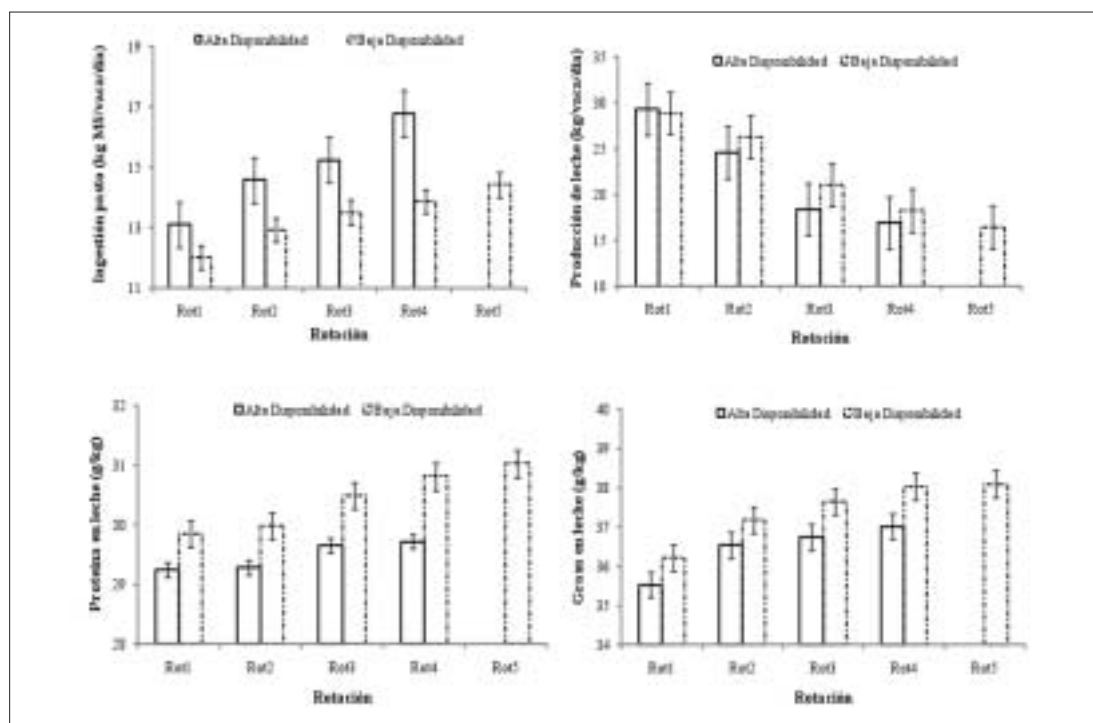


Figura 2. Evolución de la (a) ingestión total de pasto, (b) producción y calidad de leche, (c) contenido en proteína y (d) grasa, para las dos disponibilidades diarias de hierba

Las diferencias entre tratamientos fueron claramente significativas en todas las rotaciones para la ingestión de pasto, el contenido de proteína y la grasa de la leche, mientras que no lo fueron para la producción de leche.

La alta DDH provoca una mayor capacidad de selección del pasto por los animales y su menor utilización acarrea una mayor variación de los niveles de ingestión de pasto y de producción de leche. Los animales con baja DDH tienen una mayor dependencia del pasto en oferta y presentaron mayores contenidos de proteína y grasa de la leche. La calidad del pasto resultó pues afectada por el manejo, con ello, es posible en definitiva ejercer un control final sobre la producción de leche.

## CONCLUSIONES

Es posible aumentar la carga ganadera, a pesar de una menor disponibilidad y consumo de hierba, si ésta es compensada por un incremento de su calidad y se mantiene la misma producción de leche.

La alta disponibilidad diaria de hierba aumenta la capacidad de selección del pasto por el animal mientras que la baja incrementa su dependencia del pasto en oferta. La calidad de la hierba disminuye a lo largo de la estación de pastoreo, en mayor medida en el tratamiento con alta que con baja disponibilidad de hierba.

El control de la carga ganadera de primavera, con mínimos de suplementación, y con un manejo adecuado del pasto en oferta se pueden lograr ingestiones de hierba que satisfagan los requerimientos energéticos del animal en cada momento de la curva de lactación.

## Agradecimientos

Al INIA por la financiación del proyecto de investigación RTA2005-00204-00 y a toda la plantilla del CIAM y del LIGAL por su colaboración en la recogida y procesado de muestras.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARGO, F.; MULLER, L.; KOLVER, E.; DELAHOY, Y, 2003. Invited review: Production and Digestion of supplemented dairy cows on pasture" *Journal of Dairy Science*, **86**, 1-42.
- CANGIANO C., 1997. Métodos de medición de la fitomasa aérea. En: C.A. CANGIANO (Ed.). *Producción animal en pastoreo*. INTA Balcarce. pp. 117-128.
- COMBELLAS, J.; HODGSON, J., 1979. Herbage intake and milk production by grazing dairy cows 1. The effects of variation in herbage mass and daily herbage allowance in a short-term trial. *Grass and Forage Science*, **34**, 209-214.
- DELAGARDE, R.; PEYRAUD, J.L.; DELABY, L., 2004. High grazing pressure in early-spring increases herbage intake of grazing dairy cows in late spring. *Grass Science in Europe* **9**, 647-649.
- FORBES, T., 1988. Researching the plant-animal interface: the investigation of ingestive behavior in grazing animals. *Journal of Animal Science*, **66**, 2369-2379.
- GREENHALGH, J.F.D.; REID, G.W.; AITKEN, J.N.; FLORENCE E., 1966. The effects of grazing intensity on herbage consumption and animal production. I. Short-term effects in strip-grazed dairy cows. *Journal of Agricultural Science*, **67**, 13-23.
- HODGSON, J., 1990. *Grazing management. Science into Practice*. Longman Handbooks in Agriculture, pp. 201.
- JACOBS, J.L.; MCKENZIE, F.R.; WARD, G.N., 1999. Changes in the botanical composition and nutritive characteristics of pasture, and nutrient selection by dairy cows grazing rainfed pastures in western Victoria. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, **39**, 419-428.
- MAHER, J.G.S.; STAKELUM, G.; RATH, M., 2003. Effect of daily herbage allowance on the performance of spring-calving dairy cows. *Irish Journal of Agricultural and Food Research*, **42**, 229-241.
- VÁZQUEZ-YÁÑEZ, O.P.; GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ, A.; LÓPEZ-DÍAZ, J.E., 2004. Efectos del pastoreo rotacional con vacas lecheras sobre la variación de la composición nutritiva del pasto entre rotaciones. En: *Pastos y Ganadería Extensiva*, B. GARCÍA CRIADO et al. (Eds). Gráficas Cervantes. Salamanca (España), 249-253.

## EFFECT OF DAILY HERBAGE ALLOWANCE ON PASTURE AND MILK PRODUCTION AND QUALITY IN DAIRY CATTLE

### SUMMARY

We studied the effect of two levels of herbage mass on livestock performance of two dairy herds ( $n = 72$ ), two stocking rates were examined through the application of two levels of daily herbage allowance, (H) high 30 or (L) low 23 kg DM cow<sup>-1</sup> day<sup>-1</sup>. We determined the evolution on pasture production and quality during the spring grazing season (H, 4 vs. L, 5 rotations), and milk yield, similar in both treatments (H, 25.3 vs. L, 24.9 kg cow<sup>-1</sup> day<sup>-1</sup>), as well as pasture intake (H, 14.9 vs. L, 13.6 kg DM cow<sup>-1</sup> day<sup>-1</sup>). Increasing the stocking rate (H, 4.0 vs. L, 5.2 cows/ha), with lower herbage mass (H, 3,116 vs. 2,288 kg DM/ha), improved the quality of the pasture on offer. The high stocking rate reduced the length of rotation, the sward height ( $p < 0.05$ ) pre- (H, 19.5 vs. , 16.3 cm) and post-grazing (H, 7.4 vs. L, 6.6 cm), and showed lower DM content (H, 18.0 vs. L, 16.8 %) and fibers, and at the same time increased ( $p < 0.05$ ) the crude protein content (H, 138 vs. L, 153 g/kg), the carbohydrates and the digestibility of the DM. Applying the high stocking rate also resulted in higher ( $p < 0.001$ ) milk protein content (H, 29.9 vs. L, 30.7 g/kg) and fat content.

**Keywords:** stocking rate, intake, grass nutritive value, rotation, milk quality



## ESTUDIO DE SISTEMAS DE ACABADO DE CORDEROS EN PRODUCCIÓN ECOLÓGICA: EFECTO DE LA ALIMENTACIÓN Y EL SEXO

V. CAÑEQUE<sup>1</sup>, C. LÓPEZ-CARRASCO<sup>2</sup>, O. LÓPEZ<sup>1</sup>, M. T. DÍAZ<sup>1</sup>, M. RAMOS<sup>3</sup>, A. RIVAS<sup>1</sup>, I. MUIÑO<sup>1</sup> y J. DE LA FUENTE<sup>4</sup>

### RESUMEN

Se ha estudiado el efecto del sistema de alimentación de los corderos en cebo (aprisco o pastoreo) sobre las características productivas de los mismos en ambos sexos, cuando son criados y engordados en producción ecológica. Para ello, se utilizaron un total de 84 corderos destetados a los 60 días de edad y distribuidos en cuatro lotes, dos 2 de machos y dos 2 de hembras, cebados en pastoreo o en aprisco.

Dada la importancia que la alimentación tiene sobre las características productivas y de calidad, se ha estudiado la evolución en las parcelas en pastoreo de su composición en ácidos grasos desde el mes de abril a junio. Se observa un aumento de los ácidos grasos saturados y monoinsaturados al acercarnos al mes de junio, en que el pasto presenta un máximo de estos ácidos grasos. Por el contrario, los ácidos grasos poliinsaturados (PUFA) presentan un máximo en abril y un mínimo en junio disminuyendo especialmente el ácido linolénico y aumentando en cambio la relación n6/n3.

El crecimiento durante el cebo, presentó una interacción entre los factores estudiados, ya que fue mayor en los machos en pastoreo respecto a los del aprisco y en las hembras en aprisco respecto a las de pastoreo. El sistema no afectó al peso de las canales ni a las pérdidas por refrigeración. El sexo afectó al rendimiento a la canal, presentando las hembras mayores valores. El consumo de pienso fue mayor en los machos, especialmente en los que pastaban, siendo semejante en ambos sistemas de cebo en las hembras.

**Palabras clave:** cebo de corderos, sexo, pastoreo, aprisco.

### INTRODUCCIÓN

La preocupación existente en los consumidores, por el consumo de productos naturales no contaminados, así como la demanda por los mismos de la protección del medio am-

<sup>1</sup> Dpto. Tecnología de los Alimentos. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA). Ctra. A Coruña km. 7,5, 28040 Madrid.

<sup>2</sup> C.I.A. Dehesón del Encinar, (J.C. Castilla la Mancha), 45560 Oropesa (Toledo).

<sup>3</sup> Centro de Agricultura Ecológica y de Montaña (CAEM), Avda. España, 43, 10600 Plasencia (Cáceres).

<sup>4</sup> Dpto. Producción Animal. Facultad de Veterinaria (UCM). Avenida Puerta de Hierro S/N 28040 Madrid.

biente, hace que la producción ecológica de carne venga aumentando de forma paulatina en nuestro país en los últimos años, pasando de 25 mataderos y salas de despiece que sacrifican este tipo de animales en el año 2001 a 126 en el año 2008.

Los consumidores demandan igualmente productos saludables que permitan mejorar su alimentación de cara a prevenir posibles enfermedades. La grasa es uno de los componentes más importantes cuyo consumo puede afectar a la aparición de enfermedades cardiovasculares.

La carne de ovino presenta generalmente, un contenido elevado en grasas saturadas que dan lugar a problemas en la alimentación humana, ya que aumentan el contenido en colesterol de la carne, (Department of Health, 1994). Sin embargo, la composición de la grasa del cordero está muy ligada al tipo de alimentación que reciben los animales. En nuestro país, el cebo del cordero se realiza tradicionalmente ligado al empleo de piensos, aportados a voluntad en este periodo, lo que favorece el aumento en el contenido de ácidos grasos saturados de su carne.

Los sistemas de producción ecológica favorecen, por el contrario, el empleo de pastos con el mínimo aporte de piensos, dando lugar a carnes de mejor calidad con el menor contenido en ácidos saturados y mayor en poliinsaturados, que favorecen la salud del consumidor, (Díaz *et al.*, 2005). A su vez, el empleo del pasto, al reducir sensiblemente la utilización de piensos, contribuye a reducir el coste de producción, ya que el precio de los piensos ecológicos se ha elevado sustancialmente en los últimos años.

Las diferencias importantes existentes en el engrasamiento y en la calidad de la grasa entre sexos, hacen a su vez importante conocer las mismas. Por ello, en el presente trabajo, se han estudiado dos sistemas de acabado de corderos: pastoreo ecológico suplementado con pienso o alimentación en el aprisco con pienso complementado con un heno de pradera, ambos suplementos producidos también ecológicamente. El estudio se ha completado estudiando en ambos sistemas el efecto del sexo.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Se utilizaron un total de 84 corderos, 46 procedentes de partos simples y 38 de partos dobles, de un rebaño de ovejas de raza Talaverana del CIA "El Dehesón del Encinar", donde fueron criados hasta su sacrificio. A partir de los 10 días del nacimiento los corderos salieron al pasto con sus madres, durante el día, teniendo a libre disposición el pienso utilizado en el cebo. A los 60 días de vida se destetaron todos los corderos, haciéndose cuatro lotes al azar, dos de machos y dos de hembras con un número semejante de animales procedentes de parto simple o doble. Los tratamientos realizados a partir de entonces fueron los siguientes:

- Lote 1. Machos criados hasta el sacrificio en pastoreo con acceso a un pienso de cebo.
- Lote 2. Machos criados hasta el sacrificio en cebadero con pienso de cebo y heno de pradera (éste suministrado en un 10% del consumo de pienso).
- Lote 3. Hembras criadas hasta el sacrificio en pastoreo con acceso a un pienso de cebo.
- Lote 4. Hembras criadas hasta el sacrificio en cebadero con acceso a un pienso de cebo y heno de pradera (éste suministrado en un 10% del consumo de pienso).

El pienso de cebo, estaba constituido por ingredientes ecológicos (51% cebada, 17% trigo, 7% harina de girasol, 20% guisantes, 2% salvado y 3% suplemento vitamínico-mineral). El heno procedía de una pradera de secano sembrada anteriormente, con una mezcla de *Trifolium subterraneum* L., *T. michelianum* Savi, *T. incarnatum* L. y *T. resupinatum* y *Lolium multiflorum* Lam., como especies de leguminosas introducidas y *T. ceernum* Brot., *T. campestre* Schreb y *T. tomentosum* L., *Vulpia* sp., *Anthemis mixta* L., *Cerastium glome-*

*ratum* Thuill, *Spergula arvensis* L., *Erodium moschatum* L., *Silene gallica* L. y *Plantago lagopus* L., como especies autóctonas, también presentes.

El pastoreo de los corderos, se realizó sobre dos praderas similares de secano de 1,5 ha, con la composición específica referida anteriormente. Para estimar la oferta de hierba en cada una de las parcelas y su evolución a lo largo de la primavera, se realizaron muestreos semanales en 12 puntos por parcela. La oferta de hierba al comienzo del pastoreo fue 1100 kg de MS/ha.

Los corderos se pesaron semanalmente, controlándose en el mismo período el consumo de pienso y de heno. El sacrificio fue realizado en un matadero industrial cuando los corderos llegaron a un peso vivo de 26 kg los machos y 24 kg las hembras, pesándose las canales calientes y frías.

Los ácidos grasos de la hierba de las praderas, el heno de pradera y el pienso, fueron determinados según el método propuesto por Pritam *et al.* (1988). Para el análisis cromatográfico de los esteres metílicos de ácidos grasos (FAMES), se utilizó un cromatógrafo de gases con detector de ionización de llama y una columna capilar Omegawax 320 (30 m x 0,32 mm i.d.; 0,25µm de espesor).

Los resultados se analizaron como un modelo factorial 2x2 considerando los factores del sistema de alimentación y del sexo. Se ha empleado el procedimiento GLM del paquete estadístico SAS 9.0., utilizando el test de comparación de medias de Student Newman-Keuls.

## RESULTADOS

En la *Tabla 1*, figuran los datos de composición en ácidos grasos durante el periodo en que los corderos permanecieron en el pasto, ya sea con las madres (abril), o en el periodo de acabado (mayo-junio), así como la proporción en ácidos grasos del pasto herbáceo, el heno y el concentrado.

Es de destacar, que según va avanzando el tiempo desde el comienzo de la experiencia, los ácidos grasos saturados aumentan, alcanzando el valor más elevado (29%) desde mediados de mayo a mediados de junio, período que corresponde con el cebo de los corderos. El ácido graso que presenta un mayor aumento es el palmítico, que resulta perjudicial para la salud (Moloney *et al.*, 2001). Los monoinsaturados evolucionan de la misma forma alcanzando el máximo en el mes de junio, con un 16,4%. Los poliinsaturados, por el contrario, disminuyen en el período estudiado, pasando el linolénico de un 49,7% a un 11,5%, aumentando en cambio el linoleico, aproximándose de esta forma su composición a la del pienso de cebo. Resultados semejantes han sido obtenidos en un trabajo anterior (Cañeque *et al.*, 2010). La oferta de hierba y su evolución a lo largo del experimento se indican en la *Figura 1* para las parcelas de machos (P2) y hembras (P3).

Respecto al efecto de los tratamientos estudiados (*Tabla 2*), hasta el destete (que tuvo lugar en todos los casos a los 60 días de vida), no se encontraron diferencias significativas entre machos y hembras, aunque estas últimas crecieron algo más que los machos (227 g/día las hembras frente a 214 g/día los machos).

En el período de cebo, existe una interacción ya que los machos en pastoreo crecieron más que los del aprisco (241,8 g/día frente a 225,26 g/día, respectivamente) y en cambio, las hembras crecieron más en aprisco (160 g/día) que en pastoreo (137,9 g/día).

Con relación a los datos de las canales (*Tabla 2*), el peso de las mismas fue mayor en los machos (11,4 kg en frío) frente a las hembras (10,6 kg), aunque el rendimiento en frío de la canal fue superior en las hembras (45,13%) frente a los machos (44,56%). Respecto al sistema de crianza, los animales de pastoreo presentaron un rendimiento a la canal más bajo (44,01%) que los criados en aprisco (44,80%), como era de esperar, por su mayor desarrollo del aparato digestivo.

Tabla 1. Composición en ácidos grasos (%) del pasto herbáceo, concentrado y heno de pradera, utilizados en la experiencia

	Pasto herbáceo					Pienso	Heno
	05/04/2010	26/04/2010	10/05/2010	24/05/2010	07/06/2010		
12:0	1,26	0,52	1,24	0,95	0,87	0,30	3,27
13:0	5,12	1,69	6,36	1,98	0,60	3,55	7,64
14:0	0,33	1,04	0,99	0,89	0,66	0,38	1,23
15:0	0,58	0,92	1,06	1,01	1,83	0,11	0,47
16:0	13,07	16,27	17,15	18,60	20,46	19,76	25,54
17:0	0,85	0,32	0,11	0,18	0,35	-	-
18:0	1,34	2,14	1,77	2,13	3,24	3,05	3,48
20:0	0,47	0,88	0,72	0,81	1,16	0,41	1,00
22:0	0,31	2,15	0,51	0,44	0,21	-	-
<b>SFA</b>	<b>23,32</b>	<b>25,94</b>	<b>29,91</b>	<b>27,00</b>	<b>29,38</b>	<b>27,56</b>	<b>42,65</b>
16:1	1,45	1,31	1,38	0,90	0,28	-	0,33
18:1	3,25	6,88	5,25	9,02	15,80	15,53	7,56
<b>MUFA</b>	<b>4,93</b>	<b>8,45</b>	<b>6,91</b>	<b>10,16</b>	<b>16,37</b>	<b>15,53</b>	<b>7,89</b>
18:2	17,23	20,35	19,81	25,14	38,50	51,74	18,64
18:3	49,69	40,95	39,32	33,81	11,54	4,66	29,36
CLA	0,35	0,35	0,35	0,35	0,15	-	-
EPA	0,13	0,18	0,20	0,34	0,34	-	-
DPA	0,53	0,81	0,87	0,77	1,03	-	-
<b>PUFA</b>	<b>67,94</b>	<b>62,64</b>	<b>60,56</b>	<b>60,41</b>	<b>51,56</b>	<b>56,39</b>	<b>48,00</b>
<b>MUFA/SFA</b>	<b>0,21</b>	<b>0,36</b>	<b>0,24</b>	<b>0,38</b>	<b>0,56</b>	<b>0,56</b>	<b>0,18</b>
<b>PUFA/SFA</b>	<b>2,95</b>	<b>2,63</b>	<b>2,06</b>	<b>2,28</b>	<b>1,77</b>	<b>2,05</b>	<b>1,13</b>
<b>n3</b>	<b>50,35</b>	<b>41,94</b>	<b>40,39</b>	<b>34,92</b>	<b>12,91</b>	<b>4,66</b>	<b>29,36</b>
<b>n6</b>	<b>17,58</b>	<b>20,70</b>	<b>20,17</b>	<b>25,49</b>	<b>38,64</b>	<b>51,74</b>	<b>18,64</b>
<b>n6/n3</b>	<b>0,35</b>	<b>0,49</b>	<b>0,50</b>	<b>0,73</b>	<b>2,99</b>	<b>11,11</b>	<b>0,64</b>

SFA: Ácidos Grasos Saturados. MUFA: Ácidos Grasos Monoinsaturados. PUFA: Ácidos Grasos Poliinsaturados. CLA: Ácidos Linoléico Conjugado (isómero cis-9, trans-11 C18:2). EPA: Ácido Eicosapentaenoico (C20:5n3). DPA: Ácido Docosapentaenoico (C22:5n3). n3: omega 3. n6: omega 6.

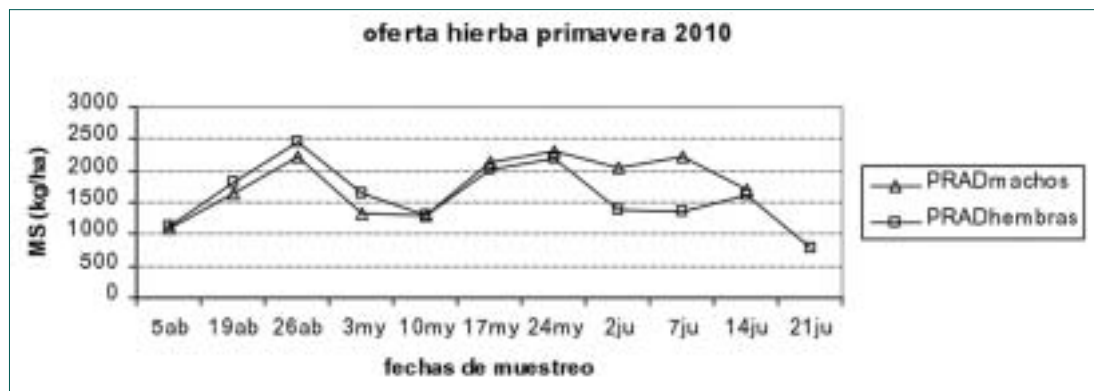


Figura 1. Oferta de hierba en las parcelas en pastoreo a lo largo de la experiencia.

El consumo de pienso por cordero figura en la *Tabla 2*, siendo mayor en los corderos de pastoreo (31,1 kg) que en los de aprisco (28,37 kg), aunque estos últimos tomaron, además, 16,3 kg de heno de pradera. Respecto al sexo, los machos consumieron más que las hembras.

**Tabla 2. Datos de peso, crecimiento y consumo de los corderos y características de sus canales**

	Sistema de alimentación		Sexo		A	S	A x S
	Pastoreo	Concentrado	Machos	Hembras			
Número de corderos	40	44	43	41			
Peso corderos (Kg):							
Nacimiento	3,95±0,6	3,94±0,6	4,17±0,6	3,71±0,6	NS	**	NS
Destete	17,47±2,2	17,26±1,9	17,26±2,3	17,47±1,7	NS	NS	NS
Sacrificio	24,77±2,9	24,73±2,7	25,89±2,4	23,45±1,4	NS	***	NS
Crecimiento (g/día):							
Nacimiento-Destete	220,84±33,6	220,71±27,8	214,65±33,8	227,18±25,4	NS	*	NS
Destete-Sacrificio	192,44±57,9	191,41±50,5	233,34±35,0	148,44±30,7	NS	***	**
Nacimiento- Sacrificio	210,56±27,0	211,07±23,5	222,45±20,1	198,60±24,0	NS	***	NS
Número de corderos	28	32	32	28			
Datos de sacrificio:							
Edad al sacrificio (días)	98,7±7,2	98,9±8,8	101,1±7,0	96,5±8,7	NS	NS	NS
Canal caliente (Kg)	11,19±0,7	11,37±0,7	11,64±0,6	10,88±0,6	NS	***	NS
Canal fría (Kg)	10,93±0,7	11,09±0,7	11,36±0,6	10,62±0,6	NS	***	NS
Pérdidas por refrigeración (%)	2,30±0,6	2,48±0,7	2,39±0,6	2,40±0,7	NS	NS	NS
Rendimiento a la canal (%)	44,01±2,4	44,80±2,3	44,56±2,1	45,13±2,5	NS	*	NS
Consumo de pienso							
(Kg/cordero) (Destete-Sacrificio):							
Concentrado	31,1	28,37	37,51	21,96			
Heno	-	16,31	17,88	14,74			
Índice de conversión (Kg concentrado/ Kg aumento peso):	4,26	3,79	4,34	3,67			

A: Sistema de alimentación. S: sexo. A x S: interacción Sistema de alimentación x Sexo.

Nivel de significación: NS, no significativo; \*,  $P < 0.05$ ; \*\*,  $P < 0.01$ ; \*\*\*,  $P < 0.001$ .

## CONCLUSIONES

Las características del pasto herbáceo, evaluado por su composición en ácidos grasos, se mantienen durante el periodo de lluvias en abril y mayo, pero varían bruscamente en junio, con el periodo seco, reduciéndose en gran medida, los ácidos grasos n3 y en especial, el linolénico, por lo que sería necesario finalizar el cebo en pastoreo antes de la llegada de la época de sequía.

Los trabajos realizados, no han sido afectados por el sistema de engorde, pero sí lo han sido por el sexo, mejorando el rendimiento a la canal en las hembras, que presentan además un mejor crecimiento en el aprisco al contrario que los machos.

## Agradecimientos

Agradecemos la colaboración prestada por el C.I.A. "Dehesón del Encinar", de la Junta de Comunidades de Castilla-la Mancha, aportando sus instalaciones, personal y animales para la realización de este trabajo. Así mismo, agradecemos a Patricia Juárez su colaboración al realizar la toma de datos de campo, referente a los animales y a M<sup>a</sup> Jesús Gómez, los referentes a los muestreos de las praderas y su composición específica. Los trabajos realizados han sido financiados por el proyecto INIA: AEG 08-021-C4-3.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CAÑEQUE V.; DÍAZ M. T.; LÓPEZ O.; LAUZURICA S., PÉREZ C.; LÓPEZ-CARRASCO C.; DE LA FUENTE J., 2010. Efecto del sistema de crianza de corderos en producción ecológica sobre su composición en ácidos grasos de su carne. En: *Pastos: Fuente natural de energía*. 4<sup>a</sup> Reunión Ibérica de Pastos y Forrajes. Universidad de León, 419-425.
- DEPARTMENT OF HEALTH, 1994. Report on Health and Social Subjects, nº46. Nutritional aspects of cardiovascular disease. HMSO, London.
- DÍAZ M. T.; ÁLVAREZ I.; DE LA FUENTE J.; SAÑUDO C.; CAMPO M. M.; OLIVER M. A.; FONT I FURNOLS M.; MONTOSSI F.; SAN JULIÁN R.; NUTE G. R.; CAÑEQUE V., 2005. Fatty acid composition of meat from typical lamb production systems of Spain, United Kingdom, Germany and Uruguay. *Meat Science*, **71**, 256-263.
- MOLONEY, A.P.; MOONEY, M.T.; KERRY, J.P.; TROY, D.J. 2001. Producing tender and flavoursome beef with enhanced nutritional characteristics. *Proceedings of the Nutrition Society*, **60**, 221-229
- PRITAM, S.; SUKHIJA.; PALMQUIST, D. L., 1988. Rapid method for determination of total fatty acid content and composition of feedstuffs and feces. *American Chemical Society*, **36**, 1202-1206.

## STUDY OF SEX AND FEEDING SYSTEM OF LAMBS RAISED IN AN ECOLOGICAL PRODUCTION SYSTEM

### SUMMARY

The effect of the feeding system (pasture or drylot) and sex on the productive characteristics of lambs raised in an ecological production system has been studied. For that purpose, 84 weaned lambs were divided into 4 homogeneous batches, two of which consisting of males and the other two were females reared on pasture or fold. The evolution of the fatty acid composition in the pasture plots from April to June was also studied. An increase in the levels of SFA and MUFA was observed at the approach of June, when those fatty acids reached the maximum level. However, PUFA reached the highest level in April whereas the lowest was observed in June, mainly due to the decrease in 18:3.

There was a significant interaction between the studied factors on lamb growth, since higher values were observed in males raised on pasture than those on drylot and in females raised on drylot in comparison with those raised on pasture. Neither the carcass weight nor the chilling losses were affected by the rearing system. However, sex affected the carcass yield, showing females higher values. The feed intake was higher in males fed by pasture in comparison with those fed by drylot.

**Key words:** lamb feeding system, sex, pasture, drylot.

# EFFECTO DEL SEXO Y DEL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS DE LA CANAL Y CALIDAD DE LA GRASA DE TERNEROS DE RAZA AVILEÑA-NEGRA IBÉRICA

A. DAZA<sup>1</sup>, A.I. REY<sup>2</sup>, C. LÓPEZ-CARRASCO<sup>3</sup> y C.J. LÓPEZ BOTE<sup>2</sup>

## RESUMEN

En un primer experimento se utilizaron 18 terneros, nueve machos y nueve hembras, de la raza Avileña–Negra Ibérica que fueron cebados con paja y concentrado. La longitud de la canal fue superior en los machos que en las hembras, pero las canales de las hembras tuvieron valores más elevados de conformación y de engrasamiento que la de los machos. En la grasa subcutánea la proporción de ácidos grasos monoinsaturados totales fue superior en las hembras que en los machos y la relación n-6/n-3 fue más favorable en las hembras. En un segundo experimento, se utilizaron 14 terneros machos, siete fueron acabados en estabulación con paja y concentrado y los siete restantes en pradera suplementados con concentrado. El sistema de alimentación durante el acabado no tuvo efecto sobre la calidad de la canal, pero la calidad de la grasa fue mejor en los terneros acabados en pradera que en los acabados en estabulación.

**Palabras clave:** producción de carne, dehesa, sistema extensivo, Castilla-La Mancha.

## INTRODUCCIÓN

La influencia del sexo y del sistema de alimentación sobre la calidad de la canal y, más concretamente, sobre la calidad de la grasa de terneros de razas de la Dehesa han sido aspectos poco tratados en el contexto científico de la investigación bovina. La calidad de la canal es un aspecto productivo que tiene especial importancia para industriales y carniceros, mientras que la calidad de la grasa puede afectar a la salud de los consumidores. Debido a ello, en el presente trabajo, que incluye dos experimentos, se estudia, en un primer ensayo, el efecto del sexo sobre la calidad de la canal y de la grasa de terneros cebados, convencionalmente, en establo con paja y concentrado, mientras que en un segundo estudio se trata la influencia del sistema de acabado (establo vs pradera) sobre las características cualitativas indicadas.

---

<sup>1</sup> Dpto. Producción Animal. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. Universidad Politécnica. Ciudad Universitaria. 28040 Madrid.

<sup>2</sup> Dpto. Producción Animal. Facultad de Veterinaria. Universidad Complutense. Ciudad Universitaria. 28040 Madrid.

<sup>3</sup>CIA "Dehesón del Encinar", JCCM. [clcarrasco@local.jccm.es](mailto:clcarrasco@local.jccm.es)

## MATERIAL Y MÉTODOS

En un primer experimento se utilizaron 18 terneros, nueve machos y nueve hembras, de la raza Avileña–Negra Ibérica que fueron destetados con siete meses de edad y cebados posteriormente en estabulación con paja de cereales y un concentrado basado en maíz-cebada-soja que contenía 2945 kcal de EM/kg y un 14% de proteína bruta (FEDNA, 2003). Los terneros fueron pesados al principio y final del cebo y machos y hembras fueron sacrificados a los pesos que demanda el mercado (entre 500 y 550 kg los machos y entre 400 y 450 kg las hembras). En el matadero, 48 horas después de la pesada final, se obtuvieron los valores individuales del peso de la canal fría, longitud de la canal, profundidad del tórax, longitud de la pierna y anchura de la pierna según la metodología descrita por Sañudo y Campo (1998). Para estimar la conformación y el grado de engrasamiento de las canales se utilizaron patrones fotográficos que observaban las clasificaciones SEUROP para la conformación y la escala clásica de uno a cinco puntos para el engrasamiento, según el modelo de clasificación de la UE (1991), considerando, en este experimento, una escala de clasificación de uno a 15 puntos para ambas variables subjetivas de calidad de la canal. Se tomaron muestras individuales de grasa subcutánea y se determinó la composición en ácidos grasos mediante el método descrito por López Bote *et al.* (1997). La extracción de los lípidos de la grasa subcutánea se realizó mediante el método de Bligh y Dyer (1959) y el modelo de cromatógrafo de gases utilizado fue un Hewlett-Packard 6890.

En un segundo experimento, se utilizaron 14 terneros machos de la raza precitada destetados a primeros del mes de julio con 265,8 kg. Los terneros permanecieron en una pradera de secano de nueve ha de superficie que había sido sembrada en otoño de 2007 (siendo ésta, por tanto, el segundo año tras su implantación) con la mezcla comercial "Talavera", siendo las especies introducidas: *Trifolium subterraneum* L., *T. michelianum* Savi., *T. incarnatum* L., *T. resupinatum* L., *Ornithopus compressus* L., *Biserrula pelecinus* L. y *Lolium multiflorum* Lam., aunque numerosas especies autóctonas también estaban presentes. Los terneros fueron suplementados con un concentrado basado en cebada-trigo-guisantes que contenía 2750 kcal de EM/kg y un 13% de proteína bruta (FEDNA, 2003) hasta el 30 de noviembre, momento en el que se eligieron aleatoriamente siete terneros, que fueron estabulados y acabados con paja de cereales y el concentrado precitado y los otros siete restantes permanecieron en la pradera suplementados con el mismo concentrado administrado a los terneros estabulados. Se controló el peso de los animales al destete y al final del periodo experimental. Los terneros fueron sacrificados a finales de febrero del año siguiente y 48 horas después, en el matadero, se recabaron los valores de las características de la canal fría consignadas en el primer experimento y según el método señalado en el mismo. Se tomaron muestras individuales de grasa omental de los animales y se determinó su composición en ácidos grasos según la metodología indicada en el primer experimento. El contenido de alfa-tocoferol en la grasa omental fue obtenido según el método descrito por Rey *et al.* (2006) mediante un HPLC (HP 1050 con un UV detector HPIB 10).

Los datos recabados fueron estudiados mediante análisis de varianza o covarianza (el sexo fue el factor de variación en el primer experimento y el sistema de acabado en el segundo), introduciendo como covariables: el peso inicial de los terneros para los resultados productivos y el peso al sacrificio o el peso de la canal para las características de la misma. Los análisis fueron realizados mediante el paquete estadístico SAS (1999).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Experimento 1

En la *Tabla 1*, aparece reflejado el efecto del sexo sobre los resultados productivos y las características de la canal estudiadas. Como cabía esperar la ganancia media diaria fue superior



en los machos que en las hembras (1,39 vs 0,93 kg) y el peso inicial de los terneros al comienzo del cebo tuvo influencia significativa sobre la ganancia media diaria. Los machos tuvieron una longitud de la canal superior que la de las hembras, pero menores grados de conformación y de engrasamiento. La profundidad del tórax tendió ( $P < 0,08$ ) a ser superior en las hembras que en los machos mientras que la anchura de la pierna tendió ( $P < 0,08$ ) a ser más elevada en los machos que en las hembras. El peso al sacrificio de los terneros afectó significativamente ( $P < 0,05$ ) a todas las características de la canal, excepto al rendimiento canal y a la anchura de la pierna. En la revisión de Daza (1999) se explicita que, en las razas autóctonas del ecosistema de la dehesa, durante el periodo de cebo, el potencial de crecimiento es superior en los machos que en las hembras y Sánchez Belda (1984) previamente corroboró tal afirmación aportando datos concretos al respecto para la raza Avileña-Negra Ibérica. García y Cruz-Sagredo (1999) observaron, como en este experimento, que los machos de raza Avileña tenían una longitud de la canal superior que la de las hembras y Sueiro (1994) obtuvo un resultado análogo en terneros de la raza Rubia Gallega. La influencia detectada en el presente experimento del peso al sacrificio sobre las características de la canal también fue observada por Panea *et al.* (1999) en terneros de raza Pirenaica.

**Tabla 1. Efecto del sexo sobre los resultados productivos, características de la canal y calidad de la grasa subcutánea**

Sexo	Machos	Hembras	sem	P <	P covariable
Días de cebo	210	218			
Peso inicial (kg)	237,1	224,3	8,64	0,31	-
Peso sacrificio (kg)	521,2	435,2	12,34	0,007	0,58 (1)
GMD (kg) (3)	1,390	0,934	0,054	0,0001	0,0003 (1)
RC (%)	53,31	52,51	0,63	0,35	0,80 (2)
Longitud de la canal (cm)	133,4	129,1	0,85	0,02	0,0002 (2)
Profundidad del torax (cm)	60,5	63,4	0,91	0,08	0,013 (2)
Longitud de la pierna (cm)	80,3	79,8	0,86	0,75	0,007 (2)
Anchura de la pierna (cm)	44,5	43,3	0,45	0,08	0,48 (2)
Conformación	6,4	8,6	0,19	0,0001	0,0001 (2)
Engrasamiento	7,4	8,5	0,32	0,034	0,001 (2)
Σ SAT	47,76	48,20	0,90	0,74	-
Σ MONO	40,98	45,80	0,81	0,0008	-
Σ POLI	11,26	6,00	0,96	0,0018	-
Σ n-6	9,63	4,87	0,85	0,0015	-
Σ n-3	1,56	1,10	0,11	0,008	-
Σ MONO/Σ SAT	0,86	0,97	0,027	0,025	-
Σ n-6/ Σ n-3	6,03	4,38	0,23	0,0002	-
Σ POLI/ Σ SAT	0,21	0,11	0,0083	0,0053	-

sem = error estándar de la media. (1) covariable peso inicial (2) covariable peso al sacrificio. (3) son medias de mínimos cuadrados. GMD = ganancia media diaria. RC = rendimiento a la canal. Σ SAT = suma de las proporciones de los ácidos C10:0, C12:0, C14:0, C16:0, C17:0, C18:0 y C20:0. Σ MONO = suma de las proporciones de los ácidos C15:1, C16:1 (C16:1n-9 + C16:1 n-7), C17:1, C18:1 n-9 y C20:1. Σ POLI = suma de las proporciones de los ácidos C18:2 n-6, C18:3 n-3, C18:4 n-3, C20:3 n-9, C20:4 n-6, C20:5 n-3 y C22:6 n-3. Σ n-6 = suma de las proporciones de los ácidos C18:2 n-6 y C20:4 n-6. Σ n-3 = suma de las proporciones de los ácidos C18:3 n-3, C18:4 n-3, C20:5 n-3, C22:5 n-3 y C22:6 n-3.

Los resultados de la influencia del sexo sobre la composición en ácidos grasos de la grasa subcutánea pueden también estudiarse en la *Tabla 1*. La proporción del total de ácidos grasos monoinsaturados, fue significativamente superior en las hembras que en los machos, mientras que las proporciones del total de ácidos grasos poliinsaturados y totales de n-6 y de n-3 fueron más elevadas en los machos que en las hembras. Las relación n-6/n-3 fue mas baja y, por lo tanto, más favorable en las hembras que en los machos, aunque la relación POLI/SAT fue superior y, por lo tanto, teóricamente más favorable en los machos que en las hembras. Parece lógico que hayamos detectado una relación MONO/SAT significativamente superior en la grasa subcutánea de las hembras que en la de los machos debido a la mayor proporción encontrada de ácidos grasos monoinsaturados totales en la grasa subcutánea de las hembras. Actualmente no se dispone de suficientes experimentos que hayan estudiado el efecto del sexo sobre la composición en ácidos grasos de la grasa de terneros cebados en estabulación con paja y concentrado. Moreno *et al.* (2006), en terneros de la raza Rubia Gallega encontraron que las hembras tenían, en la grasa intramus-

*Tabla 2. Efecto del sistema de alimentación durante el periodo de acabado sobre los resultados productivos, características de la canal y calidad de la grasa omental de los terneros*

	Establo	Pasto	sem	P <	P covariable <
Días de cebo	232	239			
Peso destete (kg)	269,7	261,3	11,4	0,6	-
Peso sacrificio (kg)	523,9	514,6	18,6	0,7	0,09 (1)
GMD (kg)	1,096	1,056	0,068	0,68	0,86 (1)
RC (%)	53,21	52,62	0,71	0,14	0,64 (2)
Longitud canal (cm)	133,50	131,79	1,57	0,22	0,007 (3)
Longitud pierna (cm)	75,10	74,90	1,01	0,84	0,0047 (3)
Anchura pierna (cm)	46,16	46,41	0,42	0,68	0,021 (3)
Profundidad tórax (cm)	45,28	46,29	0,59	0,27	0,72 (3)
Conformación	5,71	5,72	0,20	0,95	0,027 (3)
Engrasamiento	6,85	6,86	0,18	0,96	0,050 (3)
Σ SAT	64,04	60,72	1,31	0,09	-
Σ MONO	32,11	35,01	1,20	0,10	-
Σ POLI	3,85	4,27	0,16	0,09	-
C18:3 n-3	0,38	0,62	0,051	0,0065	-
Σ n-6	3,13	3,31	0,14	0,38	-
Σ n-3	0,66	0,90	0,060	0,015	-
Σ n-6/Σ n-3	4,92	3,84	0,43	0,10	-
Σ POLI/Σ SAT	0,060	0,071	0,0033	0,050	-
Σ MONO/Σ SAT	0,50	0,58	0,030	0,10	-
Alfa- tocoferol (µg/g)	7,80	11,65	1,24	0,048	-

sem = error estándar de la media. (1) covariable peso inicial de los terneros, (2) covariable peso al sacrificio de los terneros (3) covariable peso canal de los terneros. GMD = ganancia media diaria. RC = rendimiento a la canal. Σ SAT = suma de las proporciones de los ácidos C10:0, C12:0, C14:0, C16:0, C17:0, C18:0 y C20:0. Σ MONO = suma de las proporciones de los ácidos C15:1, C16:1 (C16:1n-9 + C16:1 n-7), C17:1, C18:1 n-9 y C20:1. Σ POLI = suma de las proporciones de los ácidos C18:2 n-6, C18:3 n-3, C18:4 n-3, C20:3 n-9, C20:4 n-6, C20:5 n-3 y C22:6 n-3. Σ n-6 = suma de las proporciones de los ácidos C18:2 n-6 y C20:4 n-6. Σ n-3 = suma de las proporciones de los ácidos C18:3 n-3, C18:4 n-3, C20:5 n-3, C22:5 n-3 y C22:6 n-3.

cular, una proporción más elevada de ácidos grasos monoinsaturados totales que los machos, y en un estudio anterior Zembayashi *et al.*, (1995) observaron, como en nuestro experimento, que en la grasa subcutánea la proporción del total de ácidos grasos monoinsaturados era superior en hembras que en machos.

## Experimento 2

En la *Tabla 2*, reflejamos los resultados productivos, las características de la canal y la composición en ácidos grasos de la grasa omental de los terneros según sistema de acabado. Los resultados productivos y las características de la canal fueron similares para los dos modelos. El peso de la canal, introducido como covariable en el modelo estadístico, afectó significativamente ( $P < 0,05$ ) a las variables longitud de la canal, longitud de la pierna, anchura de la pierna, conformación y engrasamiento de la canal. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Barriada *et al.* (1993) en terneros de la raza Asturiana de los Valles y por Blanco *et al.* (2005) en terneros de raza Parda de Montaña acabados en establo o en praderas de alfalfa

A tenor de los resultados obtenidos de las variables:  $\Sigma$  SAT,  $\Sigma$  MONO,  $\Sigma$  POLI,  $\Sigma$  n-6/ $\Sigma$  n-3,  $\Sigma$  POLI/ $\Sigma$  SAT,  $\Sigma$  MONO/ $\Sigma$ SAT y contenido de  $\Sigma$ -tocoferol, la calidad de la grasa fue mejor en los terneros acabados en pasto que la de los terneros acabados en estabulación con paja y concentrados, lo que concuerda con los resultados observados por Gorraiz *et al.* (2001) en corderos cebados en establo *versus* pradera.

## CONCLUSIONES

En cebo en estabulación, las canales de las hembras tienen una conformación y grado de engrasamiento superior que la de los machos y la calidad de la grasa subcutánea es mejor. Los terneros acabados en pasto, suplementados con concentrado, tienen análoga calidad de canal que los acabados en estabulación, pero mejor calidad de grasa.

## Agradecimientos

Este trabajo se enmarca dentro del proyecto nº PAI09-0014-1611. "Comparación de diversos modelos de cebo ecológico de terneros con base en pastos en la dehesa de Castilla-La Mancha", financiado por la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARRIADA, M.; CASTRO, P.; MARTÍNEZ, A.; OSORO, K., 1993. Efecto del sistema de alimentación y del peso de sacrificio sobre las características de la canal de añejos de raza Asturiana de los Valles. *ITEA*, Vol. Extra, **12**, Tomo II, **26**, 631-633.
- BLANCO, M.; RIPIO, G.; MARGALEF, J.; ALBERTÍ, P.; CASASÚS, I.; JOY, M., 2005. Cebo de terneros en praderas de alfalfa: efecto de distintas alternativas de manejo sobre la calidad de la canal y de la carne. *ITEA*, Vol. Extra, **26**, Tomo II, 771-773.
- BLIGH, E.G.; DYER, W. J., 1959. A rapid method of total lipid extraction and purification. *Canadian Journal of Biochemistry and Physiology*, **37**, 911-917.
- DAZA A., 1999. *Producción de vacuno de carne en la dehesa*. Monografía Bovis, nº **87**, Ed. Luzán, 100 pp.
- FEDNA., 2003. *Tablas FEDNA de composición y valor nutritivo de alimentos para la fabricación de piensos compuestos*, C. DE BLAS *et al.* (Co), Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal (Eds.).
- GARCÍA, M. D.; CRUZ-SAGREDO, R., 1999. Calidad de canal y de carne en la raza Avileña-Negra Ibérica a diferentes pesos al sacrificio. *ITEA* Vol. Extra, **20**, 59-61.
- GORRAIZ, C.; INDURAIN, G.; VILLANUEVA, I.; GOÑI, V.; ALZUELA, M. J.; SARRIÉS, V.; EGUINOVA,

- P., 2001. Producción de corderos en praderas. II. Influencia sobre la calidad de la carne. *ITEA*, Vol. Extra, **22**, Tomo II, 637-639.
- LÓPEZ BOTE, C. J.; REY, A.; ISABEL, B.; SANZ ARIAS, R., 1997. Effects of feeding diets high in monounsaturated fatty acids and  $\alpha$ -tocopheryl acetate to rabbits on resulting carcass fatty acid profile and lipid oxidation. *Animal Science*, **64**, 177-186.
- MORENO, T.; VARELA, A.; OLLETE, B.; CARBALLO, J.A.; SÁNCHEZ, L.; MONSERRAT L., 2006. Nutritional characteristics of veal from weaned and unweaned calves: Discriminatory ability of the fat profile. *Meat Science*, **73**, 209-217.
- PANEA, B.; OLLETA, J. L.; SAÑUDO, C.; CAMPO, M. M.; PIEDRAFITA, J., 1999. Aspectos productivos y calidad de la canal en la raza Pirenaica. Efecto del peso al sacrificio. *ITEA* Vol. Extra **20**, 86-88.
- REY, A. I.; DAZA, A.; LÓPEZ CARRASCO, C.; LÓPEZ BOTE, C. J., 2006. Quantitative study of the  $\alpha$  and  $\gamma$ -tocopherols accumulation in muscle and backfat from Iberian pigs kept free-range as affected by time of free-range feeding or weight gain. *Animal Science*, **82**, 901-908.
- SÁNCHEZ BELDA A., 1984. *Razas Bovinas españolas*. Ed. MAPA, 78 pp. (España).
- SAS., 1999. User's guide. SAS Institute Inc, Cary, NC, USA.
- SAÑUDO, C.; CAMPO M. M., 1998. Calidad de la canal por tipos. En: *Vacuno de carne: aspectos claves*, 465-492. Ed. C. BUXADÉ. Mundi- Prensa. Madrid. (España).
- SUEIRO R. M., 1994. *Estudios de factores de variación de calidad de la canal y de la carne de ternera gallega*. Tesis Doctoral. Facultad de Veterinaria de Lugo. Universidad de Santiago de Compostela. Lugo, (España). pp
- UE., 1991. *Reglamento comunitario de clasificación de canales* R. N° 1026/91.
- ZEMBAYASHI, M.; NISHIMURA, K.; LUNT, D. K.; SMITH, S. B., 1995. Effect of breed type and sex on the fatty acid composition of subcutaneous and intramuscular lipids of finishing steers and heifers. *Journal of Animal Science*, **73**, 3325-3332.

## EFFECT OF GENDER AND FEEDING SYSTEM ON CARCASS CHARACTERISTICS AND FAT QUALITY OF AVILEÑA-NEGRA IBÉRICA BREED CALVES

### SUMMARY

In a first experiment, 18 calves, nine males and nine females, from the Avileña-Negra Ibérica breed were fattened with straw and concentrate. The carcass length was higher in males than in females, but the females carcass had higher conformation and greasing values than the males carcass. In the subcutaneous fat the total monounsaturated fatty acids proportion was higher in the females than in the males, and the n-6/n-3 ratio was more favourable in the females. In a second experiment 14 males calves were used. Seven were finished in confinement and fed with straw and concentrate, whereas the other seven were finished in grass supplemented with concentrate. The finishing system had not significant influence on carcass quality, but the fat quality was better in the calves finished in grass.

**Key words:** meat production, dehesa system, extensive system, Castilla-La Mancha.

# PRODUCCIÓN DE CERDOS IBÉRICOS DE MONTANERA EN LA PROVINCIA DE BADAJOZ (EXTREMADURA. ESPAÑA)

J. GONZALO<sup>2</sup>, S. MORALES<sup>1</sup>, M.J. POBLACIONES<sup>1</sup> y L. OLEA<sup>1</sup>

## RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue definir los índices productivos de montanera para determinar las zonas de mayor interés de la provincia de Badajoz (Extremadura). Para ello se definieron ocho zonas en la Provincia de Badajoz, seleccionando para la investigación solo aquellas con un índice de producción de montanera superior al uno % del total provincial. Se estudiaron cuatro años de montanera (2003-2004 a 2006-2007) y se controlaron los cerdos de tronco ibérico de montanera sacrificados en cada término municipal de esas zonas. Se determinó la superficie de dehesa y la superficie que ocupa el arbolado dentro de ella, estableciéndose dos métodos: superficie de dehesa método propio (SDM), y superficie dehesa explotaciones (SDE) en función de las declaraciones al Registro de Explotaciones de la Junta de Extremadura. La zona de Jerez de los Caballeros es la de mayor importancia con más del 57% de producción de animales de montanera del total provincial, la de mayor superficie junto con Badajoz, la de mayor fracción de cabida cubierta (FCC) con un 48% y una carga ganadera de 0,7 animales/ha-SDM frente a la media provincial de 0,36 animales/ha-SDM.

**Palabras clave:** dehesa, porcino extensivo, *Quercus*.

## INTRODUCCIÓN

En base a la definición de la Ley 1/1986 de la Dehesa de Extremadura y a partir de los datos que aparecen en el Anuario de Estadística Agroalimentaria, la superficie de monte abierto situada en las provincias del oeste y sudoeste de España, que podría asimilarse a dehesas arboladas, asciende a 2,41 millones de ha. Si a dicha extensión se le añade el monte leñoso y los pastizales susceptibles de aprovechamiento ganadero la superficie que puede ser considerada dehesa en las diferentes provincias españolas alcanza los 6,83 millones de ha. Teniendo en cuenta estos datos, el área adehesada representa el 41,6% del área pastable de España.

Hay estudios que investigan con mayor precisión la superficie ocupada por la dehesa, partiendo de criterios concretos que permitan diferenciar estas áreas. Utilizando las definiciones establecidas por el "*Nomenclator de los Pastos de España*" de Ferrer *et al.* (2001), Olea *et al.*

<sup>1</sup> Departamento de Ingeniería del Medio Agronómico y Forestal. Escuela de Ingenierías Agrarias. Universidad de Extremadura.

<sup>2</sup> Consejería de Agricultura y Medio Ambiente. Junta de Extremadura.

(2008) la superficie total susceptible de aprovechamiento ganadero en el S.O. de España de 3,10 millones de ha. Corresponden a Extremadura un total de 1,32 millones de ha.

El sistema de explotación del porcino ibérico en la dehesa se efectúa con el aprovechamiento del pasto herbáceo y de los recursos de montanera que es el aprovechamiento extensivo entre el uno de noviembre y febrero de la bellota de encina y alcornoque y la biomasa herbácea disponible. La dieta de montanera (hierba y bellota) proporciona a los productos del cerdo ibérico un sabor y aroma que les diferencia de cualquier otro producto curado (De Pedro, 2001), además de un perfil lipídico que favorece bajos niveles plasmáticos de colesterol total, triglicéridos, lipoproteínas de baja y muy baja densidad y altos niveles de lipoproteínas de alta densidad y de apoproteína A-I (Ortiz y Maciá, 2001).

Los objetivos de estudio son evaluar la producción de porcino ibérico extensivo de montanera en la provincia de Badajoz (Extremadura), determinando la superficie de dehesa, la producción de cerdo ibérico de montanera y los índices productivos y la carga ganadera de montanera.

## MATERIAL Y METODOS

**Situación geográfica.** En este trabajo se estudia la producción de montanera de cuatro años agrícolas (de 2003/2004 a 2006/2007) en la provincia de Badajoz (Extremadura), que es la de mayor censo de reproductoras de porcino ibérico de España, con más del 50 % de reproductoras a nivel nacional.

La provincia se ha dividido en zonas siguiendo la misma delimitación que las Oficinas Veterinarias de Zona. La zona que ocupa mayor superficie es la de Zafra (*tabla 1 y fig. 1*) que supone casi una quinta parte del total provincial, seguida muy de cerca por Badajoz. En el otro extremo, están las zonas de Azuaga y Mérida, que no llegan al 10% del total provincial.

**Determinación de la superficie de dehesa.** Para ello se han utilizado los mismos criterios que los establecidos por la Consejería de Agricultura y Desarrollo Rural de la Junta de Extremadura para la inclusión de las parcelas que soliciten los ganaderos en la capa montanera del SIGPAC, que se denominará Superficie dehesa método (SDM).

También se ha considerado la superficie de dehesa del Registro de Explotaciones de la Consejería de Agricultura y Desarrollo Rural de Extremadura donde dehesa es cualquier finca o propiedad con más del 20% de la superficie adehesada (SDE).

**Fracción de cabida cubierta de cada término municipal (FCC).** De acuerdo con la metodología establecida para la determinación de la superficie de la dehesa:  $FCC = (\text{Superficie arbolado dehesa} / \text{Superficie parcelas dehesa}) \times 100$

**Estimación de la producción.** Se contabilizaron los cerdos de raza del tronco ibérico de montanera, de acuerdo con la Base de Datos de Ganadería de Extremadura de los cuatro años de estudio, seleccionando por término municipal aquellos que tengan de origen dehesas, sean para sacrificio, con guía oficial de cerdos de montanera y entre el 1/12 y el 31/03.

Con el fin de centrar la investigación las zonas que tengan una producción de menos de un uno % de la media anual provincial se excluirán de la investigación.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Índices de producción mínima.** La media anual de la Provincia de Badajoz es de 184 429 animales, siendo muy diferente la producción en las diversas zonas. Destaca la zona de Jerez de los Caballeros con más de 107 000 animales de media y que produce más del 58 % de los animales de montanera del total provincial. Por no llegar al uno % del total provincial se excluyen las zonas de Castuera, Don Benito, Mérida y Herrera del Duque.

De acuerdo con los datos de la *tabla 2* resulta una superficie excluida del 42% de la superficie total provincial, sin embargo en el conjunto de las cuatro zonas excluidas, la media de los animales de montanera resulta inferior a 250 animales/año.



Figura 3.1. Distribución de las Oficinas Veterinarias de Zona en la Provincia de Badajoz.

Tabla 1. Tabla resumen superficie y total provincial por cada una de las Zonas

Zona	Superficie (ha)	% Provincial
Badajoz	403.806	18,58
Jerez de los Caballeros	257.276	11,86
Mérida	199.284	9,17
Zafra	431.887	19,87
Don Benito	221.450	10,28
Castuera	223.406	10,19
Azuaga	166.848	7,68
Herrera del Duque	269.243	12,39
<b>Total Provincial</b>	<b>2.173.354</b>	<b>100</b>

**Superficie de dehesa.** Los resultados obtenidos con la caché de SIGPAC oficial de la Comunidad Autónoma de Extremadura (mes de marzo de 2008) fueron de 722 719,15 ha para SDM y de 932 320,53 ha según el Registro de Explotaciones (SDE).

La superficie de dehesa más importante es la de las zonas de Badajoz y Jerez de los Caballeros, seguida por Zafra y por último la zona de Azuaga. La relación SDM y SDE respecto a la superficie total es muy superior en Jerez de los Caballeros, seguida de Badajoz, siendo la última Zafra (tabla 3).

**Fracción de cabida cubierta (FCC).** La zona de Jerez de los Caballeros es la que tiene mayor porcentaje de FCC con un 48,43 %, el resto de las zonas presentan diferencias poco significativas en este índice, situándose todas en torno al 40 %.

**Índices productivos de montanera.** La media anual de las cuatro zonas estudiadas (más del

Tabla 2. Media anual de animales de montanera por zona y % respecto al total provincial

Zona	Media anual animales	% animales zona/animales provincia
Azuaga	51 694	3,09
Badajoz	36 768	19,94
Castuera	804	0,44
Don Benito	77	0,04
Herrera del Duque	57	0,03
Jerez de los Caballeros	107 364	58,21
Mérida	1 226	0,66
Zafra	32 441	17,59
<b>Total provincial</b>	<b>184 429</b>	<b>100</b>

Tabla 3. Superficie dehesa método (SDM) y superficie dehesa de explotación (SED) y porcentaje de estos índices respecto a la superficie total (ST) e índice de fracción de cabida cubierta (FCC) de cada una de las zonas

ZONA	SDM (ha)	SDM/ST (%)	SED (ha)	SDE/ST (%)	FCC (%)
Total Azuaga	51 860	31,08	64 182	38,47	40,80
Total Badajoz	171 921	42,57	212 794	52,70	39,18
Total Jerez de los Caballeros	164 410	63,79	194 332	75,40	48,43
Total Zafra	116 547	26,99	143 685	33,27	41,51

98 % de los animales producidos en la provincia de Badajoz) es de 182 266 animales, siendo Jerez de los Caballeros la zona con mayor producción, con más del 57% de la producción. A ésta, le siguen Badajoz y Zafra, con producciones similares, y por último la de Azuaga con una media anual de tan sólo 5 694 animales. También puede observarse que existe bastante uniformidad entre años en las zonas, excepto la montanera 2005-06, que es la menos productiva (tabla 4).

El índice medio obtenido en el conjunto de las cuatro zonas es de 0,36 animales/ha-SDM, es decir, se necesitan en la Provincia de Badajoz, aproximadamente tres ha de dehesa para producir un cerdo de montanera. Sin embargo, este índice es muy variable con las zonas, ya que en la zona de Jerez de los Caballeros el índice aumenta hasta 0,65 animales/ha-SDM, por lo que en esta zona con tres ha de dehesa se pueden obtener dos cerdos, es decir, prácticamente el doble de producción respecto a la media. En el otro extremo se encuentra la zona de Azuaga con un índice de 0,11 animales/ ha-SDM, tres veces menos productiva que la media de las zonas (tabla 5). Estos datos se encuentran entre los valores establecidos por otros investigadores: desde 0,3-0,5 (Montoya, 1989) hasta 1,8 cerdos/ha (Torrent *et al.*, 1963). Vázquez *et al.* (1999) para Extremadura da unos valores entre 0,32 y 0,88 cerdos/ha.

Tabla 4. Número de animales producidos en montanera al año por zona y subzona

ZONA	2003-04	2004-05	2005-06	2006-07	MEDIA
Azuaga	5 295	6 800	5 177	5 503	5 694
Badajoz	37 782	32 781	38 840	37 668	36 768
Jerez de los Caballeros	121 274	118 351	88 891	100 939	107 364
Zafra	37 259	30 084	28 230	34 189	32 441
Media anual	50 403	47 004	40 285	44 575	45 566
<b>Total</b>	<b>201 610</b>	<b>188 610</b>	<b>161 138</b>	<b>178 299</b>	<b>182 266</b>



Tabla 5. Carga ganadera de montanera (animales/ha-SDM) anuales por zona

Zona	2003/04		2004/05		2005/06		2006/07		Media	
	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)
Azuaga	0,10	0,08	0,13	0,11	0,10	0,08	0,11	0,09	0,11	0,09
Badajoz	0,22	0,18	0,19	0,15	0,23	0,18	0,22	0,18	0,21	0,17
Jerez C.	0,74	0,62	0,72	0,61	0,54	0,46	0,61	0,52	0,65	0,55
Zafra	0,32	0,26	0,26	0,21	0,24	0,20	0,29	0,24	0,28	0,23
Media anual	0,40	0,33	0,37	0,31	0,32	0,26	0,35	0,29	0,36	0,30

(1) animales/SDM (2) animales /SDE.

Tabla 6. Carga ganadera anual de montanera (animales/ha FCC-SDM) por zona

Zona	2003/04		2004/05		2005/06		2006/07		Media	
	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)
Azuaga	0,25	0,20	0,32	0,26	0,24	0,20	0,26	0,21	0,27	0,22
Badajoz	0,56	0,45	0,49	0,39	0,58	0,47	0,56	0,45	0,55	0,44
Jerez C.	1,52	1,29	1,49	1,26	1,12	0,94	1,27	1,07	1,35	1,14
Zafra	0,77	0,62	0,62	0,50	0,58	0,47	0,71	0,57	0,67	0,54
Media anual	0,93	0,76	0,87	0,71	0,74	0,61	0,82	0,67	0,84	0,69

(1) animales/SDM (2) animales /SDE.

Comparando estos datos con las limitaciones establecidas por la Norma de Calidad de cerdo ibérico para los productos de montanera y recebo (artículo 5 del Real Decreto 1469/2007) que limita a dos animales por hectárea en montanera, las cargas ganaderas obtenidas con los dos índices son bastante bajas por lo que las explotaciones no tienen para cumplir con la Norma de Calidad.

En la fase de montanera la principal aportación nutritiva al cerdo de tronco ibérico extensivo es la bellota (seis a ocho kg de bellota y día, 70 %) y la complementa con biomasa herbácea (1,5 y 2,0 kg/cerdo hierba al día, 30 %) (Olea *et al.*, 2006), la *tabla 6* muestra las cargas ganaderas tomando como referencia la parte de la dehesa ocupada por el arbolado. El índice más alto se obtiene en la zona de Jerez de los Caballeros con una media de 1,35 animales/ha-FCC-SDM y de 1,14 animales/ha-FCC-SDE, es decir, que en esta zona una hectárea cubierta por árboles de encinas o alcornoques producen alimentación en montanera para 1,35 y 1,14 cerdos respectivamente, siendo, con diferencia la zona más productiva, ya que las demás no llegan a un animal/ha-SDM FCC.

A pesar de que la SDE es la superficie real de las explotaciones declaradas en el Registro de Explotaciones de la Consejería de Agricultura y Desarrollo Rural de la Junta de Extremadura, los índices con SDM estiman de una manera más ajustada la superficie de montanera. Se han encontrado diferencias significativas entre ambos índices por zona. El grupo de mayor carga ganadera es el de Jerez de los Caballeros (próxima a 0,7 animales/ha-SDM), otro grupo homogéneo lo comprenden las zonas de Badajoz y Zafra. Por último el grupo de menor carga ganadera es la zona de Azuaga (0,1 animales/ha-SDM).

## CONCLUSIONES

Al estudiar un ambiente de gran perennidad y factores no fáciles de determinar, las conclusiones a deducir, incluso estudiando cuatro años, deben tomarse con las precauciones pertinentes.

1. En la producción de montanera destaca la zona de Jerez de los Caballeros con una producción media superior a los 100.000 animales/año, lo que supone el 58 % de los ani-

males de montanera del total provincial. Por otra parte las zonas de Castuera, Don Benito, Mérida y Herrera del Duque no llegan al 1%.

2. Dentro de las zonas de mayor producción de montanera, las de Badajoz y Jerez de los Caballeros son las que tienen mayor superficie de dehesa, seguida de Zafra y por último de Azuaga, siendo Jerez de los Caballeros la que mayor índice de FCC arbolada tiene con un 48,13%.
4. Existe bastante uniformidad en la producción anual de montanera entre los años estudiados, excepto en la montanera de 2005/06 con producciones bastante menores.
5. La carga ganadera de montanera media de la provincia de Badajoz es de 0,36 animales ha<sup>-1</sup> SDM, es decir se necesitan 3 ha de dehesa para producir un animal de montanera, destacando Jerez de los Caballeros con 0,7 animales ha<sup>-1</sup> SDM.
6. La carga ganadera de montanera considerando sólo la superficie de FCC alcanza un valor medio de 0,84 animales ha<sup>-1</sup> FCC, destacando Jerez de los Caballeros con 1,35 animales ha<sup>-1</sup> FCC.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DE PEDRO, E. 2001. Calidad de las canales y de los productos del cerdo Ibérico: técnicas de control y criterios de calidad. In: *Porcino Ibérico: aspectos claves*. Buxadé Carbó, C., Daza Andrada, A. Ed. Mundi-Prensa. Madrid. Pp 589-621.
- FERRER, C.; SAN MIGUEL-AYANZ, A.; OLEA, L. 2001. Nomenclátor Básico de Pastos en España. Sociedad Española para el Estudio de los Pastos (SEEP). Volumen XXXI (1). 10.
- MONTOYA, J.M. 1988. *Los alcornocales*. INIA. Madrid. 267 pp.
- OLEA, L., POBLACIONES, M.J., SANTAMARÍA, O. 2006. Evaluación de la producción de bellota y su distribución de caída del árbol en las dehesas del S.O. de Extremadura. *Sólo Cerdo Ibérico*, **16**, 47-51.
- ORTÍZ, C., A. MACIÁ, B. 2001. Los productos del cerdo ibérico y la salud. En: *Porcino Ibérico: aspectos claves*. Buxadé Carbó, C., Daza Andrada, A. Ed. Mundi-Prensa. Madrid. P 751-762. SEEP
- TORRENT, J.A. 1963. Montanera en los últimos diez años (1953-1962). *IV R.C. de la SEEP*. 69-71.
- VAZQUEZ, F.M., DONCEL, E., MARTÍN, D.; RAMOS, S. 1999. Estimación de la producción de bellotas de los encinares de la provincia de Badajoz en 1999. *Sólo Cerdo Ibérico*, **3**: 67-75.

## IBERIAN PIG IN MONTANERA PRODUCTION IN BADAJOZ (EXTREMADURA. SPAIN)

### SUMMARY

The aim of this study was define the montanera productive parameters (holm oak and cork acorn fruits) to determine the main productive areas in Badajoz (Extremadura). According to traditional regions and livestock census eight areas were selected. The areas with less than 1% of the total production of montanera pigs were rejected. Four years were studied (2003-2004 to 2006-2007) and Iberian pig in montanera slaughter in each municipal region. To define the montanera productive parameters was necessary to determine the dehesa area and the trees surface inside (FCC). For that we use two methods: own method area dehesa (SDM) and farming area dehesa (official) using the "Registro de Explotaciones de la Junta de Extremadura" declarations. Jerez de los Caballeros area is the most important with more than 57% of the Iberian pig in montanera from the total. With regard to dehesa surface, Badajoz and Jerez de los Caballeros stand out (the second with 48% of FCC). Average montanera regional stocking density is 0.36 head/ha-SDM, with Jerez de los Caballeros with the biggest with 0.7 head/ha-SDM.

**Key words:** dehesa, extensive pig, *Quercus*.

## CONSUMO DE BOJ BALEAR (*BUXUS BALEARICA* Lam. 1785) POR EL EXTINTO *MYOTRAGUS BALEARICUS* Bate 1909

J. BARTOLOMÉ<sup>1</sup>, C. RETUERTO<sup>2</sup>, X. MARTÍNEZ<sup>2</sup>, J. ANTONI ALCOVER<sup>3</sup>, P. BOVER<sup>3</sup>, J. CASSINELLO<sup>4</sup> y E. BARAZA<sup>5</sup>

### RESUMEN

El análisis microhistológico de diez coprolitos holocénicos (de hace probablemente menos de 7000 años) del extinto *Myotragus balearicus* hallados en la Cova Estreta (Pollença, Mallorca) confirman el carácter ramoneador de esta especie. En cada muestra se han contado algo más de 200 fragmentos vegetales, de los cuales el 69% corresponden a epidermis foliares. De estas, el 58% ( $\pm 14,8$  SD) pertenecen a *Buxus balearica*. El resto de fragmentos representan un máximo de siete especies. No se han encontrado restos de gramíneas. Estos resultados amplían estudios previos basados en análisis polínicos de los coprolitos de la misma Cova Estreta, en los que *Buxus balearica* alcanzaba una representación del 98%. Los datos actuales indican que si bien *Myotragus* en esta localidad y época se alimentaba mayoritariamente de esta especie, no lo hacía de forma exclusiva.

**Palabras clave:** herbivorismo, análisis microhistológico, análisis fecal, coprolitos, dieta

### INTRODUCCIÓN

*Myotragus balearicus* Bate 1909, es un pequeño artiodáctilo de la familia *Bovidae* (subfamilia *Caprinae*) endémico de Mallorca y Menorca (e islotes circundantes). Se extinguió hace probablemente unos 4200-4300 años, tras la llegada del hombre al archipiélago (Bover y Alcover, 2003, 2008). El género *Myotragus* evolucionó en condiciones de insularidad durante más de cinco millones de años (Plio-Pleistoceno) desarrollando algunas particularidades anatómicas y fisiológicas que, en ausencia de mamíferos depredadores, le permitieron adaptarse al proceso de mediterraneización de la vegetación. Se estima que los ejemplares de mayor tamaño superaban los 40 kg de peso y tenían una altura en la cruz de más de 45 cm. Su dentición, con incisivos de crecimiento continuo y molares sumamente hipsodontos con capas gruesas de esmalte, sugieren que su dieta debió ser de carácter sumamente abrasivo. Además su tasa de crecimiento se considera muy lenta, hasta el punto de haber podido ralentizar estacionalmente su desarrollo (Köhler y Moyà-Solà, 2009).

<sup>1</sup> Departament de Ciència Animal i dels Aliments. Universitat Autònoma de Barcelona, 08193 Bellaterra,

<sup>2</sup> IES La Serreta. Rubí (Barcelona);

<sup>3</sup> Departament de Biodiversitat i Conservació, Institut Mediterrani d'Estudis Avançats (CSIC-UIB), Cta de Valldemossa km 7.5, 07122 Palma de Mallorca;

<sup>4</sup> Instituto de Investigación en Recursos Cinegéticos (IREC), CSIC-UCLM-JCCM, Ronda de Toledo s/n, 13071 Ciudad Real;

<sup>5</sup> Departamento de Biología, Universidad de las Islas Baleares, 07122 Palma de Mallorca;

Es altamente probable que *Myotragus* tuviera un papel relevante en la dinámica de la vegetación.

Se dispone de abundantes restos fósiles de esta especie, incluyendo coprolitos depositados en diversas grutas y cavidades. Algunos de estos coprolitos fueron empleados para determinar la composición botánica de su dieta mediante análisis palinológicos (Alcover *et al.*, 1999). Los resultados mostraron que *Myotragus* era un herbívoro capaz de consumir grandes cantidades de boj balear (*Buxus balearica*), una especie rara en la actualidad, cuyas hojas contienen abundantes componentes tóxicos (e.g., Khuong-Huu *et al.*, 1996). La proporción de polen de esta especie en los coprolitos alcanzaba valores del 98%, sugiriendo que si esta fuera la proporción real de planta ingerida, estos animales tendrían que haber desarrollado una excepcional capacidad para detoxificar los compuestos secundarios del boj balear. Alcover *et al.* (1999) sugieren que la dieta documentada de *Myotragus* sería consecuencia de la falta de recursos que provoca la insularidad, fenómeno que habría forzado a los animales a alimentarse de esta especie, si bien señalan que se desconoce su grado de eurifagia. Dietas tan monoespecíficas como la descrita a partir del análisis palinológico de los coprolitos de *Myotragus* de la cova Estreta no se conocen en otros rumiantes, ni siquiera en las especies más selectivas. La diversificación de la dieta es una de las estrategias que siguen los caprinos para evitar episodios de toxicosis (Provenza *et al.*, 2003, Baraza *et al.* 2009).

En el presente trabajo se pretende conocer la dieta del *Myotragus* en determinadas circunstancias temporales y ambientales y se ha tratado de evaluar la posibilidad de que el análisis palinológico haya conducido a una sobreestimación del boj balear en su dieta. Se contemplan dos posibles factores que pueden conducir a dicha sobreestimación. En primer lugar la producción de polen varía considerablemente entre las especies vegetales y, en segundo lugar, existe la posibilidad de que el polen acumulado en las heces proceda, por lo menos en parte, de especies vegetales que el animal no hubiera consumido, sino que simplemente estuviera depositado sobre las plantas ramoneadas y hubiese sido ingerido con ellas. Para evitar el efecto de estos factores se ha estudiado la dieta a partir de los fragmentos de tejidos epidérmicos conservados en los coprolitos. Algunos autores, estudiando coprolitos de otros herbívoros extintos, han empleado el análisis polínico para caracterizar la vegetación del periodo y lugar donde se depositaron y el análisis microhistológico para determinar su composición botánica (e.g., Hansen, 1980; Mead *et al.*, 1986).

## MATERIAL Y MÉTODOS

Los diez coprolitos de *Myotragus balearicus* empleados en este estudio proceden de las campañas de excavación realizadas en los sedimentos de la Cova Estreta (Pollença, Mallorca) durante los años 1996 y 1997 (Encinas y Alcover, 1997). Los coprolitos fueron hallados junto a huesos de *Myotragus* cuya datación permitió asignar al conjunto una edad cercana a hace 7000 años (Alcover *et al.*, 1999).

El análisis microhistológico de las muestras se realizó siguiendo el procedimiento empleado por Stewart (1967) y Bartolomé *et al.* (1998) en heces de herbívoros actuales. Cada coprolito se lavó en agua destilada, se disgregó en un mortero y el material disgregado se digirió en ácido nítrico concentrado. Posteriormente el contenido se diluyó en agua destilada y se filtró a través de dos tamices de 1 mm y 0,125 mm de tamaño de poro. Con una submuestra del material recogido se montaron cuatro preparaciones microscópicas. Dos de las muestras se separaron antes del proceso de digestión en ácido con la finalidad de comprobar si este proceso implicaba una pérdida de material vegetal. En ambos casos las preparaciones se montaron simplemente con material disgregado, lavado con agua destilada y tamizado. Todas las preparaciones se observaron al microscopio óptico a 100 y 400 aumentos realizando transectos lineales hasta contabilizar unos 200 fragmentos vegetales por muestra.

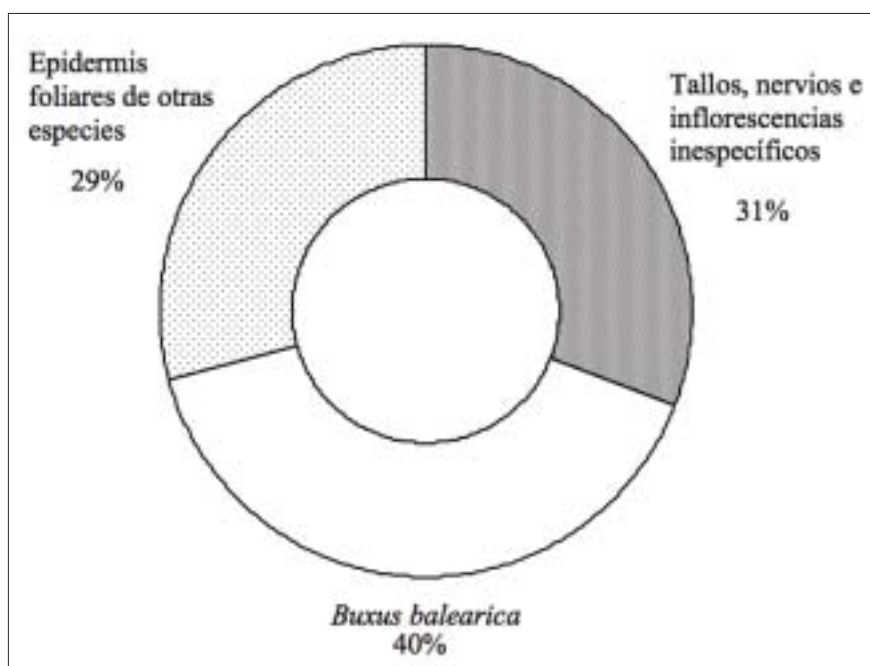
Para la caracterización microanatómica de las epidermis de *Buxus balearica* se recogieron

varias hojas de esta especie en dos localidades de la isla, una en la zona de Sa Capella Balva y la otra en el torrente Grog Blau (Escorca). Estas hojas se trituraron en un mortero y se prepararon siguiendo el mismo protocolo con que se habían preparado las heces. La epidermis de *Buxus balearica* se caracteriza por presentar células poligonales de pared gruesa, estomas isocíticos bien definidos mayores que las células epidérmicas y ausencia de tricomas.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados indican que el análisis microhistológico es una técnica adecuada para el estudio de este tipo de coprolitos. Las dos muestras que se prepararon sin digestión ácida (muestras 1 y 10) presentaron una composición similar al resto, pero la determinación de los fragmentos fue más laboriosa por la elevada presencia de material opaco en la preparación. Por ello el uso de ácido nítrico resultó apropiado para el análisis ya que no se perdió información y se facilitó la identificación.

En el conjunto de las diez muestras se contabilizaron 2063 fragmentos vegetales, el 69% de los cuales correspondía a epidermis foliares y el resto (31%) a tallos, nervios e inflorescencias de especies sin determinar (*Figura 1*). Dentro del grupo de epidermis foliares, el 58% ( $\pm 14,8$  SD) pertenecían a *Buxus balearica*. El resto de fragmentos procedían de un máximo de siete especies que aún no se han podido determinar pero que se diferencian perfectamente de *Buxus balearica*.



*Figura 1.* Representación porcentual de los fragmentos vegetales registrados en el conjunto de muestras analizadas

La *Tabla 1* muestra el número de fragmentos de epidermis foliares encontrados en cada muestra. Los fragmentos de *Buxus balearica* son mayoritarios en todas ellas aunque existe una gran variabilidad entre muestras, con un rango comprendido entre el 30% y el 82%. No es posible distinguir si esto se debe a cambios estacionales, a diferencias entre individuos o a diferencias dentro de un mismo individuo, pero esta variabilidad es habitual en rumiantes muy selectivos como puede ser en la actualidad el corzo, *Capreolus capreolus* (Bartolomé *et al.* 2002;

Hosey, 1981). La dominancia de *Buxus balearica* en la dieta daría soporte en parte al trabajo previo de Alcover *et al.* (1999) basado en el contenido de polen y en el que esta especie alcanzaba una representación del 98%. Sin embargo, en el presente estudio la representación de boj es mucho menor y la presencia de otras especies es más evidente. Cabe destacar el hecho de que no se encontró ningún fragmento de gramínea, hecho indicativo del marcado carácter ramoneador que presentaría esta especie.

Tabla 1. Tipos y número de fragmentos de epidermis foliares identificados en cada una de las muestras analizadas

	<i>Buxus balearica</i>	Tricomas articulados	Tricomas ramificados	Otros tricomas	Otras dicotiledóneas	TOTAL
Muestra 1	112	5	2	0	17	136
Muestra 2	82	6	8	2	36	134
Muestra 3	74	4	5	0	38	121
Muestra 4	80	30	17	4	19	150
Muestra 5	117	8	10	2	17	154
Muestra 6	76	21	23	1	31	152
Muestra 7	51	4	4	6	49	114
Muestra 8	55	10	77	2	38	182
Muestra 9	77	3	45	2	20	147
Muestra 10	99	0	0	0	39	138

## CONCLUSIONES

Se confirma que la técnica de análisis microhistológico basada en una digestión ácida de las muestras fecales es apropiada para el estudio de coprolitos de rumiantes del Holoceno.

De los resultados obtenidos se puede concluir que en la localidad de la Cova Estreta, hace más de 6000 años, *Myotragus balearicus* era un ramoneador que se alimentaba mayoritariamente, aunque no de forma exclusiva, de *Buxus balearica*. Al tratarse de una localidad concreta no puede generalizarse la tipología de la dieta de este herbívoro por lo que son necesarios nuevos estudios con material procedente de otras cavidades y épocas.

## Agradecimientos

Nuestro sincero agradecimiento a Blas Sánchez y Carmen Martínez por el trabajo realizado en el laboratorio durante la preparación de las muestras. Este estudio ha sido posible gracias a la financiación obtenida del Ministerio de Ciencia e Innovación para el proyecto CGL2010-22116 (subprograma BOS).

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALCOVER, J. A.; PÉREZ-OBIOL, R.; YLL, E.; BOVER, P. 1999., The diet of *Myotragus balearicus* Bate 1909 (Artiodactyla: Caprinae), an extinct bovid from the Balearic Islands: evidence from coprolites. *Biological Journal of Linnean Society* **66**, 57-74.
- BARAZA, E.; HÓDAR, J. A.; ZAMORA, R., 2009. Consequences of plant-chemical diversity for domestic goat food preference in Mediterranean forests. *Acta Oecologica*, **35**, 117-127
- BARTOLOMÉ, J.; PLAIXATS, J.; FRANCH, J.; SELIGMAN, N., 1998. Diet selection by sheep and goats on mediterranean heath-woodland range. *Journal of Range Management*, **51(4)**, 379-384.

- BARTOLOMÉ, J.; ROSELL, C.; BASSOLS, E., 2002. Diet composition of roe deer (*Capreolus capreolus*) in the natural park of the Garrotxa Volcanic Zone (Catalonia, Spain). *Pirineos*, **157**, 57-63
- BOVER, P.; ALCOVER, J.A., 2003. Understanding Late Quaternary Extinctions: the case of *Myotragus balearicus* Bate 1909. *Journal of Biogeography*, **30** (5), 711-721.
- BOVER, P.; ALCOVER, J.A., 2008. Extinction of the autochthonous small mammals of Mallorca (Gymnesic Islands, Western Mediterranean) and its ecological consequences. *Journal of Biogeography*, **35**, 1112-1122.
- ENCINAS, J. A.; ALCOVER, J.A. 1997., El jaciment fòssilífer de la Cova Estreta (Pollença, Mallorca). *Endins*, **21**, 83-92.
- HANSEN, R. M., 1980. Late Pleistocene Plant Fragments in the Dungs of Herbivores at Cowboy Cave. In *Cowboy Cave*, edited by J. D. Jennings, pp. 179-189. University of Utah Anthropological Papers Number 104. University of Utah Press, Salt Lake City, Utah, USA.
- HOSEY, G.R., 1981. Annual foods of the Roe deer (*Capreolus capreolus*) in the south of England. *Journal of Zoology* **194**, 276-278.
- KÖHLER, M.; MOYÀ-SOLÀ, S., 2009. Physiological and life history strategies of a fossil large mammal in a resource-limited environment. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, **106**(48), 20354-20358.
- KHUONG-HUU, F.; HERLEM-GAULIER, D.S.; KHUONG-HUU, M.Q.; STALISNAS, E.; GOUTAREL, R., 1996. Alcaloides de *Buxus balearica* Willd.; Cycloprotobuxine-D, Buxamine-E, Buxaminol-E, N-Isobutryl - Baleabuxidine-F, N-Benzoyl - Baleabuxidine-F, Baleabuxoxazine-C, N-Isobutryl - Baleabuxidienine-F, N-Benzoyl - Baleabuxodienine-F, N-Isobutryl - Baleabuxaline-F. *Tetrahedron* **22**, 3321-3327.
- MEAD, J. I.; AGENBROAD, L. D.; DAVIS, O. K; MARTIN, P. S., 1986. Dung of *Mammuthus* in the Arid Southwest, North America. *Quaternary Research*, **25**,121-127.
- PROVENZA, F.D.; VILLALBA, J.J.; DZIBA, L.E.; ATWOOD, S.B.; BANNER R.E., 2003. Linking herbivore experience, varied diets, and plant biochemical diversity. *Small Ruminant Research* **49**, 257-274.
- STEWART, D.R.M., 1967. Analysis of plant epidermis in faeces: a technique for studying the food preferences of grazing herbivores. *Journal of Applied Ecology* **4**, 83-111

## **BUXUS BALEARICA Lam. CONSUMPTION BY THE EXTINCT MYOTRAGUS BALEARICUS Bate**

### **SUMMARY**

Ten coprolites of *Myotragus balearicus* from cova Estreta (c.7000 years ago, Pollença, Mallorca) have been analysed. Their microhistological study confirms the browser behaviour of the species. From c.200 plant fragments counted for each sample, 69% are leaf epidermis. 58% ( $\pm 14.8$  SD) of them are *Buxus balearica*. The remaining fragments belong to a maximum of seven species; grasses were not found. These results are partly consistent with a previous study based on pollen analysis of coprolites from the same site, where *Buxus balearica* represents c.98%. The present research indicates that *Myotragus* browsed mostly *Buxus balearica* but not consumed it exclusively in cova Estreta at the Holocene.

**Key words:** herbivory, microhistological analysis, faecal analysis, coprolites, diet





# EL GANADO VACUNO EN EL MANTENIMIENTO Y RECUPERACION DE PASTOS EN AREAS ABANDONADAS. FERTILIZACIÓN Y DISPERSIÓN DE ESPECIES

M.J. LEIVA MORALES, J.M. MANCILLA LEYTON y A. MARTIN VICENTE \*

## RESUMEN

Se estudia el efecto del aporte de estiércol de vacuno (raza retinta) en la composición específica y producción de pastos anuales mediterráneos bajo dos situaciones: I) pastizales que son habitualmente utilizados por vacuno y caprino y II) pastizales que han estado abandonados al pastoreo durante los últimos 10 años. Los resultados preliminares indican notables diferencias en riqueza de especies, producción y biomasa relativa de distintos grupos funcionales de plantas entre la zona habitualmente pastada y la zona históricamente cerrada. La adición de estiércol de vacuno aumentó significativamente la riqueza de especies y la producción del pasto en la zona históricamente cerrada pero no en la zona habitualmente pastada, indicando un doble efecto del ganado como fertilizador del pasto y agente dispersor de semillas. Además la adición de estiércol aumentó significativamente la biomasa relativa de leguminosas lo que contribuye a la mejora de la calidad del pasto y de la producción a medio plazo.

**Palabras clave:** producción de pastos, riqueza específica, composición florística, grupos funcionales, endozoocoria.

## INTRODUCCIÓN

El pastoreo tiene importantes efectos en la composición, estructura y producción de las comunidades herbáceas a través principalmente de la modificación de las interacciones competitivas entre especies, la fertilización, la génesis de microperturbaciones por pisoteo y el trasiego de especies por dispersión endo y exozoócora. Cuando los pastos se abandonan durante periodos prolongados, muchas de las características mencionadas se ven modificadas, pero la capacidad de estas comunidades para recuperarse tras el retorno a la actividad pastoral no se ha explorado en profundidad. En la actualidad en que muchas zonas tradicionalmente pastorales se han abandonado al pastoreo o se están abandonando (Costa *et al.* 2006), es importante conocer la capacidad de recuperación de las comunidades herbáceas de cara a establecer estrategias para su conservación como base del sistema pastoral. En el presente estudio, parte de un proyecto sobre el papel del ganado caprino en la conservación del

---

\* Departamento de Biología Vegetal y Ecología. Universidad de Sevilla. Apartado de Correos 1095, 41080 Sevilla (España)

monte mediterráneo, se analiza el efecto del aporte de estiércol de vacuno sobre la producción, composición florística, riqueza específica y biomasa relativa de los grupos funcionales de plantas más representativos en los pastos anuales mediterráneos (gramíneas, compuestas, leguminosas, otras familias) en zonas que se pastan habitualmente por vacuno y caprino y en zonas que han estado excluidas al pastoreo durante más de 10 años.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Descripción del área de estudio

El estudio ha sido realizado en una explotación de titularidad privada situada en el T M de Villamanrique de la Condesa (37° 14´ 46´´ Norte, 6° 37´ 7´´ Oeste) en el Espacio Natural de Doñana. El clima en la zona es termomediterráneo atenuado (clasificación UNESCO-FAO) con una precipitación media anual de 560 mm y una temperatura media anual de 19,12°C. La altitud media es de 29 m con pendientes muy suaves (2 al 3 %). La zona se caracteriza por su simplicidad litológica, estando constituida fundamentalmente por Arenas Basales, sedimentos pertenecientes a la regresión Plioceno-Cuaternaria. Los suelos en las zonas estudiadas presentan textura arenosa en los primeros 30 cm y arenosa-franca a mayor profundidad (30 a 60 cm). La vegetación dominante en la finca es una formación mixta de pinar (*Pinus pinea* L.) – alcornocal (*Quercus suber* L.) resultado de una antigua repoblación de pinos. Dentro de esta formación se distingue: una zona relativamente cercana a los establos que está adehesada (ausencia de sotobosque leñoso) (Z1) y una zona algo más alejada que está matorralizada (con sotobosque leñoso y claros herbáceos) (Z5). La zona adehesada se viene pastando habitualmente por vacuno (110 hembras adultas en 350 ha aprox.) y caprino (300 hembras adultas). La zona matorralizada (adyacente a la primera y separada mediante un cercado), ha estado cerrada al pastoreo durante más de 10 años pero se ha abierto al pastoreo controlado por caprino (250 hembras adultas en 110 ha, 5 horas día<sup>-1</sup>) al comienzo del estudio.

### Diseño experimental

Para recoger fecas de vacuno con la mayor cantidad posible de semillas y a su vez determinar la cantidad de estiércol por unidad de superficie aportado por el ganado en la zona, a finales de primavera y comienzo del verano, cuando el pasto que consume el ganado ha semillado, se estableció un transecto de 5 x 100 m en la zona habitualmente pastada (Z1) en el que se marcaron unas 100 fecas recién producidas y se estimó la superficie media por feca. Al final del verano las fecas se pesaron individualmente y se recogieron para su posterior utilización en experimento de adición de estiércol en parcelas. Submuestras de este estiércol se pusieron a germinar en laboratorio comprobándose una elevada aparición de plántulas (430 plántulas /placa).

A principios del otoño (ciclo 2008/09) en cada zona de estudio se estableció un cercado (3 x 11 m) y se delimitaron 21 parcelas de 50 x 100 cm en las que se aplicaron aleatoriamente sendos tratamientos: 1) adición de estiércol a la dosis previamente encontrada en la zona (1700 g MS de estiércol por parcela, 2) Control o no adición de estiércol (7 replicas por tratamiento). A principios del otoño siguiente (ciclo 2009/2010) se establecieron nuevos cercados idénticos a los anteriores en ambas zonas y se aplicaron los mismos tratamientos. Las medidas de vegetación (frecuencia específica, riqueza de especies, producción anual y producción anual por especie) se realizaron en las primaveras de ambos ciclos anuales disponiéndose hasta el momento de dos medidas en las parcelas más antiguas (tratadas en 2008/09) y una medida en las parcelas más nuevas (tratadas en 2009/10).

Antes de comenzar el experimento se recogieron muestras de suelo en cada zona (5 muestras por cercado) a profundidades (0-30 y 30-60 cm) mediante sonda de 10 cm de

diámetro. Las muestras de un mismo cercado se mezclaron y se llevaron al laboratorio de suelos de la ETSIA de la Universidad de Sevilla para su análisis (*Tabla 1*).

*Tabla 1. Características químicas de los suelos de las dos zonas de estudio*

	pH	C.E. (μS/cm)	C orgánico (%)	N total (%)	P (mg/kg)K	(mg/kg)	CIC (me/100g)
<b>Z1</b>							
0-30	6,38	41,5	0,556	0,03357	0,7791	95,676	2,155
30- 60	6,61	19,2	0,522	0,01254	0,5665	59,07	1,181
<b>Z5</b>							
0-30	6,9	33,7	0,479	0,02979	0,6736	79,322	6,885
30- 60	7,08	23,9	0,452	0,01616	0,4914	68,561	4,308

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las características del suelo son muy similares en ambas zonas (*Tabla 1*), si bien el C orgánico, N total, P y K son ligeramente más elevados en Z1 que en Z5, mientras que la capacidad de intercambio catiónico es algo superior en Z5.

En la *tabla 2* se recogen las especies del pasto más abundantes en cada zona atendiendo a su biomasa relativa promedio (contribución de cada especie a la biomasa total de las distintas parcelas). Como se puede apreciar existen bastantes coincidencias entre zonas, especialmente en lo que respecta a las especies de gramíneas y de leguminosas.

La riqueza de especies al comienzo del estudio (2008/09) en las parcelas Control presentó diferencias significativas entre ambas zonas (U Mann-Withney= 2,  $P= 0,006$ ), sien-

*Tabla 2 Especies representativas en las dos zonas de estudio ordenadas por su biomasa relativa*

	Z1. habitualmente pastada	Z5. habitualmente cerrada
Gramíneas	<i>Brachipodium phoenicoides</i>	<i>Brachipodium phoenicoides</i>
	<i>Anthoxantum aristatum</i>	<i>Anthoxantum aristatum</i>
	<i>Chaetopogon fasciculatus</i>	<i>Vulpia membranacea</i>
	<i>Vulpia alopecuros</i>	<i>Vulpia alopecurus</i>
	<i>Avena barbata</i>	<i>Lolium multiflorum</i>
Compuestas	<i>Crepis vesicaria</i>	<i>Centaurea melitensis</i>
	<i>Tolpis umbellata</i>	<i>Carduus tenuiflorus</i>
	<i>Leontodon longirrostris</i>	<i>Chamaemelum mixtum</i>
	<i>Chamaemelum mixtum</i>	<i>Andryala arenaria</i>
	<i>Hypochaeris radicata</i>	<i>Tolpis umbellata</i>
Leguminosas	<i>Ornithopus sativus</i>	<i>Ornithopus compresus</i>
	<i>Ornithopus compresus</i>	<i>Trifolium arvensis</i>
	<i>Trifolium campestre</i>	<i>Trifolium tomentosum</i>
	<i>Ononis subspicata</i>	<i>Ornithopus sativus</i>
	<i>Trifolium tomentosum</i>	<i>Medicago polymorpha</i>
Otras	<i>Tuberaria macrosepala</i>	<i>Erodium aethiopicum</i>
	<i>Silene micropetala</i>	<i>Diplotaxis catholica</i>
	<i>Erodium aethiopicum</i>	<i>Plantago coronopus</i>
	<i>Plantago coronopus</i>	<i>Plantago lagopus</i>
	<i>Erodium botrys</i>	<i>Silene micropetala</i>

do la zona habitualmente pastada por vacuno, Z1, más rica en especies (22 spp/0,25m<sup>2</sup>) que la zona históricamente cerrada al pastoreo, Z5, (13,1 spp/0,25 m<sup>2</sup>) (Figura 1).

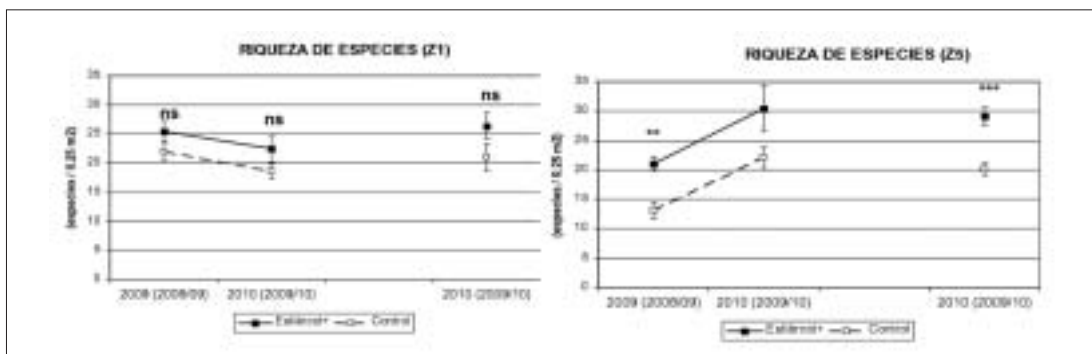


Figura 1. Producción del pasto (medias y barras de error). Se indica el año en que se realiza la medida y el año en que se aplica el tratamiento (entre paréntesis). \*\*\*P<0,0001, \*\* P< 0,001, \* P<0,5

En la zona habitualmente pastada (Z1) la riqueza de especies no respondió de forma significativa a la adición de estiércol ninguno de los años estudiados, mientras que en la zona históricamente cerrada (Z5) la adición de estiércol aumentó de forma significativa la riqueza de especies, tanto durante el ciclo 2008/09 como durante 2009/10. Sin embargo este aumento de la riqueza específica no fue duradero, pues al año siguiente (primavera de 2010) las diferencias entre tratamientos no llegaron a ser significativas (parcelas tratadas en 2008/09 y medidas en primavera de 2009).

Durante el primer año de estudio se han observado marcadas diferencias de producción entre ambas zonas (F= 19,01; P=0.001: comparaciones entre parcelas Control), siendo la producción en Z1 seis veces más elevada que en Z5 (Figura 2).

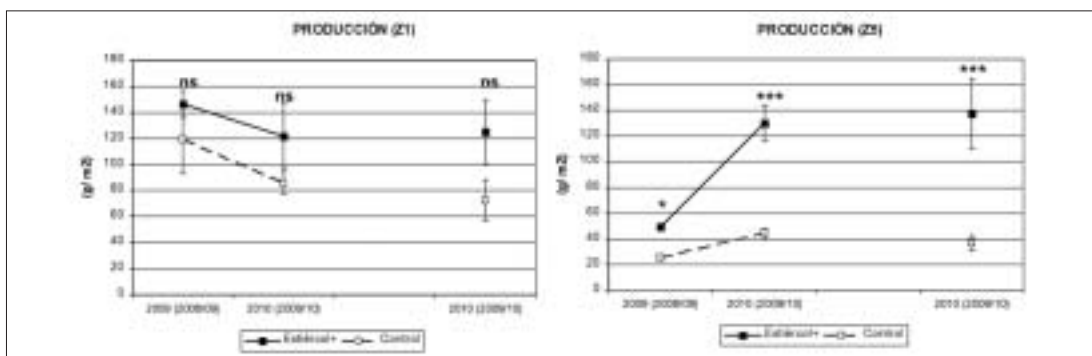


Figura 2. Riqueza de especies (medias y barras de error). Se indica el año en que se realiza la medida y el año en que se aplica el tratamiento (entre paréntesis)

En la zona habitualmente pastada (Z1) la adición de estiércol a las parcelas aumentó ligeramente la producción pero las diferencias respecto a las parcelas Control no son significativas en ningún caso. Por el contrario, en la zona históricamente cerrada al pastoreo (Z5) la adición de estiércol aumentó significativamente la producción del pasto, tanto en 2008/09 como en 2009/10, un efecto común en pastizales (ej. Aarons *et al* 2009). Es de destacar que en la zona históricamente cerrada (Z5) las parcelas con estiércol añadido presentaron una respuesta residual a este tratamiento más acusada al año segundo (ciclo 2009/10) que durante el propio año de aplicación (2008/09) (Figura 2), lo que puede estar relacionado con las mayores pre-

precipitaciones producidas durante el ciclo 2009/10 (783 mm) frente al ciclo 2008/09 (486 mm). Por otro lado, los cambios en la dominancia de distintos grupos funcionales de plantas en respuesta al tratamiento también pueden haber influido en estas diferencias (ver más abajo).

El efecto de la adición de estiércol sobre la biomasa relativa de los distintos grupos funcionales de plantas (Figura 3) fue parecido en ambas zonas: un aumento significativo de la biomasa relativa de "leguminosas", lo que se observa tanto en las parcelas tratadas en 2009 como en las tratadas en 2010 (Tabla 3). También se observa una tendencia a la reducción de la biomasa relativa de gramíneas, aunque las diferencias entre tratamientos no son significativas para este grupo (Tabla 3).

No obstante el aumento de leguminosas por adición de estiércol no es duradero a medio plazo, ya que las diferencias entre tratamientos se pierden al año siguiente de aplicar el tratamiento (parcelas tratadas en 2008/09 y medidas en primavera de 2010). Sin embargo el aumento de la producción de leguminosas durante el año de aplicación del tratamiento podría contribuir a explicar la mejora en la producción que se observa al año si-

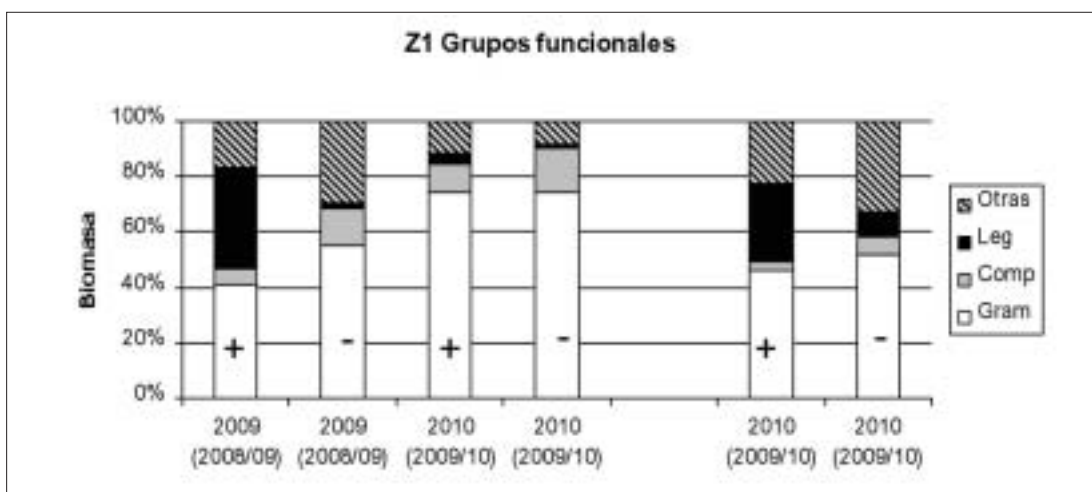


Figura 3a

Figura 3b

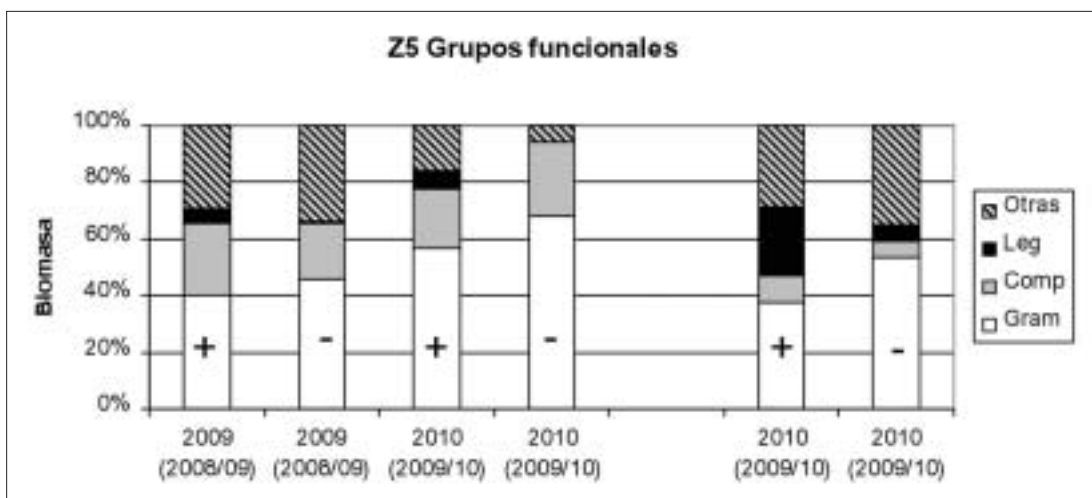


Figura 3a y b. Biomasa relativa promedio de distintos grupos funcionales de plantas en las dos zonas de estudio y bajo distintos tratamientos (+ con adición de estiércol, - control). Se indica el año en que se realiza la medida y el año en que se aplica el tratamiento (entre paréntesis). + estiércol añadido; - control.

guiente en la zona históricamente cerrada (Z5) (Figura 2), ya que la presencia de estas especies representa una fuente adicional de N para el sistema constituyendo sus restos un abonado "en verde" de amplio uso.

Tabla 3 Comparaciones de la biomasa relativa de distintos grupos funcionales entre ambos tratamientos (ANOVA)

(1)	Gramíneas	Compuestas	Leguminosas	Otras
<b>Z1. Pastada</b>				
2009(2008/09)	F= 2,85; P= 0,122	F=3,78; P=0,081	F=15,01; P= 0,003	F=2,53; P=0,14
2010 (2008/09)	F=0,03; P= 0,86	F=0,08; P= 0,398	F=2,30; P=0,155	F=0,28; P=0,61
2010 (2008/09)	F=0,19; P=0,67	F=2,39; P=0,148	F=4,10; P=0,07	F=1,22; P=0,29
<b>Z5. Cerrada</b>				
2009(2008/09)	F=0,31; P=0,59	F=0,31; P=0,59	F=13,6; P=0,003	F=0,22; P=0,65
2010 (2008/09)	F=1,95; P=0,187	F=0,44; P=0,52	F=3,07; P=0,105	F=9,69; P=0,01
2010 (2008/09)	F=1,4; P=0,259	F=0,72; P=0,412	F=5,86; P=0,032	F=0,26; P=0,62

<sup>1</sup>Año en que se realiza la medida (año en que se aplica el tratamiento)

## CONCLUSIONES

Se encontraron notables diferencias iniciales en riqueza de especies, producción y biomasa relativa de distintos grupos funcionales de plantas entre la zona habitualmente pastada por vacuno y caprino y la zona históricamente cerrada al pastoreo. La adición de estiércol de vacuno aumentó significativamente la riqueza de especies y la producción del pasto en la zona históricamente cerrada al pastoreo cuyos valores iniciales fueron inferiores, pero no en la zona habitualmente pastada, indicando un doble efecto del ganado como fertilizador del pasto y agente dispersor de semillas coincidiendo con otros trabajos (ej. Malo, y Suárez, 1995, Martín y Wilsey, 2006). Además la adición de estiércol aumenta significativamente la biomasa relativa de leguminosas lo que contribuye a la mejora de la calidad del pasto y a la producción a medio plazo.

## Agradecimientos

Este estudio ha sido financiado por la Consejería de Medio Ambiente (Junta de Andalucía) (2007/665)). Agradecemos a la sociedad Dehesa de Gato las facilidades prestadas y a Benjamín Ojeda y Elena Valdés su colaboración en los trabajos de campo y laboratorio.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AARONS, SR; O'CONNOR, CR.; HOSSEINI, HM.; GOURLEY, CJP, 2009. Dung pads increase pasture production, soil nutrients and microbial biomass carbon in grazed dairy systems. *Nutrient cycling in agroecosystems*, **84** (1), 81-92.
- COSTA, J.C.; MARTÍN-VICENTE, A.; FERNÁNDEZ-ALÉS R.; ESTIRADO-OLIET, M., 2006. Dehesas de Andalucía Caracterización Ambiental. Consejería de Medio Ambiente- Junta de Andalucía, Sevilla
- MALO, J.E.; SUÁREZ, F., 1995 Establishment of pasture species on cattle dung:the role of endozoochorous seeds *Journal of Vegetation Science* **6**, 169-174.
- MARTIN, L.M.; WILSEY, B.J., 2006. Assessing grassland restoration success: relative roles of seed additions and native ungulate activities. *Journal of Applied Ecology*, **43** (6), 1098-1109.

## THE ROLE OF CATTLE IN MEDITERRANEAN GRASSLANDS. MANURING AND PLANT DISPERSAL

### SUMMARY

This study address the effect of addition of cattle manure on species composition and production in Mediterranean grassland under two different management: I) grassland that are usually grazed by cattle and goats and II) grassland that have been protected against grazing during the last 10 years. Preliminary results indicate important differences in species richness, production and relative biomass of different functional groups of plants among the two grassland types. Manuring significantly increases species richness and productivity in the protected site but not in the usually grazed site suggesting an important role of cattle as fertilizer and dispersal agent. In addition manuring significantly increased the relative biomass of legumes what improve grassland quality and productivity in the medium term.

**Key words:** grassland production, species richness, species composition, functional groups, endozoochory.





# PASTOREO POR CAPRINO EN ZONAS ABANDONADAS EN EL ESPACIO NATURAL DE DOÑANA. PRODUCCIÓN Y COMPOSICIÓN DE PASTOS

M.J. LEIVA MORALES, J.M. MANCILLA LEYTON y A. MARTÍN VICENTE \*

## RESUMEN

Se analizan los efectos del pastoreo controlado por caprino sobre el pasto en una zona previamente abandonada durante más de 10 años y cubierta de matorral. El estudio se ha realizado durante 3 años en una explotación cercana al litoral onubense (Espacio Natural de Doñana) con suelos de marcada oligotrofia. Se han incluido cinco enclaves correspondientes a claros herbáceos (pastos anuales) en la zona con abundante matorral, y un enclave en una zona adyacente, adhesionada y desprovista de matorral. Los resultados reflejan un escaso efecto de la reintroducción del caprino sobre la producción del pasto en todos los enclaves excepto en el más desfavorecido (E4), con mayor dominancia inicial de matorral. El consumo de pasto ha sido escaso en la mayoría de los enclaves y solo significativo en dos de ellos (E1 y E3), los de mayor producción promedio durante los tres años. Los cambios más notables detectados en el estrato herbáceo se relacionan con un aumento en la cobertura del pasto en todos los enclaves y una reducción proporcional en la cantidad de suelo descubierto. Gramíneas y compuestas han sido los grupos funcionales más favorecidos por la reintroducción del ganado.

**Palabras clave:** pastoreo controlado, espacios protegidos, pastos mediterráneos.

## INTRODUCCIÓN

El ganado caprino no ha gozado hasta la fecha de una consideración general muy favorable por sus efectos negativos ligados a sobrepastoreo en montes y zonas forestales. Sin embargo en la actualidad se reconoce su papel en la conservación de los ecosistemas mediterráneos manteniendo hábitats de especies amenazadas, conservando comunidades de pastos genuinas (Dostálek y Frantík, 2008) o reduciendo el riesgo de incendios (Ruiz-Mirazo *et al.*, 2009). Además, en la actualidad, en que muchas zonas tradicionalmente pastorales se han abandonado o se están abandonando (Costa *et al.*, 2006), este tipo de ganado, bien gestionado, puede contribuir a recuperar y/o mantener el valor pastoral en estos espacios (Hart, 2002).

En los arenales cercanos a la costa de la provincia de Huelva son frecuentes las formaciones mixtas de pino (*Pinus pinea* L) y alcornoque (*Quercus suber* L) sobre suelos po-

---

\* Departamento de Biología Vegetal y Ecología. Universidad de Sevilla. Apartado de Correos 1095, 41080 Sevilla (España)

bres. La ganadería, la apicultura, la caza menor y la explotación de madera y corcho son los principales aprovechamientos en estas formaciones. El presente estudio, que forma parte de una investigación más amplia sobre el efecto del caprino en los distintos estratos de vegetación del monte Mediterráneo, se ha desarrollado durante tres años. Sus objetivos principales son analizar los cambios en el pasto (producción, cobertura, contribución relativa de distintos grupos funcionales) tras la reintroducción del caprino en una zona abandonada. El estudio es continuación de otro anteriormente presentado (Leiva *et al.*, 2009).

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Descripción del área de estudio

El estudio ha sido realizado en una explotación situada en el T.M. de Villamanrique de la Condesa (37° 4' 6" N, 6° 77' 7" O). El clima en la zona es termomediterráneo atenuado (clasificación UNESCO-FAO) con una precipitación media anual de 560 mm y una temperatura media anual de 19,12°C. La altitud media es de 29 m con pendientes muy suaves (2 al 3 %). La zona se caracteriza por su simplicidad litológica, constituida fundamentalmente por Arenas Basales, sedimentos pertenecientes a la regresión Plioceno-Cuaternaria. La vegetación dominante en la finca es una formación mixta de pinar (*Pinus pinea* L.) – alcornoque (*Quercus suber* L.), resultado de una antigua repoblación. Dentro de esta formación se distingue una zona relativamente cercana a los establos que está adehesada (ausencia de sotobosque leñoso) y una zona algo más alejada que está matorralizada (con sotobosque leñoso y claros herbáceos). En esta última zona es donde se ha realizado el grueso del estudio. Adyacente a la primera (separada mediante un cercado), ha estado abandonada durante más de 10 años abriéndose al pastoreo controlado por caprino al comienzo del estudio (250 hembras adultas en 110 ha, 5 horas día<sup>-1</sup>). El estudio se ha hecho extensivo a la zona adehesada donde se ha incluido un enclave.

### Diseño experimental

Para la realización del estudio se seleccionaron parcelas de 0,25 ha en seis enclaves de la explotación. Uno se estableció en la zona adehesada (E1). Los cinco restantes (E2 al E6) en la zona matorralizada en claros herbáceos. Los enclaves E2 al E6 han sido discriminados por presentar diferencias en la composición del matorral (aspecto sustancial en el conjunto del proyecto). Además, el enclave E4 presentaba inicialmente una mayor dominancia de matorral y menor densidad de claros herbáceos que los restantes. El resto de las características son muy similares en todos los enclaves.

En octubre de 2007, antes de las lluvias otoñales, se establecieron cinco cercas móviles (1,20x1,20 m de superficie y altura de 1,50 m) por enclave (30 cercas en total). Durante los tres años de estudio las cercas han sido rotadas a comienzo del otoño. Se han mantenido cerradas al ganado durante el ciclo anual con objeto de analizar la producción evitando el consumo por los animales. Las características de marcada oligotrofia de estos pastos no aconsejaban la realización de rotaciones más cortas.

La composición y cobertura del pasto se ha medido cada año en primavera (método de intercepción puntual) en líneas de 170 cm de longitud tanto en el interior como en el exterior de cada cerca (60 líneas en total). La biomasa aérea del pasto se ha cosechado anualmente en primavera en subparcelas de 50 x 50 cm, tanto dentro de los cercados como fuera. Las muestras han sido secadas en estufa (80°C, 48 h) y pesadas. Las diferencias entre zonas se han analizado mediante ANOVA y test de comparaciones a posteriori (Bonferroni), (SPSS 14.0).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Producción

Al comienzo del estudio (primer año), cuando el pasto en los cercados no había sido pastado en los últimos 10 años, se encontraron diferencias (*Tabla 1*) significativas de producción entre enclaves ( $F= 3,78$ ;  $P= 0,006$ ) pero solo dos de ellos fueron responsables de estas diferencias: E3, con la producción más elevada, y E4 con la menor producción. El resto de los enclaves, con valores intermedios, no se diferenciaron significativamente.

Las diferencias temporales de producción, analizadas individualmente en cada uno de los enclaves (comparación entre años), no fueron significativas en la mayoría de los casos, con excepción de E4, el enclave con la menor producción inicial que fue ganando en producción durante los dos años siguientes (cuando los pastos habían sido previamente pastados el/los año/s anterior/es).

Como resultado de la falta de diferencias temporales en la mayor parte de enclaves el análisis de la varianza conjunto (seis enclaves x tres años de estudio.  $F= 3,16$ ;  $P< 0,001$  modelo general) indica una alta significación del factor "sitio" ( $F= 7,3$ ;  $P< 0,001$ ) pero sin efecto significativo del factor "año de estudio" ni de la interacción entre ambos factores.

*Tabla 1. Producción (g/m<sup>2</sup>) de pastos en cercados. Valor medio (n=5) por enclave (± error estándar). Distinta letras indican diferencias significativas entre enclaves ( $P< 0,05$ ) al comienzo del estudio (primera fila). En las dos últimas filas se comparan las diferencias temporales de producción en cada enclave*

Enclaves	E3	E1	E6	E2	E4	E5
2007/08	97,9(±25) <sup>a</sup>	76,2(±7,2) <sup>ab</sup>	78,4(±24) <sup>ab</sup>	42,1(±8) <sup>ab</sup>	9,5(±1,4) <sup>b</sup>	43,5(±19) <sup>ab</sup>
2008/09	95,6(±20)	64(±7,7)	87,3(±25,9)	51,9(±5,5)	32,9(±5,4)	20,1(±5,2)
2009/10	62,2(±5,7)	91(±25)	25,1(±10,3)	41,7(±4,2)	63,4(±7,5)	29,2(±7,4)
	F= 0,91	F= 1,08	F=0,42	F= 0,69	F=31,69	F=0,76
	P= 0,42	P= 0,37	P=0,66	P=0,51	P<0,001	P=0,48

### Consumo

El consumo de pasto en los distintos enclaves se ha estimado indirectamente por la diferencia entre la producción anual en los cercados y la biomasa primaveral (final del ciclo de crecimiento del pasto) en el exterior. Este valor es solo aproximado ya que el pasto que está siendo consumido (exterior de los cercados) puede presentar un crecimiento compensatorio respecto al pasto del interior. No obstante puede darnos una idea comparativa entre zonas. En la *Tabla 2* se muestran las diferencia de biomasa media entre el interior y el exterior de los cercados y se indica si la comparación entre ambos tratamientos en cada enclave y año es o no significativa (no se han podido incluir los valores de 2008/09).

*Tabla 1. Diferencias de biomasa media (g/m<sup>2</sup>) en primavera entre el interior y el exterior de los cercados. Se indica la significación de las diferencias entre ambos tratamientos (\*\*\*)  $P< 0.001$ , \*  $P< 0.05$ )*

Enclaves	E1	E2	E3	E4	E5	E6
2007/08	40,0***	9,0 ns	57,9*	2,0 ns	35,8 ns	32,5 ns
2009/10	5,8 ns	-1,6 ns	17,0*	17,5 ns	-8,7 ns	-28,2 ns

Como se puede observar solo en los enclaves E1 y E3 se encontraron diferencias significativas entre ambos tratamientos. Es de destacar que estos son los enclaves con mayor producción promedio en el conjunto de los tres años de estudio (Figura 1) y que en E1 (zona adhesionada) la significación es mayor que en E3 (zona de matorral) aunque el consumo es similar.

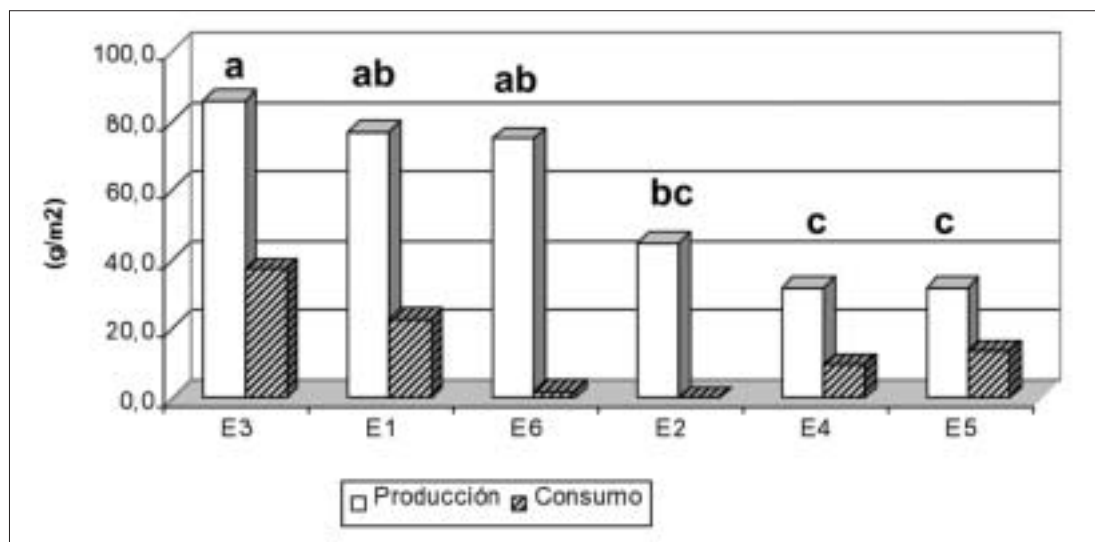


Figura 1. Producción promedio en las cercas durante los tres años estudiados (letras distintas indican diferencias significativas entre enclaves) y consumo promedio, estimado como las diferencias de biomasa entre cercas y exterior.

### Cobertura y composición del pasto

Respecto a la cobertura del pasto y su distribución en grupos funcionales (gramíneas, compuestas, leguminosas y "otras") (Figura 2) durante el primer año de estudio la proporción de suelo descubierto (desprovisto de pasto) fue muy elevada en todos los enclaves, especialmente en el exterior de los cercados, destacando E4 por su mayor proporción de suelo sin vegetación. Las gramíneas fueron las más abundantes en la mayoría de los enclaves, seguidas por especies en "otras familias" y compuestas. La cobertura de leguminosas fue notablemente baja en todos los enclaves y solo apreciable en E2 en el interior de los cercados. Durante el segundo y tercer año de estudio se redujo notablemente la cantidad de suelo descubierto, sobre todo en el interior de los cercados pero también en el exterior, aumentando proporcionalmente la cobertura de gramíneas en primer lugar y compuestas en segundo lugar. La cobertura de leguminosas fue algo más elevada el segundo año pero volvió a reducirse durante el tercero. El aumento observado en la cobertura de gramíneas es coherente con el escaso consumo de pasto por el ganado estimado durante este estudio. En pastos secos utilizados por caprino se ha encontrado que menos de un 10% de la biomasa consumida corresponde a gramíneas mientras que un 80% corresponde a matorral (Mellado *et al.*, 1991). La ganancia general en cobertura del pasto y la reducción de suelo sin vegetación observada durante el transcurso de este estudio puede estar relacionada con un mejor establecimiento de las plantas por dispersión endozoócora del ganado caprino (Malo y Suárez, 1996).

### CONCLUSIONES

La reintroducción del caprino en el conjunto de la zona estudiada produjo un escaso efecto general sobre la producción del pasto tras tres años, aunque sí aumentó significativamente su producción en el enclave más desfavorecido (E4), con mayor dominancia inicial de matorral. El

Figura 2a

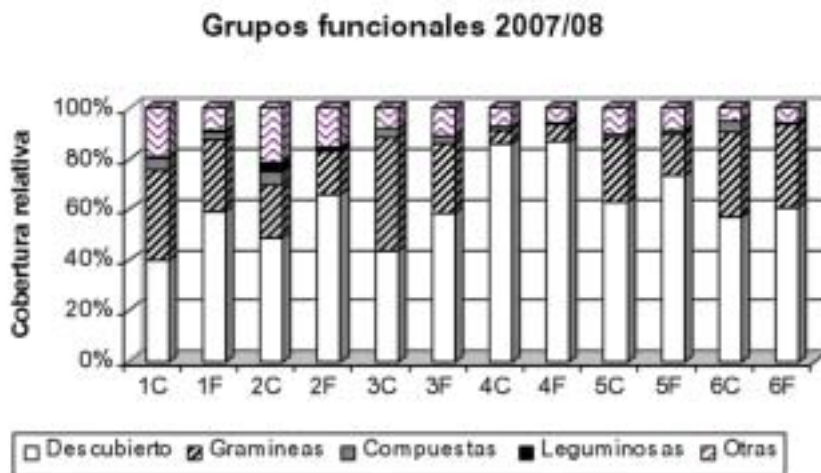


Figura 2b

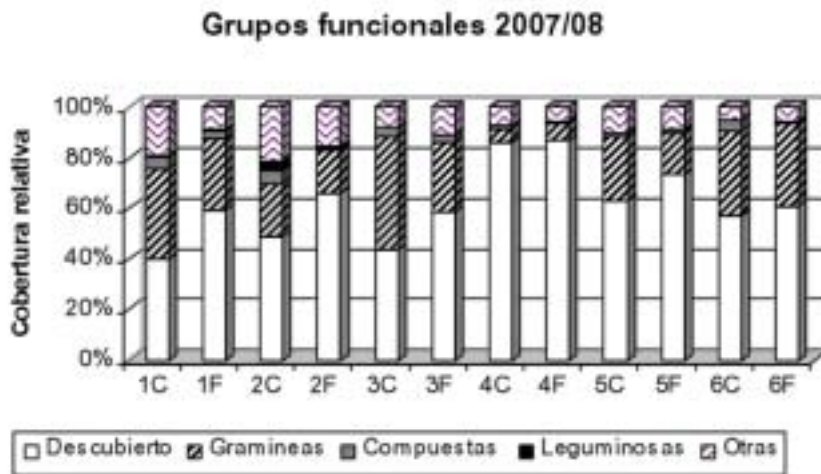


Figura 2c

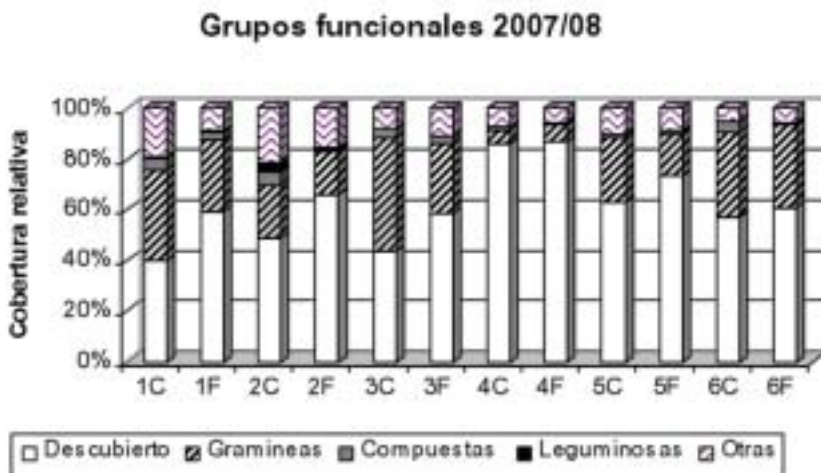


Figura 2. Cobertura media de los distintos grupos funcionales de plantas y de suelo descubierto (sin vegetación) en los distintos enclaves (1-6). (C) Interior, (F) exterior de los cercados.

consumo de pasto estimado ha sido escaso en la mayoría de los enclaves y solo significativo en dos de ellos (E1 y E3), los de mayor producción promedio en los tres años de estudio. Los cambios más notables en los pastos estudiados se relacionan con un aumento de la cobertura herbácea en todos los enclaves y una reducción proporcional en la cantidad de suelo desprovisto de vegetación. “Gramíneas” y “Compuestas” han sido los grupos más favorecidos por la reintroducción del caprino mientras que las “Leguminosas” no han mostrado esta tendencia.

### Agradecimientos

Este estudio ha sido financiado por la Consejería de Medio Ambiente (Junta de Andalucía) (2007/665). Agradecemos a “Sociedad Gato” las facilidades prestadas. A Clara Parejo y Rocío Ayesa su colaboración en los trabajos de campo y laboratorio.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- COSTA, J.C.; MARTÍN-VICENTE, A.; FERNÁNDEZ-ALÉS R.; ESTIRADO-OLIET M., 2006. Dehesas de Andalucía Caracterización Ambiental. Consejería de Medio Ambiente- Junta de Andalucía, Sevilla.
- DOSTÁLEK, J.; FRANTÍK, T., 2008. Dry grassland plant diversity conservation using low-intensity sheep and goat grazing management: case study in Prague (Czech Republic) *Biodivers Conserv* **17**:1439–1454
- HART, S.P.; 2002. Recent perspectives in using goats for vegetation management in the USA. *Journal of Dairy Science* **84** (suppl.), 170-176
- LEIVA MORALES M.J.; AYESA RODRIGUEZ R.; MANCILLA LEYTON J.M., 2009. Efecto del pastoreo de caprino y vacuno en pastos oligotrofos del Espacio Natural de Doñana. En: *La multifuncionalidad de los pastos: Producción ganadera sostenible y gestión de los ecosistemas* R.V. Reiné; O. Barrantes Díaz ; A. Broca y C. Ferrer Benimelli (Co).SEEP. Huesca 141-147.
- MALO, J.E.; SUÁREZ, F., 1996. New insights into Pasture Diversity: The Consequences of Seeds Dispersal in Herbivore Dung. *Biodiversity letters* **3**, 54-57.
- MELLADO, M.; FOOTE, R.H.; RODRIGUEZ, A.; ZAPATA, P. 1991. Botanical composition and nutrient content of diets selected by goats grazing on desert grasslands in northern Mexico. *Small Ruminants Research*, **6**, 141-150.
- RUIZ-MIRAZO, J.; ROBLES, A.B.; GONZÁLEZ-REBOLLAR, J.L., 2009. Pastoralism in Natural Parks of Andalusia (Spain): a tool for FIRE prevention and the naturalization of ecosystems. *Options Méditerranéennes, Series A* **91**, 141-144.

## GOAT GRAZING ON ABANDONED AREAS IN DOÑANA NATURAL AREA. GRASSLANDS PRODUCTIVITY AND SPECIES COMPOSITION

### SUMMARY

This study focuses on the effect of controlled goat grazing on abandoned grassland. It has been conducted along 3 years in a ranch close to the Huelva shore (Doñana Natural Area) on very oligotrophic soils. The experimental design includes 5 sites (E2 –E6) on herbaceous patches within a shrubland-dominated area and one more site (E1) within an herbaceous “dehesa” without shrubs. Results indicate a low effect of goat grazing on grassland production except for one site (E4) where shrubs were more abundant at the beginning of the study. Grassland consumption was low in most sites and was only significant in the more productive sites (E1 and E3). The most important changes in the herb layer induced by 3-years goat activity were an increase in grassland cover and a decrease in bare soil. Grasses and Composites were the functional groups that increased more after grazing reestablishment.

**Key words:** controlled grazing, protected areas, Mediterranean grassland

## AVERSIÓN CONDICIONADA A HOJAS DE OLIVO EN OVINO

C.L. MANUELIAN, E. ALBANELL, A.A.K. SALAMA y G. CAJA \*

### RESUMEN

Se estudió el efecto del cloruro de litio (LiCl) para producir aversión a hojas de olivo en ovino. Para ello se utilizaron 10 ovejas de raza Manchega que se asignaron a 2 grupos experimentales en los que se midió el consumo de hojas de olivo (alimento nuevo) ofrecido con o sin administración individual post-ingestión de una solución de LiCl (0,2 g/kg PV). Durante la creación de la aversión (6 días) las ovejas se alojaron en jaulas individuales y se alimentaron con heno de festuca ad libitum. Se comprobó la memoria de la aversión mediante test puntuales de 10 min cada 14 días hasta los 130 días, sin nueva dosificación de LiCl. El consumo de hojas de olivo en el grupo aversión fue prácticamente nulo durante los primeros 70 días e inferior al del grupo control durante todo el experimento ( $P < 0,05$ ) y el comportamiento alimenticio de ambos grupos difirió marcadamente. El método se considera de interés en situaciones de pastoreo selectivo y para evitar el uso de herbicidas en cultivos ecológicos.

**Palabras clave:** aprendizaje, cloruro de litio, oveja

### INTRODUCCIÓN

Los rumiantes son capaces de ingerir un número muy elevado de especies vegetales en estados de desarrollo y con valores nutritivos muy variables. La selección de la ingesta está determinada fundamentalmente por las características del animal (necesidades, estado fisiológico...) y del alimento (características, presencia de factores antinutritivos...), pero otros aspectos, como el aprendizaje de las madres, la interacción con el rebaño y el entorno (Thorhallsdottir *et al.*, 1987; Mirza y Provenza, 1994) o la aversión (Provenza *et al.*, 1994; Provenza 1995, 1996), pueden tener efectos muy marcados. Cuando, tras la ingestión de un alimento, el animal siente malestar o sensación de náuseas, se produce un proceso de adquisición de una aversión condicionada y como consecuencia, deja de consumir dicho alimento. Provenza (1995) ha indicado que el aprendizaje puede así ser utilizado para condicionar la selección de alimento de los herbívoros. La disminución del consumo de un alimento es resultado de la combinación de las características organolépticas (olor, sabor, textura, flavor) y de los efectos post-ingestión, según el estado fisiológica del animal y las características químicas del alimento (Provenza, 1996).

---

\* Grup de Recerca en Remugants (G2R), Departament de Ciència Animal y dels Aliments, Facultat de Veterinària, Universitat Autònoma de Barcelona, 08193 Bellaterra, Barcelona.

Uno de los productos más utilizados para crear aversión (Ralphs y Provenza, 1999; Ralphs *et al.*, 2001) es el cloruro de litio (LiCl) que es inocuo a dosis bajas (Prien *et al.*, 1971), fácil de dosificar y soluble en agua. Tras su ingestión se activa el sistema emético, lo que produce una sensación de náuseas de la que se recupera rápidamente (Burritt y Provenza, 1989; Provenza, 1995). La dosis efectiva en pequeños rumiantes se sitúa entre 0,15-0,20 g/kg PV (du Toit *et al.*, 1991; Egber *et al.*, 1999). La aversión producida llega a mantenerse durante 9 meses y, en caso de olvido, puede restablecerse con una nueva dosis de LiCl (Burritt y Provenza, 1990; Doran *et al.*, 2009).

El objetivo de este trabajo fue estudiar, en ganado ovino y en condiciones de granja experimental, la posibilidad de generar aversión hacia un alimento nuevo, hojas de olivo en este caso, mediante la utilización de LiCl y valorar la persistencia de dicha aversión para su aplicación en la práctica.

## MATERIAL Y MÉTODOS

El ensayo tuvo lugar en primavera-verano de 2009 en la granja experimental de SGCE (Servei de Granges i Camps Experimentals) de la Universidad Autònoma de Barcelona en Bellaterra (Barcelona). Los procedimientos de trabajo y seguimiento del bienestar animal del estudio fueron aprobados por el Comité de Ética de Experimentación Animal y Humana de la Universitat Autònoma de Barcelona (CEEAH, referencia 998).

Se utilizaron un total de 10 ovejas, vacías y secas, de raza Manchega (63,7 kg  $\pm$  3,5 kg PV). Las ovejas pastaron en una pradera cultivada de raygrás italiano (*Lolium multiflorum* Lam.) durante 6 h/d y recibieron festuca (*Festuca arundinacea* Schreb.) deshidratada de fibra larga "ad libitum" en el aprisco. Como complemento dispusieron de un bloque comercial de sal y microminerales y tuvieron acceso permanente a agua en el aprisco.

### Creación de la Aversión Condicionada

Las ovejas fueron distribuidas al azar en 2 grupos de 5 animales y alojadas en jaulas individuales (1,10 m x 2,00 m) durante la aplicación de los tratamientos: Control (C) y Aversión (AV). Se impidió el contacto visual entre ovejas de distintos tratamientos y se consideró 1 semana de adaptación a las jaulas. La alimentación se basó en festuca deshidratada ad libitum, suministrada una vez al día (13:00 h).

Las hojas de olivo fueron recogidas al final de la campaña de la aceituna de la denominación de origen Siurana (enero 2009) en la cooperativa agrícola de La Palma d'Ebre (Tarragona). Las hojas se secaron y almacenaron a temperatura ambiente.

Durante el experimento se pesó y se eliminó diariamente el residuo de festuca de los comederos, y se ofreció a cada oveja 400 g de hojas secas de olivo (alimento nuevo) durante 1 hora (9:00-10:00 h). La ingestión de hojas de olivo se midió por diferencia de peso y se observó el comportamiento de los animales durante el tiempo de oferta. Los animales del grupo AV que consumieron hojas de olivo recibieron LiCl (Panreac, Castellar del Vallés, Barcelona) mediante una pistola de dosificación oral de 200 mL (Pimex, Abadiño, Vizcaya), inmediatamente después de la ingestión de las hojas de olivo, a una dosis de 0,20 g LiCl/kg PV disuelto en 100 mL de agua destilada. Paralelamente, a todos los animales del grupo C y a los del AV que no consumieron hojas de olivo, se les administró un tratamiento blanco de 100 mL de agua con la finalidad de eliminar el efecto condicionado producido por el uso de la pistola. Al finalizar el período de creación de aversión condicionada, los animales volvieron al rebaño, donde no tuvieron acceso a hojas de olivo.

### Evaluación de la Memoria de la Aversión

Los ensayos de memoria se realizaron a los 23, 24, 42, 58, 72, 87, 101, 116 y 130



días. Para ello las ovejas inmovilizadas individualmente en un cornadizo autoblocante, ofreciéndoles hojas de olivo (400 g) en cajas plásticas de 30 cm x 30 cm x 20 cm durante 10 min. El consumo del olivo se midió por diferencia de peso y los animales liberados al final de cada ensayo. No se administró LiCl a las ovejas del grupo AV que consumieron hoja de olivo.

Para el análisis estadístico se utilizó el PROC MIXED (SAS v. 9.1; SAS Inst. Inc, Cary, North Carolina, USA), tanto en el experimento de aversión condicionada como en las pruebas de memoria de la aversión. El modelo incluyó: grupo, día, grupo x día y el error. Las diferencias entre medias se compararon mediante un test LSD.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Creación de la Aversión Condicionada

En el primer día de la creación de la aversión no se observaron diferencias significativas en el consumo de hojas de olivos entre los grupos (*Tabla 1*). El aumento progresivo del consumo de olivo del grupo C durante los primeros días indicó la aceptación paulatina del nuevo alimento y un comportamiento neofóbico de las ovejas frente al nuevo alimento, tal como se ha descrito previamente en pequeños rumiantes (Van Tien *et al.*, 1999; Villalba y Provenza, 2000). Las ovejas del grupo AV, después de probar escasamente el nuevo alimento el primer día y tras recibir la dosis de LiCl, se negaron a volver a consumir la hoja de olivo en los días siguientes (*Tabla 1*).

*Tabla 1. Ingestión de hojas de olivo (g) durante la fase de creación de la aversión en ovejas (media ± ES)*

Días	Grupo	
	Control	Aversión
1	9,6 ± 3,6 <sup>ax</sup>	24,0 ± 11,0 <sup>a</sup>
2	8,4 ± 9,4 <sup>ax</sup>	0,0 ± 0,0 <sup>b</sup>
3	8,0 ± 4,7 <sup>ax</sup>	0,0 ± 0,0 <sup>b</sup>
4	33,6 ± 17,9 <sup>ay</sup>	0,0 ± 0,0 <sup>b</sup>
5	101,2 ± 36,6 <sup>az</sup>	0,0 ± 0,0 <sup>b</sup>
6	165,6 ± 23,2 <sup>az</sup>	0,0 ± 0,0 <sup>b</sup>

a,b: en fila, valores con diferente subíndice difieren ( $P < 0,05$ )

x,y,z: en columna, valores con diferente subíndice difieren ( $P < 0,05$ )

La marcada diferencia en la ingestión de hojas de olivo entre ambos grupos ( $P < 0,05$ ), demuestra la efectividad del LiCl para crear la aversión a hojas de olivo. Al finalizar el periodo de la creación de la aversión, se constató una aversión total hacia las hojas de olivo en el grupo AV (*Figura 1*). Los efectos fueron mas marcados que los observados, también en caprino, por Barbosa *et al.*, 2008 (28% de las cabras necesitaron una segunda dosis de 100 mg/kg PV de LiCl) y por Gorniak *et al.*, 2008 (30% de las cabras necesitaron una segunda dosis de 130 mg/kg PV de LiCl) para conseguir una aversión efectiva frente a *Mascagnia rigida* L. y *Leucaena leucacephala* Lam. respectivamente, que podrían explicarse por la dosis mayor utilizada en nuestro estudio.

Se observaron grandes diferencias en el comportamiento alimenticio de las ovejas en función del tratamiento. Así, las ovejas del grupo C se acercaban a la caja y comían rápidamente las hojas de olivo, mientras que las del grupo AV no se acercaban a la caja, o bien

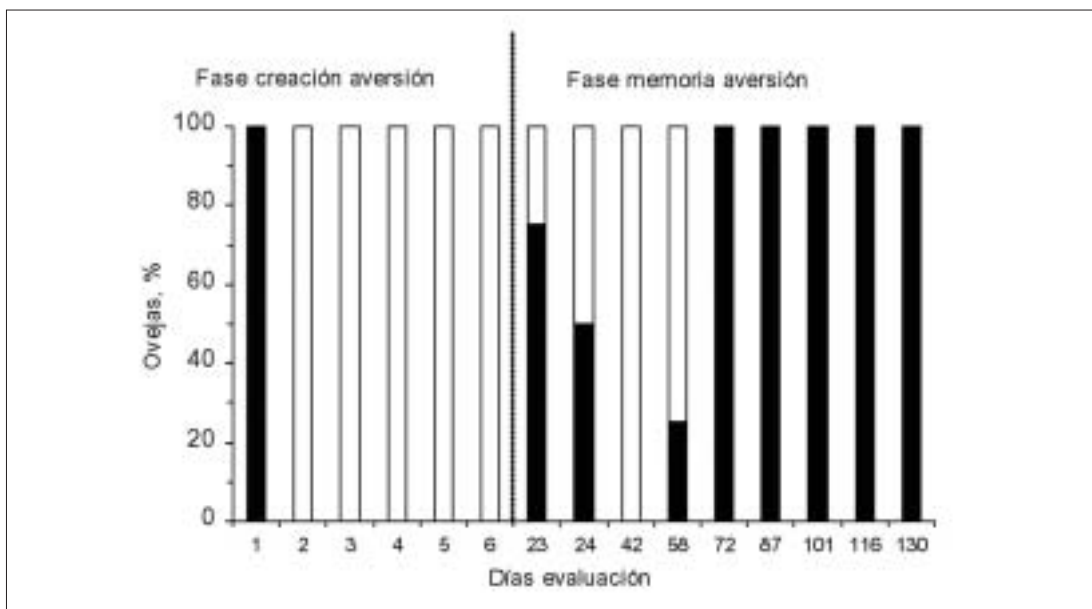


Figura 1. Porcentaje de ovejas del grupo aversión que consumieron hojas de olivo durante la creación de aversión y los test de memoria de aversión. Animales del grupo aversión que no consumieron hojas de olivo (□); Animales del grupo aversión que consumieron hojas de olivo (■).

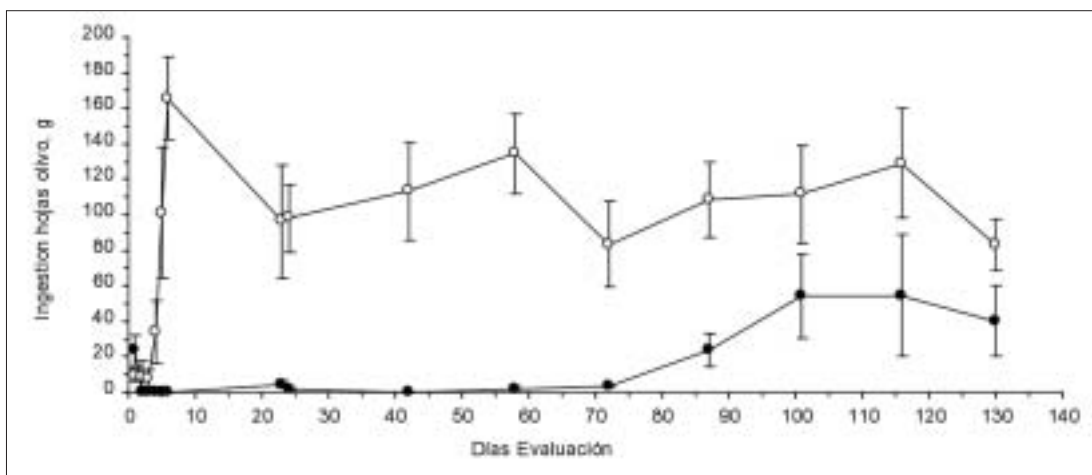


Figura 2. Ingestión de hojas de olivo en ovejas durante la fase de creación de la aversión y los test de memoria. Grupo control (○); Grupo aversión (●) (barras verticales representan  $\pm$  SEM;  $P < 0.05$ ).

olían la hoja de olivo y rehusaban consumirla, lo que coincide con la descripción del comportamiento observado por Burritt y Provenza (1989) en corderos.

### Evaluación de la Memoria de la Aversión

Durante los test de memoria, las ovejas del grupo AV inicialmente olían las hojas o las probaban pero rehusaban consumirlas e intentaban tirar las cajas, pero del día 87 al 130, empezaron consumir cantidades apreciables de hoja de olivo (Figura 2). Durante el periodo de memoria se observó una menor aversión que durante la fase de creación (Figura 1), aunque la diferencia de consumo entre C y AV se mantuvo hasta el día 130 (83 g  $\pm$  14 g vs. 40 g  $\pm$  20 g, respectivamente;  $P < 0,05$ ; Figura 2). Los resultados coincidieron con los

de Burritt y Provenza (1989) en corderos, que observaron una aversión parcial a granos de trigo durante 2 meses después de una administración de 150 mg/kg PV de LiCl.

El aumento de consumo al final del estudio demuestra que la aversión a las hojas de olivo empezó a olvidarse hacia los 4 meses. Este tiempo es inferior a los 9 meses obtenidos por Burritt y Provenza (1990) y Doran *et al.* (2009) utilizando ovejas que podía escoger un alimento alternativo al que se les había creado la aversión. En nuestro caso los animales la ovejas no tenían una alternativa a las hojas de olivo y, dado que es un alimento palatable y no tóxico, el efecto negativo post-ingestión no se produjo, lo que llevó a que los animales AV aumentaran paulatinamente el consumo de hojas de olivo durante los test de memoria. La extinción de la aversión está asociada a la falta de un refuerzo negativo (Provenza, 1995; Ralphs y Provenza, 1999).

## CONCLUSIONES

La aversión condicionada fue rápida y fácilmente aprendida por ovejas con una sola dosis de LiCl y se mantuvo durante 4 meses. Los resultados obtenidos indican la posibilidad de la entrada del ganado en cultivos de olivo, para el control de las plantas adventicias (alternativa al uso de herbicidas y segadoras) y el abonado natural, ambos aspectos de gran importancia en cultivos ecológicos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARBOSA, R.R.; PACÍFICO DA SILVA, I.; SOTO-BLANCO, B., 2008. Development of conditioned taste aversion to *Mascagnia rigida* in goats. *Pesquisa Veterinaria Brasileira*, **28**, 571-574.
- BURRITT, E.A.; PROVENZA, F.D., 1989. Food aversion learning: ability of lambs to distinguish safe from harmful foods. *Journal Animal Science*, **67**, 1.732-1.739.
- BURRITT, E.A.; PROVENZA, F.D., 1990. Food aversion learning in sheep: persistence of conditioned taste aversions to palatable shrubs (*Cercocarpus montanus* and *Amelanchier alnifolia*). *Journal Animal Science*, **68**, 1.003-1.007.
- DORAN, M.P.; GEORGE, M.R.; HARPER, J.H.; INGRAM, R.S.; LACA, E.A.; LARSON, S.; MCGOURTY, G.T., 2009. Vines and ovines: using sheep with a trained aversion to grape leaves for spring vineyard floor management. En: *Proceedings of the 60<sup>th</sup> Annual Meeting of the European Association for Animal Production*. Wageningen Academic Publishers, Wageningen (The Netherlands) pp. 325.
- DU TOIT, J.T.; PROVENZA, F.D.; NASTIS, A.S., 1991. Conditioned food aversions: how sick a ruminant must get before it detects toxicity in foods?. *Applied Animal Behaviour Science*, **30**, 35-47.
- EGBER, A.; LANDAU, S.; PEREVOLOTSKY, A.; SHLOSBERG, A.; BELAICH, M., 1999. Using lithium chloride to elicit conditioned feed aversion in ewe-lambs: preliminary results with vetch hay. *Options Méditerranéennes, Séries Cahiers*, **39**, 179-182.
- GORNIAK, S.L.; PFISTER, J.A.; LANZONIA, E.C.; RASPANTINI, E.R., 2008. A note on averting goats to a toxic but palatable plant *Leucaena leucocephala*. *Applied Animal Behaviour Science*, **111**, 396-401.
- MIRZA, S.N.; PROVENZA, F.D., 1994. Socially induced food avoidance in lambs: direct or indirect maternal influence?. *Journal Animal Science*, **72**, 899-902.
- PRIEN, R.F.; CAFFEY, E.M. Jr.; KLETT, C.J., 1971. Lithium carbonate: a survey of the history and current status of lithium in treating and mood disorders. *Diseases Nervious System*, **32**, 521-531.
- PROVENZA, F.D., 1995. Postingestive feedback as an elementary determinant of food preference and intake in ruminants. *Journal Range Management*, **48**, 2-17.
- PROVENZA, F.D., 1996. Acquired aversions as the basis for varied diets of ruminants foraging on

- rangelands. *Journal Animal Science*, **74**, 2.010-2.020.
- PROVENZA, F.D.; LYNCH, J.J.; NOTAN, J.V., 1994. Food aversion conditioned in anesthetized sheep. *Physiology Behaviour*, **55**, 429-432.
- RALPHS, M.H.; PROVENZA, F.D., 1999. Conditioned food aversions: principles and practices, with special references to social facilitation. *Proceedings of the Nutrition Society*, **58**, 831-820.
- RALPHS, M.H.; PROVENZA, F.D.; PFISTER, J.A.; GRAHAM, D.; DUFF, D.C.; GREATHOUSE, G., 2001. Conditioned food aversion: from theory to practice. *Rangelands*, **23**, 14-18.
- THORHALLSDOTTIR, A.G.; PROVENZA, F.D.; BALPH, D.F., 1987. Food aversion learning in lambs with or without a mother: Discrimination, novelty and persistence. *Applied Animal Behaviour Science*, **18**, 327-340.
- VAN TIEN, D.; LYNCH, J.J.; HINCH, G.N.; NOLAN, J.V., 1999. Grass odor and flavour overcome feed neophobia in sheep. *Small Ruminant Research*, **32**, 223-229.
- VILLALBA, J.J.; PROVENZA, F.D., 2000. Roles of novelty, generalization and postingestive feedback in there cognition of foods by lambs. *Journal Animal Science*, **78**, 3060-3069.

## CONDITIONED AVERSION TO OLIVE TREE LEAVES IN SHEEP

### SUMMARY

To evaluate the use of the lithium chloride (LiCl) to induce aversion to olive tree leaves in sheep, a total of 10 dry and non pregnant Manchega dairy sheep were used. Sheep were randomly assigned to two experimental groups in which the intake of dry leaves of olive tree (new feed) was measured with or without LiCl (0.2 g/kg PV) individually dosed post intake. For aversion induction, all the animals were penned in individual box stalls during 6 days and fed tall fescue hay *ad libitum*. Aversion memory was evaluated every 14 d (10 min), lasting 130 d (no LiCl was given during the aversion memory test period). Olive tree leaf consumption in the averted group was lower than in the control group throughout the experiment ( $P < 0.05$ ) and differences in animal behaviour were observed between both groups. The method is considered of special interest for its use in conditions of selective grazing and to avoid the use of herbicides in ecological cultures.

**Key words:** learning, lithium chloride, ovine

# EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD DEL SUELO A LA DEGRADACIÓN POR PASTOREO Y ESTIMACIÓN DE LA CAPACIDAD DE CARGA FÍSICA EN EXPLOTACIONES GANADERAS DE MONTAÑA MEDITERRÁNEA Y TROPICAL

R. BLANCO SEPÚLVEDA \*

## RESUMEN

Los métodos de capacidad de carga ganadera tradicionales se han centrado en determinar la aptitud de las tierras a partir de la estimación de la capacidad sustentadora de la vegetación. Esta metodología contempla tan sólo una visión parcial del proceso de planificación ganadera porque no tiene en cuenta la capacidad de carga desde el punto de vista físico, y aunque se suelen incluir medidas de carácter medioambiental, éstas no son suficientes para alcanzar un desarrollo ganadero que garantice la sostenibilidad ambiental. El objetivo de este trabajo fue evaluar la vulnerabilidad del suelo a la degradación en tres fincas ganaderas de ámbitos climáticos montañosos muy contrastados (mediterráneo y tropical húmedo) para determinar los factores de diagnóstico que permitieron establecer la capacidad de carga física del suelo para este uso. Los resultados obtenidos indicaron que los factores de diagnóstico fueron carbonato cálcico, exposición y cobertura herbácea en la explotación caprina mediterránea; y la pendiente en las explotaciones bovinas tropicales, a partir de los cuales se determinó la capacidad de carga física de cada una de las fincas ganaderas.

**Palabras claves:** degradación del suelo, factores de diagnóstico, sostenibilidad medioambiental.

## INTRODUCCIÓN

La FAO (2009) expresa su preocupación por la degradación del medioambiente en el mundo a consecuencia del uso ganadero e indica que se requieren medidas planificadoras para mitigar este tipo de impactos. Uno de los impactos más destacados es el que se produce sobre el suelo. La presión que ejercen los animales a través de su peso y de la propia acción de caminar provoca una degradación de las propiedades físicas del suelo, lo que tiene efectos concomitantes sobre la vegetación y los procesos de degradación por erosión.

Estas circunstancias justifican la necesidad de diseñar métodos de planificación física de la ganadería que aseguren la conservación del suelo. El proceso debe iniciarse con es-

---

\* Departamento de Geografía. Facultad de Filosofía y Letras. Universidad de Málaga. Campus de Teatinos, s/n. 29071. Málaga (España)

tudios que determinan la vulnerabilidad del suelo a la degradación a consecuencia del pastoreo para determinar los factores de diagnóstico<sup>1</sup> que permitan establecer la capacidad de carga física de los suelos para el pastoreo, lo que puede constituir una buena herramienta de planificación ganadera desde la perspectiva medioambiental. Determinar la vulnerabilidad a la degradación del suelo por compactación es complejo ya que depende de factores físicos (características medioambientales) y humanos (prácticas de manejo ganadero). Numerosos autores han analizado estas interacciones para determinar qué factores influyen sobre la vulnerabilidad del suelo a la degradación, destacando la materia orgánica, textura, humedad del suelo, tipo de vegetación y cobertura vegetal y exposición de ladera (Johnston, 1962; Wind y Schothorst, 1964; Van Haveren, 1983; Golodets y Boeken, 2006); sin embargo, no ha existido a partir de estos resultados una preocupación por estimar la capacidad de carga física del suelo para uso ganadero. El objetivo de este trabajo fue evaluar la vulnerabilidad del suelo a la degradación en tres fincas ganaderas de ámbitos climáticos montañosos muy contrastados (mediterráneo y tropical húmedo) para determinar los factores de diagnóstico que permitieron establecer la capacidad de carga física del suelo para este uso.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Se ha utilizado como zonas de trabajo tres fincas ganaderas de montaña, una de clima mediterráneo (Málaga, España) y las otras dos de clima tropical húmedo (Yoro, Honduras). La primera presenta una superficie de 176 ha y está compuesta por una cabaña de aproximadamente 400 cabras de doble propósito (carne-leche) y la explotación presenta una pendiente media del 40%. Con respecto a las fincas de montaña tropical, la primera tiene una superficie de 77 ha y está formada por una cabaña de 60 vacas de doble propósito (carne-leche). La pendiente media es del 55%, aunque en puntos concretos puede llegar a superar el 90%. La segunda finca tiene una superficie de 92 ha y está formada por 78 vacas, también de doble propósito. La pendiente media es algo menor, en torno al 40%.

La metodología que se ha utilizado para evaluar la vulnerabilidad del suelo a la degradación en las fincas de estudio consta de dos fases (Blanco, 2008). En la primera, se abordó de forma paralela el análisis del medio físico y de la gestión de las explotaciones ganaderas. En el primer caso, el objetivo fue realizar el mapa de suelos a nivel de fase<sup>2</sup>, en función de los factores de diagnóstico que influyen sobre las propiedades físicas del suelo para cada finca de estudio. La influencia de la carga ganadera sobre estas propiedades debe estar condicionada por las variables (*tabla 1*) que influyen sobre las mismas, de las cuales dependerá, por lo tanto, la magnitud de la alteración. Por lo tanto, dichas variables, desde el punto de vista de los objetivos planteados en este trabajo, pueden servir para evaluar la vulnerabilidad del suelo a la degradación por uso ganadero, convirtiéndose por lo tanto en factores de diagnóstico. El análisis de la gestión de la explotación ganadera se realizó para determinar las cargas ganaderas acumuladas (Blanco, 2004). Scholefield y Hall (1986) indicaron que uno de los mecanismos que tienen más influencia sobre la compactación del suelo es la duración y la frecuencia de pastoreo. Esto ha hecho necesario redefinir el concepto tradicional de carga ganadera por el de carga ganadera acumulada para incluir el tiem-

1 Los factores de diagnóstico son los variables que sirven en evaluación para valorar la aptitud del suelo para un determinado uso. De todas las variables que tienen alguna influencia sobre el uso a evaluar se seleccionan las que presentan una mayor correlación con las demás. Se suelen utilizar como criterios de selección de variables, además del nivel de correlación, la facilidad de determinación, ya sea en campo como en análisis rutinarios de laboratorio, con el objetivo de reducir los costes económicos y facilitar su aplicación.

2 Las fases de suelos se establecen en cartografía edafológica en función de los criterios elegidos para obtener unidades que sirvan para predecir el uso y manejo del suelo (Dent y Young, 1981).

po real de pastoreo, que es la suma de todos los períodos de pastoreo en un mismo lugar a lo largo del año. El método utilizado fue la observación de los itinerarios del ganado en pastoreo por períodos de una semana en cada estación del año.

*Tabla 1. Variables que influyen sobre las propiedades físicas del suelo*

Parámetros y propiedades físicas y químicas del suelo	Parámetros macromorfológicos del suelo	Factores formadores del suelo
Textura, tipo de estructura, materia orgánica, cationes de cambio, hierro libre, carbonato cálcico y caliza activa	Pedregosidad superficial, afloramientos rocosos, profundidad efectiva del suelo	Clima, relieve, litología, vegetación, actividad humana

FUENTE: Blanco (2008)

En la segunda fase de trabajo, se realizó una síntesis cartográfica de los mapas elaborados en la primera fase para pasar, en segundo lugar, a realizar un muestreo (tamaño del muestreo: 7; muestras superficiales: 0-5 cm) de las propiedades físicas del suelo (densidad aparente, porosidad, capacidad de infiltración, capacidad de campo e inestabilidad estructural) en las unidades de suelo a nivel de fase representativas de las fincas del estudio con una carga ganadera creciente. El muestreo se limitó a la densidad aparente en las explotaciones tropicales por ser la propiedad física más significativa para analizar este tipo de impactos. Concretamente el muestreo se realizó aleatoriamente en los tramos de senderos que crea el ganado en sus desplazamientos, que son los principales focos de impacto medioambiental por el pastoreo. El análisis de los resultados obtenidos se realizó utilizando primeramente el análisis de correlación bivariada que determinó las variables más significativas, para realizar posteriormente un análisis factorial (componentes principales, método de extracción equamax y representación de puntuaciones factoriales en diagramas de dispersión).

## RESULTADOS y DISCUSIÓN

### Análisis de la explotación caprina de montaña mediterránea

El factor 1 de la matriz de componentes rotados (*tabla 2*) puso de manifiesto la influencia del carbonato cálcico sobre las propiedades físicas, ya que a medida que aumenta el contenido de esta sustancia desciende la densidad aparente y aumenta la porosidad y la capacidad de campo, lo que indica la influencia positiva que tiene este mineral sobre la estructura del suelo. El factor 2 puso de manifiesto la influencia de la cobertura herbácea sobre las propiedades físicas ya que a medida que ésta aumenta mejora la infiltración y reduce la inestabilidad estructural. El gráfico de dispersión simple de las puntuaciones factoriales de estos dos factores (*fig. 1*) muestra una diferenciación espacial de las unidades de muestreo en 3 grandes grupos de acuerdo a las propiedades físicas del suelo y las variaciones del medio físico. A su vez, se han diferenciado subgrupos en función del comportamiento frente a la carga ganadera.

**El grupo 1** está formado por las unidades de suelos con las mejores propiedades físicas (*fig. 1*). Las unidades 1a son todas de naturaleza calcárea. Las unidades que estuvieron sometidas a una carga ganadera acumulada baja y media (< 100 y 100-500 animales ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>) son las que presentaron las mejores propiedades físicas en el factor 1 (unidades 4, 15 y 16) y a medida que se incrementó la carga ganadera las propiedades empeoraron. Las unidades 1b y 1c son las de roca silícea de exposición norte. La parcela 17 (1b), con una carga ganadera acumulada media, presentó muy buenos resultados. Mientras que, el resto de las unidades silíceas de exposición norte presentaron peores propiedades:

Tabla 2 Análisis factorial de la explotación caprina de montaña mediterránea.

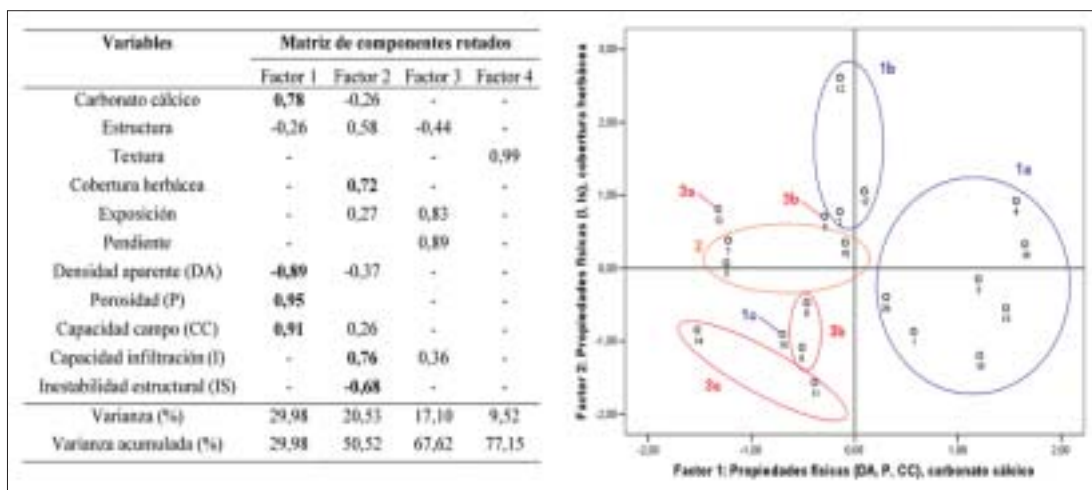


Figura 1 – Gráfico de dispersión simple de las puntuaciones factoriales de la explotación caprina de montaña mediterránea.

las parcelas 12 y 2 (1b) con una carga ganadera acumulada elevada y muy elevada (500-1000 y 1000-2000 animales  $ha^{-1} año^{-1}$ ), y la parcela 18 (1c) que se caracteriza por una carga ganadera baja y una cobertura herbácea inferior al 10%. Este hecho se ha interpretado como la causa de que esta unidad presente unas peores propiedades físicas. Teniendo en cuenta todas estas consideraciones, se puede establecer que las unidades calcáreas y las unidades silíceas de exposición norte, con una cobertura herbácea superior al 10% pueden sostener una carga ganadera acumulada entre 500-1000 animales  $ha^{-1} año^{-1}$ . Mientras que, las unidades silíceas de exposición norte, con una cobertura herbácea inferior al 10%, tan sólo pueden sostener una carga ganadera acumulada  $<100$  animales  $ha^{-1} año^{-1}$ .

**El grupo 2** está formado por las unidades de suelos de naturaleza silicea de exposición este-oeste (fig. 1). Éste presenta las peores propiedades en el factor 1 y algo mejores en las propiedades del factor 2. Las unidades con una carga ganadera media y muy elevada (parcelas 5 y 7) son las que presentaron las peores propiedades; mientras que, las que tuvieron una carga baja (parcela 10) presentaron mejores propiedades en el factor 1. Estos resultados permitieron deducir que estas unidades pueden sostener una carga ganadera acumulada entre 100-500 animales  $ha^{-1} año^{-1}$ .

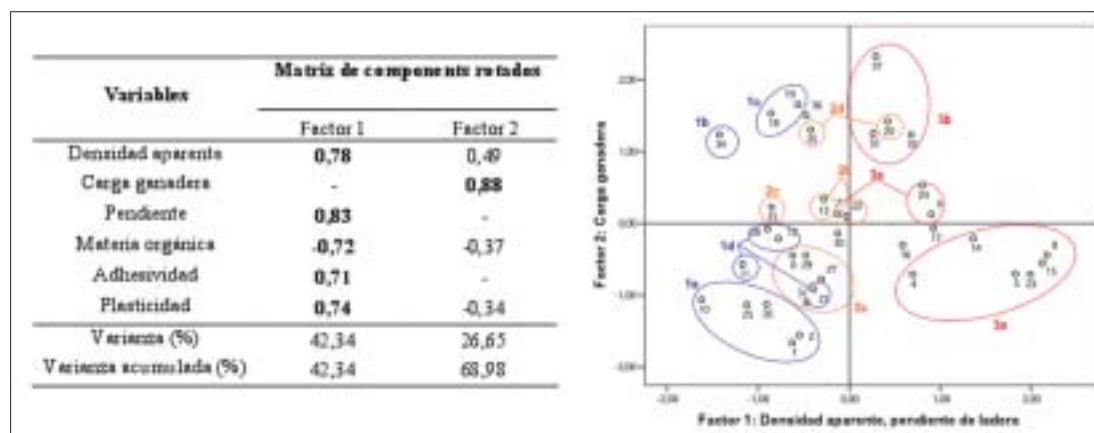
**El grupo 3** está formado por las unidades silíceas de exposición sur (3a) y de exposición indefinida (unidades de cumbre) (3b) (fig. 1). El primer grupo presentó, independientemente de la carga, malas propiedades físicas en el factor 1. La parcela 14 con una carga ganadera acumulada baja presentó una malas propiedades en ambos factores, lo que sugiere que la capacidad de carga no puede aumentar de los valores anteriores. Las unidades 3b presentaron unas propiedades siempre negativas en el factor 1, aunque en el factor 2 las propiedades son diferentes en función de la cobertura herbácea que presenten las unidades. Las unidades 6 y 9, con carga ganadera baja y elevada y una cobertura herbácea inferior al 25% presentaron los peores resultados; por el contrario, la parcela 8, con una cobertura herbácea superior al 25% y con una carga ganadera media, presentó unas propiedades físicas positivas en el factor 2. Estos resultados permitieron deducir que estas unidades con cobertura herbácea inferior al 25% tan sólo podrían soportar cargas ganaderas acumuladas  $<100$  animales  $ha^{-1} año^{-1}$ ; mientras que con una cobertura herbácea superior al 25% podrían soportar una carga ganadera entre 100-500 animales  $ha^{-1} año^{-1}$ .



## Análisis de las explotaciones bovinas de montaña tropical

El factor 1 de la matriz de componentes rotados (*tabla 3*) puso de manifiesto la influencia de la pendiente sobre la densidad aparente, ya que el incremento de esta propiedad está relacionado con el incremento de la pendiente y la reducción de la materia orgánica. En el factor 2 sólo se saturó la carga ganadera. El gráfico de dispersión simple de las puntuaciones factoriales de estos dos factores (*fig. 2*) muestra una diferenciación espacial de las unidades de muestreo en 3 grupos de acuerdo a la pendiente, la densidad aparente y la carga ganadera.

*Tabla 2* Análisis factorial de las explotaciones bovinas de montaña tropical.



*Figura 2* – Gráfico de dispersión simple de las puntuaciones factoriales de las explotaciones bovinas de montaña tropical.

El **grupo 1** está formado por las unidades con pendiente <30% (*fig. 2*). Éstas han sido reagrupadas en función de los resultados de densidad aparente en 1a (unidades 1, 2, 10, 25 y 26), 1b (unidad 34), 1c (unidades 18 y 19) y 1d (unidades 11, 12, 21, 28 y 29). Las unidades 1a con una carga ganadera baja y media (<200 animales ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> y 200-400 animales ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>) presentaron una densidad aparente entre 1,09 y 1,15 gr cm<sup>-3</sup>. Cuando las unidades con esta pendiente fueron sometidas a una carga ganadera muy alta (600-900 animales ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>), la densidad aparente se incrementó a 1,23 gr cm<sup>-3</sup> (subgrupo 1b). Estos dos subgrupos no mostraron ningún proceso de degradación de suelos y presentaban una elevada cobertura vegetal. Por el contrario, en las unidades 1c con una carga ganadera extrema (1.900 animales ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>), la densidad aparente se incrementó a 1,33 gr cm<sup>-3</sup> y con ello los procesos de degradación en forma de erosión laminar y escasa cobertura vegetal. Las unidades 1d con una carga media presentaron una densidad aparente entre 1,20 y 1,28 gr cm<sup>-3</sup>; estos valores son similares a los de la unidad 1b con una carga muy alta. La causa es que estas unidades han sido frecuentemente pastoreadas con el suelo saturado de agua. El pastoreo en estas condiciones cambia la relación entre carga ganadera y densidad aparente en términos de degradación. El suelo saturado es más vulnerable a la degradación física debido a que las pezuñas de los animales se hunden en el suelo provocando una reorientación caótica de las partículas del suelo, lo que aumenta la densidad aparente.

El **grupo 2** está formado por las unidades con pendiente entre 30-50% (*fig. 2*). Éstas han sido divididas en función de la densidad aparente en los subgrupos 2a (unidades 3, 6 y 27), 2b (unidades 13, 22 y 30), 2c (unidades 16 y 31) y 2d (unidades 20 y 35). Las unidades 2a con una carga baja y media presentaron una densidad aparente entre 1,15 y 1,23 gr cm<sup>-3</sup>. Las unidades 2b, también con una carga baja y media, alcanzaron sin embargo una

densidad aparente mucho mayor ( $1,30 - 1,38 \text{ gr cm}^{-3}$ ). Esto se debe a que estas unidades han estado afectadas por pastoreo en condiciones de suelo saturado. En las unidades 2c, con una carga alta, la densidad aparente se incrementó sólo ligeramente ( $1,27 \text{ gr cm}^{-3}$ ) si se compara con el subgrupo 2a, y no se observaron signos de degradación de suelos. Por lo tanto, se puede deducir que estas unidades están subpastoreadas (carga ganadera por debajo de la capacidad de carga física). Sólo cuando la carga ganadera se incrementó a muy alta y extrema se registraron valores de densidad aparente mucho más altos, entre  $1,37$  y  $1,41 \text{ gr cm}^{-3}$  y los procesos de degradación del suelo ya fueron evidentes.

**El grupo 3** está formado por las unidades de pendiente entre 50-70% y >70% (fig. 2). El uso ganadero en laderas de esta pendiente es limitado por el riesgo de caídas de animales. Por este motivo, éstos utilizan las terracillas de soliflucción como caminos preferenciales, las cuales terminan convirtiéndose en caminos de ganado. El pastoreo al concentrarse en esta red de caminos provoca una concentración de la carga ganadera en un espacio reducido, mucho mayor que la carga ganadera asignada a la parcela en su conjunto. Esta concentración de ganado tiene importantes consecuencias medioambientales: aumento considerable de la densidad aparente, pérdida de cubierta vegetal, mayor riesgo de impacto mecánico sobre el suelo por el tránsito de animales (deslizamientos y hundimientos de pezuñas) y mayor riesgo de erosión. Las unidades 3a (4, 5, 7, 8, 9, 14, 15, 17 y 23) presentaron una densidad aparente entre  $1,28$  y  $1,46 \text{ gr cm}^{-3}$  y la mayor parte de ellas estuvieron sometidas a una carga entre baja y media, sólo una unidad estuvo sometida a una carga alta. Las unidades 3b (32, 33 y 37) con una carga alta y muy alta presentaron una densidad aparente más elevada, entre  $1,45$  y  $1,59 \text{ gr cm}^{-3}$ . Ambos subgrupos estuvieron afectados por intensos procesos de degradación: erosión laminar y en regueros, huellas de pisadas e inestabilidad de los senderos de ganado evidenciado por la presencia de numerosos hundimientos y deslizamientos de pezuñas de ganado. En ambos casos, la carga ganadera excedió la capacidad de carga física.

## CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos permitieron establecer que los factores de diagnóstico para evaluar la vulnerabilidad del suelo a la degradación fueron carbonato cálcico, exposición y cobertura herbácea en la explotación caprina mediterránea y la pendiente en las explotaciones bovinas tropicales. Estos resultados ponen de manifiesto la diferente vulnerabilidad del suelo a la degradación dependiendo de la diversidad de condiciones ambientales. La comprensión de la vulnerabilidad del suelo a la degradación por pastoreo a través de los factores de diagnóstico indicados ha permitido establecer la capacidad de carga física del suelo para este uso, lo que constituye la base científica sobre la que diseñar una planificación ganadera desde la perspectiva medioambiental. Sin embargo, realizar tan sólo una planificación de este tipo constituye nuevamente una visión parcial de la realidad. Las tendencias actuales en Evaluación de Tierras tienden a unificar los procedimientos que determinan la aptitud (aspectos relacionados con la producción y la sostenibilidad económica) y la vulnerabilidad (aspectos relacionados con la degradación y sostenibilidad medioambiental), ya que se puede considerar que esta integración de metodologías es la mejor vía para alcanzar el uso sostenible del territorio. Esta integración está todavía por hacer en el caso de los sistemas de evaluación de tierras para uso ganadero, lo que se convierte en un objetivo de futuro.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BLANCO, R., 2004. El tratamiento del concepto "Carga Ganadera" en los sistemas de evaluación de suelos para uso ganadero. *Estudios Geográficos*, **254**, 143-150.

- BLANCO, R., 2008. La evaluación de la vulnerabilidad del suelo a la degradación por uso ganadero en espacios montañosos. Análisis metodológico. *Estudios Geográficos*, **264**, 51-80.
- DENT, D.; YOUNG, A., 1981. *Soil survey and land evaluation*. G. Allen y Unwin. Boston (US), 278 pp.
- FAO, 2009. *The state of food and agriculture. Livestock in the balance*. Electronic Publishing Policy and Support Branch Communication Division, FAO, Rome (Italy), 166 pp.
- GOLODETS, C.; BOEKEN, B., 2006. Moderate sheep grazing in semiarid shrubland alters small-scale soil surface structure and patch properties. *Catena*, **65**, 285-291.
- JOHNSTON, A., 1962. Effects of grazing intensity and cover on the water intake rate of fescue grassland. *J. Range Manage.*, **15**, 79-82.
- SCHOLEFIELD, D.; HALL, D.M., 1986. A recording penetrometer to measure the strength of soil relation to the stresses exerted by a walking cow. *J. Soil Sci.*, **37**, 165-172.
- VAN HAVEREN, B.P., 1983. Soil bulk density as influenced by grazing intensity and soil type on a short grass prairie site. *J. Range Manage.*, **36**, 586-588.
- WIND, G.P; SCHOTHORST, C.J., 1964. The influence of soil properties on suitability for grazing and of grazing on soil properties. En: *Transactions of the Eighth International Congress of Soil Science*, 571-580. Bucharest (Hungary).

## VULNERABILITY EVALUATION OF SOIL DEGRADATION BY GRAZING FOR ESTIMATE THE PHYSICAL CARRYING CAPACITY IN MEDITERRANEAN AND TROPICAL MOUNTAINS FARMS

### SUMMARY

Livestock planning methods have focused on determining the land suitability for grazing use from the estimate of the carrying capacity of vegetation. This methodology provides only a partial view of the planning process because even though it usually include environmental measures they are not sufficient to achieve environmental sustainability. The traditional method employed did not take into account the carrying capacity from the physical point of view. The aim of this study was to evaluate the soil vulnerability to degradation in three livestock farms in mountainous areas with contrasted climate (mediterranean and tropical humid) to determine the diagnostic factors that allowed to set the physical carrying capacity of the soils for this use. The results showed that diagnostic factors were calcium carbonate, land exposure and herbaceous cover in the mediterranean goat farm, and the slope gradient of the tropical cattle farms, from which it has determined the physical carrying capacity.

**Key words:** soil degradation, diagnostic factors, environmental sustainability.



# OBJETIVOS EMPRESARIALES Y FAMILIARES DE LOS GANADEROS DE SISTEMAS OVINOS EN UN ESPACIO DE ALTO VALOR AMBIENTAL

B.A. ZAMUDIO, E. MANRIQUE y A.M. OLAIZOLA \*

## RESUMEN

La diferente definición de los objetivos que persiguen las explotaciones familiares agrarias realizada por los modelos teóricos, respecto a los que tienen las explotaciones en la realidad, ha sido la causa de las divergencias observadas en las previsiones establecidas por algunos modelos frente al comportamiento real de las explotaciones, ya que éstos solían incluir como objetivos sólo a aquellos relacionados con la maximización del beneficio. En este trabajo realizado sobre explotaciones ovinas que utilizan el Parque Natural de la Sierra y Cañones de Guara (Huesca), se han analizado los objetivos empresariales y familiares declarados por los ganaderos, utilizando información obtenida mediante encuesta personal a titulares de 46 explotaciones. El cuestionario incluye veintiocho preguntas sobre los objetivos del ganadero, habiéndose utilizado una escala de Likert de 1 a 5 (desde "totalmente en desacuerdo" hasta "totalmente de acuerdo") para medir las respuestas. El tratamiento estadístico de la información ha incluido un análisis de componentes principales y posteriormente un análisis cluster.

Los resultados indican que el conjunto de los ganaderos manifiesta preferencias, sobre todo, por objetivos familiares. Según los grupos en los que se insertan, los objetivos se relacionan con la preferencia por la vida en el medio agrario y el nivel de vida familiar en primer lugar, y en segundo lugar con el nivel de rentas, el riesgo, el consumo o el ahorro.

**Palabras clave:** explotaciones agrarias, espacio natural protegido, sistemas familia-explotación, análisis cluster

## INTRODUCCIÓN

La teoría básica de la producción agraria considera que el decisor tiene un único objetivo: la maximización del beneficio a corto plazo. Heady (1970) cuestionó el realismo de la hipótesis neoclásica como principal objetivo empresarial de los agricultores e hizo énfasis en las interrelaciones entre renta y consumo en la explotación agraria y en la importancia de la unidad familiar como "unidad decisional".

Con carácter general se admite que para analizar y comprender el funcionamiento y las

---

\* Departamento de Agricultura y Economía Agraria, Universidad de Zaragoza. Calle Miguel Servet 177. 50013 Zaragoza. e-mail zamudio@unizar.es

decisiones tomadas en la explotación de carácter familiar, considerada como un “sistema familia-explotación” (Osty, 1978; Duru 1980), se precisa conocer los objetivos y la situación del agricultor y su familia (Zamudio *et al*, 2009).

Las críticas citadas a la teoría maximalista pretenden conseguir mayor realismo en la definición de los objetivos de los agricultores. Con esta finalidad, diversos trabajos han puesto de manifiesto que la empresa agraria se enfrenta a una función de criterio caracterizada por múltiples objetivos en los que prima más una actitud de satisfacción que de optimización (Patrick y Kliebenstein, 1983).

Con carácter general, los análisis empíricos sobre los diferentes objetivos empresariales de los agricultores tienen importancia y utilidad tanto desde el punto de vista empresarial como en el diseño de estrategias adecuadas de política agraria y, en particular, para el conocimiento de aquellos objetivos relacionados con aspectos estructurales como puede ser la introducción de la innovación (Rivera, 1991). Trabajos de este tipo han aportado información sobre variantes relevantes que determinan o influyen en las decisiones; todo ello en el marco de un creciente interés por el estudio y explicación de pautas de conducta en procesos de toma de decisiones en la empresa agraria (Cabanés *et al*, 1988).

Los modelos normativos de empresa, formulados mediante programación matemática, utilizados desde los años 40 del pasado siglo, que presentaban la maximización del beneficio como único e insuficiente criterio orientador de la toma de decisiones (Boussard, 1977), han evolucionado hacia la sustitución de este objetivo simplista por enfoques multicriterio más realistas (programación multiobjetivo o programación por metas, principalmente) (Cabanés *et al* 1988). El conocimiento de los objetivos empresariales permite fijar objetivos realistas, básicos en toda modelización, evitando los fracasos predictivos de muchos modelos teóricos de explotación agraria (Rivera, 1991).

El conocimiento de las actitudes, objetivos y otros factores del comportamiento de los agricultores adquiere un especial interés en áreas desfavorecidas de valor ambiental, donde existe una intensa y frágil interrelación explotaciones-medio, en las que la sostenibilidad del espacio puede estar condicionada a la de las explotaciones y donde estas últimas están sometidas a medidas y normas específicas vinculantes, a veces tendentes a la innovación y reorientación de los sistemas productivos.

En esta comunicación se avanza resultados de un trabajo que pretende conocer los objetivos empresariales y familiares y la jerarquía que establecen sobre dichos objetivos los ganaderos de ovino que utilizan un espacio natural protegido así como las diferencias que se observan entre explotaciones.

## MATERIAL Y MÉTODOS

La información utilizada procede de una encuesta personal realizada en 2008 a los titulares de 46 explotaciones ovinas (87% del total) que utilizan, en distinta medida, el Parque Natural de la Sierra y Cañones de Guara (Huesca). El cuestionario recoge información referida a: 1) Características generales de la explotación. 2) Características sociodemográficas del titular. 3) Evolución de la estructura y del sistema de explotación. 4) Objetivos del ganadero. 5) Opiniones sobre la PAC; el Parque y la explotación, el oficio y el sector. 6) Futuro de la explotación y del sistema. Para conocer dichos objetivos se utilizó una escala de Likert de 1 a 5 (desde “totalmente en desacuerdo” hasta “totalmente de acuerdo”) (Foddy, 1996) como respuesta posible a cuestiones que se les plantearon relacionados con 13 objetivos de carácter empresarial y 15 objetivos de carácter familiar. Para atribuir un significado a las preferencias que reflejan los objetivos, se ha seguido a Harman *et al* (1972) (citado por Rivera, 1991). Sobre la puntuación obtenida por

los diferentes objetivos se realizaron sendos Análisis de Componentes Principales (ACP). Posteriormente, sobre las coordenadas de las explotaciones en los primeros factores obtenidos en cada ACP, se realizó un Análisis Cluster Jerárquico, a fin de establecer diferentes grupos de explotaciones.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las respuestas del conjunto de ganaderos sobre los objetivos, empresariales y familiares que persiguen se recogen en las tablas 1 y 2, respectivamente. En ellas se señalan las medias y las medianas de las respuestas obtenidas para cada objetivo.

Tabla 1. Preferencias de los ganaderos en cuanto a objetivos empresariales

Objetivos Empresariales	Mediana	Media
Producir productos y animales de calidad.	4,00	4,21
Hacer máximas mis ganancias como ganadero de ovino.	4,50	4,29
Sobrevivir como empresario agrícola.	4,00	3,81
Hacer máxima la rentabilidad del capital que tengo invertido.	4,00	3,57
Crecer y aumentar el tamaño del rebaño.	2,00	2,09
Comprar más tierra.	2,00	2,49
Arrendar más tierra.	2,00	2,45
Permanecer en la actividad agraria.	4,00	3,89
Reducir al máximo los gastos.	4,00	4,06
Aumentar las ayudas que recibo.	4,00	4,09
Reducir el endeudamiento por préstamos para la explotación.	4,00	3,60
Reinvertir lo que gano en la explotación.	4,00	3,60
Reducir las horas de trabajo en la explotación.	4,00	3,64

1= "Totalmente en desacuerdo"; 5= "Totalmente de acuerdo"

Tabla 2. Preferencias de los ganaderos en cuanto a objetivos familiares

Objetivos familiares	Mediana	Media
Hacer máximos los ingresos de mi familia.	5,00	4,26
Mejorar la calidad de vida familiar.	5,00	4,67
Tener un trabajo seguro.	4,00	4,28
Aumentar mi tiempo libre/de ocio.	4,00	3,76
No abandonar el medio rural.	5,00	4,57
Tener un trabajo independiente.	5,00	4,43
Aumentar mi prestigio social entre vecinos y ganaderos.	4,00	3,63
Asegurar a los hijos una forma de ganarse la vida.	3,00	2,93
Diversificar las actividades económicas que hacemos.	4,00	3,46
Con lo que se gana poder invertir fuera de la agricultura y ganadería.	2,00	2,63
Asegurar una formación a los hijos para que trabajen fuera de la agricultura.	4,00	3,37
Tener vacaciones una vez al año.	4,00	3,67
Ahorrar para tener una jubilación digna y suficiente.	4,00	4,02
Contribuir a mejorar el medio ambiente.	4,00	4,30
Tener el mejor ganado posible.	4,00	3,85

1= "Totalmente en desacuerdo"; 5= "Totalmente de acuerdo"

Las medianas ponen de manifiesto escasas diferencias entre objetivos de carácter empresarial. Es un claro objetivo preferente el referido a la maximización del nivel de renta con el que están relacionados aquellos que persiguen la maximización de ganancias, reducción de gastos y aumentos de las ayudas. Por el contrario, los objetivos menos estimados son los que se refieren a la ampliación de las disponibilidades de tierra y ganado que podrían considerarse relacionados con el “prestigio social”. El objetivo que ocuparía el segundo lugar sería la obtención de producciones de calidad que estaría relacionado también con el prestigio social (Herman *et al.* 1972) y con la innovación. Con una menor importancia se encontrarían objetivos relacionados con la permanencia en la actividad agraria, el riesgo y el nivel de vida.

En cuanto a los objetivos de carácter familiar son preferentes, por este orden, los que se relacionan con el nivel de vida, la permanencia en el medio rural, el consumo familiar y los relativos al riesgo. Ocupan los últimos lugares el interés por asegurar a los hijos una forma de vida en la agricultura y las inversiones fuera del sector agrario.

En el ACP realizado sobre los objetivos empresariales, se obtuvieron tres primeros factores, que explicaban el 58,35% de la varianza total (Tabla 3). El primer factor explica el 25,06% de la varianza y se relaciona con el nivel de vida y las rentas (maximizar ganancias y reducir gastos).

**Tabla 3. Correlaciones de los objetivos empresariales con los tres primeros factores obtenidos en el ACP.**

	Factor 1	Factor 2	Factor 3
Reducir las horas de trabajo en la explotación.	0,852		
Reducir al máximo los gastos.	0,742		
Hacer máximas mis ganancias como ganadero de ovino.	0,672		
Reducir el endeudamiento por préstamos para la explotación.	0,656		
Reinvertir lo que gano en la explotación.		0,819	
Permanecer en la actividad agraria.		0,746	
Comprar más tierra.		0,666	0,426
Crecer y aumentar el tamaño del rebaño.			-0,805
Aumentar las ayudas que recibo.			0,592
% Varianza total explicada	25,06	18,90	14,39

KMO = 0,601. Prueba de esfericidad de Bartlett Chi-cuadrado = 73,93 (p<0,004)

El segundo factor explica el 18,90% y está correlacionado con objetivos de permanencia y continuidad en la actividad agraria y, en mucha menor medida, de prestigio social. El tercer factor explica el 14,39% y se relacionaría con objetivos de búsqueda de prestigio como agricultores pero no como ganaderos, ya que pretenden comprar más tierra pero no incrementar el rebaño.

En el ACP realizado sobre los objetivos familiares se obtuvieron cuatro primeros factores que explican un 71,90% de la varianza total (Tabla 4).

El primer factor explica el 26,9% de la varianza. Se correlaciona con objetivos ligados al nivel de vida (mejora de la calidad de vida, aumento del tiempo libre), al riesgo (trabajo seguro) y al nivel de renta (maximizar ingresos). El segundo factor explica el 18,59% de la varianza y recoge objetivos que denotan la preocupación por asegurar el trabajo de los hijos principalmente fuera del sector; pero también en la propia explotación. En segundo lugar aparece un objetivo de prestigio social. El tercer factor, que explica el 14,5% de la varianza incluye objetivos referidos a preferencias por el nivel de vida y relativos al riesgo al mismo



tiempo (trabajo independiente) y otro que refleja preferencias por el medio rural. Finalmente, el cuarto factor explica el 11,9% de la varianza, habiéndose relacionado con la necesidad de ahorrar.

**Tabla 4. Correlaciones de los objetivos familiares con los cuatro primeros factores obtenidos en el ACP.**

	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4
Hacer máximos los ingresos de mi familia.	0,685			
Mejorar la calidad de vida familiar.	0,797			
Tener un trabajo seguro.	0,741			
Aumentar mi tiempo libre/de ocio.	0,817			
No abandonar el medio rural.			0,761	
Tener un trabajo independiente.			0,836	
Aumentar mi prestigio social entre vecinos y ganaderos.		0,770		
Asegurar una formación a los hijos para que trabajen fuera de la agricultura.		0,812		
Ahorrar para tener una jubilación digna y suficiente.				0,831
Diversificar las actividades económicas que hacemos.	0,606			-0,633
Asegurar a los hijos una forma de ganarse la vida.		0,739		
% Varianza total explicada	26,91	18,59	14,50	11,90

KMO = 0,717 Prueba de esfericidad de Bartlett Chi-cuadrado = 161,90 (p<0,004)

Un análisis Cluster ha permitido diferenciar, en función de los objetivos preferidos, cuatro grupos de ganaderos cuyas preferencias se expresan en la *tabla 5*.

**Tabla 5. Valoración media de los diferentes objetivos en los grupos de ganaderos**

	grupo 1	grupo 2	grupo 3	grupo 4
<b>Número de explotaciones</b>	<b>8</b>	<b>13</b>	<b>11</b>	<b>14</b>
Hacer máximas mis ganancias como ganadero de ovino	4,13	4,31	4,00	4,57
Creecer y aumentar el tamaño del rebaño	1,38	1,31	3,18	2,36
Comprar más tierra	3,38	2,23	1,82	2,79
Permanecer en la actividad agraria	4,25	3,23	3,45	4,64
Reducir al máximo los gastos	3,63	4,31	3,27	4,71
Aumentar las ayudas que recibo	4,50	4,46	3,18	4,21
Reducir el endeudamiento por préstamos para la explotación	3,63	3,85	2,45	4,21
Reinvertir lo que gano en la explotación	3,75	2,92	3,82	3,93
Reducir las horas de trabajo en la explotación	3,63	3,54	2,82	4,36
Hacer máximos los ingresos de mi familia	3,50	4,31	3,82	5,00
Mejorar la calidad de vida familiar	4,25	4,77	4,45	5,00
Tener un trabajo seguro	3,75	4,54	4,00	4,57
Aumentar mi tiempo libre/ de ocio	3,50	3,77	3,55	4,07
No abandonar el medio rural	4,88	4,62	4,00	4,79
Tener un trabajo independiente	4,88	4,08	4,00	4,86
Aumentar mi prestigio social entre vecinos y ganaderos	3,88	2,92	3,91	3,93
Asegurar a los hijos una forma de ganarse la vida	3,38	1,77	2,36	4,21
Diversificar las actividades económicas que hacemos	4,25	3,62	3,09	3,14
Asegurar una formación a los hijos para que trabajen fuera de la agricultura	3,38	2,77	3,09	4,14
Ahorrar para tener una jubilación digna y suficiente	2,38	4,46	3,82	4,71

1= "Totalmente en desacuerdo"; 5= "Totalmente de acuerdo"

Los objetivos de carácter familiar aparecen como prioritarios para todos los grupos. El primer grupo, que incluye a ocho explotaciones, tiene como prioridad la permanencia en el medio agrario y, en segundo lugar, la mejora del nivel de renta, a través de las ayudas percibidas. El segundo grupo incluye el 28% de las explotaciones de la muestra, y sus principales objetivos estarían relacionados con el nivel de vida familiar, la permanencia en el medio rural y la disminución del riesgo. En el grupo 3, con once explotaciones, destaca sobre los demás la preferencia por un objetivo referido al nivel de vida familiar. El cuarto grupo, el más numeroso, que incluye el 30% de las explotaciones, valora positivamente objetivos relacionados con el nivel de vida y mejora del consumo familiar, y también la permanencia en el medio rural y el ahorro.

## CONCLUSIONES

En el conjunto de los ganaderos estudiados habría que destacar como objetivo empresarial prioritario el referido a la maximización del nivel de rentas; mientras que los relativos al aumento de disponibilidades de tierra y ganado son los menos considerados. Entre los objetivos de carácter familiar prioritarios se incluyen aquellos relacionados con la mejora o mantenimiento del nivel de vida, la permanencia en el medio rural, la mejora del consumo familiar y minimizar factores de riesgo. Además los ganaderos anteponen la consecución de objetivos familiares a la de objetivos empresariales.

## Agradecimientos

El trabajo se enmarca en el Proyecto INIA RTA 05-234-CO2-01. Se agradece especialmente la colaboración insustituible de los ganaderos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BOUSSARD, J. M., 1977. Estudios de programación lineal aplicada al sector agrario en países no socialistas: una revisión. *Agricultura y Sociedad* **5**, 9-49.
- CABANES, M.; AMADOR, F.; ROMERO, J. J., 1988. Un sistema de objetivos a corto plazo para la empresa agraria. *Investigación Agraria: Economía* **3 (1)**, 35-48.
- DURU, M., 1980. *Exploitation agricole et analyse de système. Mise au point méthodologique*. Doc. Ronéo, INRA-SAD, 48 pp.
- FODDY, W., 1996. *Constructing questions for interviews and questionnaires. Theory and practice in social research*. Cambridge University Press, 227 pp. Cambridge (UK).
- HEADY, E., 1970. *Economics of Agricultural Production and Resource Use*. Prentice Hall. 850 pp. Englewood Cliffs. (USA).
- HERMAN, W. et al. 1972. *An Evaluation of Factors Affecting the Hierarchy of Multiple Goals*. Oklahoma Agr. Exp. Sta. Tech. Bull. T. **135**.
- OSTY, P. L., 1978. L'exploitation agricole vue comme un système. Diffusion de l'innovation et contribution au développement. *Bull. Techn. Inf. Min, Agric*, **326**, 43-49.
- PATRICK, G. F.; KLIEBENSTEIN, J. B., 1983. *Multiple Goals in Farm Decision Making. A societal science perspective*. Department of Agricultural Economics, Agricultural Experimental Station, Purdue University, Station Bulletin, **303**.
- RIVERA, L. M., 1991. Un experimento sobre los objetivos de los agricultores valencianos. *Investigación Agraria: Economía* **6 (1)**, 19-34.
- ZAMUDIO, B. A.; MANRIQUE, E.; OLAIZOLA, A. M., 2009. Actitudes ante políticas sectoriales y medioambientales de ganaderos de ovino en un espacio natural protegido. En: *La multifuncionalidad de los pastos: producción ganadera sostenible y gestión de los ecosistemas*. R. REINÉ et al. (Eds.). Gráficas Alos. Huesca (España), 613-619.

## **BUSINESS AND FAMILY OBJECTIVES OF SHEEP FARMERS IN AN AREA OF HIGH ENVIRONMENTAL VALUE**

### **SUMMARY**

The inadequate definition of the objectives of family farms, in which said objectives have been limited to profit maximization, has been the cause of the divergences in some theoretical models, between the forecasts they establish and the actual behaviour of these farms. In research that has been carried out on sheep farms using the Nature Reserve of the Sierra and Canyons of Guara (Huesca), the business and family goals expressed by farmers have been analysed using information obtained by means of a personal questionnaire carried out on the owners of 46 farms. The questionnaire includes twenty eight questions on the farmers' objectives. A Likert scale from 1 to 5 has been used (from "totally disagree" to "totally agree") in order to measure responses. This information has then undergone a Principal Components Analysis and a Cluster Analysis.

As a whole, the farmers show preferences, especially in terms of family objectives. According to the groups in which they are included, the objectives represent a preference for an agricultural environment and level of family life in first place, relegating to second place those referring to level of income, risk, consumption or savings.

**Keywords:** farms, nature reserve, family farm systems, cluster analysis.



PARTE CUARTA

**SISTEMAS Y RECURSOS SILVOPASTORALES**





## CAPITULO INTRODUCTORIO

### DE CÓMO LAS DEHESAS SE CONFUNDIERON CON SU NOMBRE. REFLEXIONES SOBRE LA GÉNESIS HISTÓRICA DE LOS SISTEMAS ADEHESADOS

F.J. EZQUERRA BOTICARIO<sup>1</sup>

#### RESUMEN

Los encinares adehesados constituyen uno de los paisajes más característicos del cuadrante suroccidental de la península ibérica y poseen un destacado valor socioeconómico cuya explotación está ligada a razas autóctonas de gran valor, desde la vaca retinta al cerdo ibérico. Su valor cultural y ecológico ha sido realzado durante las últimas décadas, llegándose a idealizar algunas de sus características. En realidad, es posible mejorar nuestros conocimientos sobre la ecología de las dehesas si tratamos de analizar su evolución desde una perspectiva histórica. En este trabajo se plantean hipótesis acerca de los diversos procesos que ha ido dando lugar desde hace milenios a la génesis de los sistemas adehesados en España, haciendo especial hincapié en las transformaciones sufridas durante los últimos siglos. El uso predominantemente ganadero del territorio ibérico, asociado a las particularidades del devenir histórico y con la eterna lucha entre agricultura y ganaderías como telón de fondo, ha modelado los procesos de aclarado, arboricultura, frutalización, selección, empobrecimiento específico del dosel y creación y mantenimiento de pastizales que caracterizan a las dehesas de nuestros días. Entender estos procesos es esencial para poder abordar con garantías su gestión.

**Palabras clave:** encina, *Quercus ilex* sbsp. *ballota*, historia forestal, aclareo selectivo, regeneración.

#### INTRODUCCIÓN

Una de las imágenes más genuinas de los paisajes ibéricos es de las dehesas que cubren gran parte del cuadrante suroccidental de la península, y que además constituyen una de las formaciones arboladas más singulares a múltiples niveles (faunísticos, paisajísticos, económicos, sociales...) y a diversas escalas, incluida la continental. Resulta por tanto del máximo interés ahondar en el conocimiento de los procesos que a lo largo de milenios han conducido a la existencia de estos sistemas y a su abundancia, para de ese conocimiento extraer las pautas adecuadas para su gestión.

Nuestros actuales sistemas adehesados<sup>2</sup> mantienen una biodiversidad elevada, muy su-

---

<sup>1</sup> Servicio de Espacios Naturales. D.G. Medio Natural. Junta de Castilla y León. Rigoberto Cortejoso, 14 47014 Valladolid.

<sup>2</sup> A causa de los diferentes significados que ha ido adoptando el vocablo "dehesa" a lo largo de la historia, en

perior a la de otras formaciones, incluso bosques menos manejados. A causa de ello, las "dehesas perennifolias de *Quercus spp.*" han sido reconocidas como hábitat de interés comunitario (código 6310) por las Directivas europeas en la materia, así como por la ley 42/2007 del Patrimonio Natural y la Biodiversidad. Especies emblemáticas o amenazadas de nuestra fauna, como la grulla o el águila imperial, viven o se alimentan en ellas. Estas y otras características las han convertido en cierto modo, sobre todo para el gran público, en un paradigma del "equilibrio" entre usos humanos y conservación de valores ambientales, ignorando a menudo lo inestable de ese "equilibrio" y el elevado grado de manejo antrópico de todos los elementos del sistema, desde la composición específica del pastizal hasta la disposición de las ramas de los árboles.

Más allá de las interpretaciones de que han sido objeto las dehesas, se trata en esencia de sistemas agrosilvopastorales profundamente humanizados y que se caracterizan por una fisonomía de aspecto sabanoide, a causa de la baja densidad del estrato arbóreo y de la inexistencia de estratos arbustivos desarrollados y estables. La importancia superficial que alcanzan y su propia existencia están relacionadas con factores de muy diversa índole, en la que cobran especial importancia los eventos históricos, e incluso cuestiones relacionadas con el régimen de propiedad de los terrenos (Vicente *et al.*, 2005).

Algunos autores se basan en registros paleobotánicos o en referencias históricas para defender la tesis de que sistemas similares a nuestras actuales dehesas ya fueron manejados en el suroeste ibérico desde hace varios milenios, e incluso "generados" a partir de la manipulación humana de los ecosistemas preexistentes (Stevenson y Harrison, 1992; Joffre *et al.*, 2004). En concreto, en Extremadura, los recientes análisis paleobotánicos llevados a cabo en los yacimientos neolíticos de Los Barruecos (Malpartida de Cáceres) y el Cerro de la Horca (Plasenzuela), han llevado a López Sáez *et al.* (2007) a postular la formación de un paisaje de "tipo dehesa" en la región, desde el cuarto milenio a.C., vinculada al manejo humano del medio. Sin embargo parece complicado a partir de los datos disponibles discernir entre masas uniformemente poco densas y paisajes en mosaico o con arbolado residual en densos grupos. Con todo, es preciso admitir en esta época la complementariedad en un mismo lugar de los usos ganaderos con aquellos que permiten la persistencia de arbolado del género *Quercus*, gracias a su producción de bellotas, de modo que la clave funcional básica de nuestras actuales dehesas ya estaba en la esencia de la gestión humana en esos momentos. El éxito de este tipo de uso supondría con el paso de los milenios la frutalización de nuestros bosques y la creación de los sistemas adehesados. Los trabajos de reconstrucción ambiental del siglo V a.C. en Extremadura muestran la importancia en el modelo productivo de los bosques de *Quercus* aclarados para el pasto de los ganados (Duque, 2004). Ya en esa época se pone de manifiesto una recolección selectiva de las bellotas de encina respecto de las de quejigo, coscoja o alcornoque (Vázquez *et al.*, 2004).

Sin embargo, y aun partiendo de que a buen seguro existirían entonces modos de manejo ganadero de áreas de bosque aclarado, parece peligroso extrapolar dichos sistemas a las dehesas actuales. En realidad, nos vamos acercando a conocer la composición de los paisajes forestales del pasado gracias a la paleobotánica, pero distamos aún mucho de saber de qué forma se disponían sus elementos, qué estructura presentaban. Es frecuente que acudamos a estructuras hoy conocidas y familiares para explicar paleodatos que podrían enca-

---

los que se incide más adelante, en esta comunicación se ha intentado utilizar el nombre más genérico de "sistemas adehesados" para designar aquellos sistemas de aprovechamiento silvopastoral o agrosilvopastoral que mantienen un estrato de arbolado ralo más o menos homogéneamente distribuido en su superficie; para las formaciones actuales de *Quercus perennifolios* se ha reservado el nombre de "la dehesa"; mientras que "dehesas", en genérico, o "dehesas históricas", se ha usado para todas las áreas que históricamente hayan sido designadas así.



jar también con otras estructuras con las que no contamos hoy. No es, por ello, suficiente a mi entender, el detectar doseles arbolados no cerrados para inferir estructuras análogas en su apariencia a la dehesa actual. Las dehesas de hoy día se caracterizan no sólo por un aspecto de bosque claro, sino por un conjunto de atributos que van desde la escasez de especies a una considerable homogeneidad en edades y diámetros, pasando por la estructura de las copas o la composición específica de los pastizales y una determinada fauna (silvestre y doméstica) asociada. Estos y otros caracteres vienen determinados por las formas de actuación humana, algunas de origen secular pero otras propias de tiempos recientes. El mantenimiento de este sistema requiere de una intervención humana continua, sin la cual la fisonomía y funcionamiento del mismo cambia rápidamente. Equiparar estas modernas dehesas a los paisajes “aclarados” de milenios anteriores resulta excesivamente aventurado. Incluso las referencias históricas han de ser tomadas con cautela, a causa de la evolución en el significado mismo de las palabras. Esto resulta especialmente importante, por cuanto la profusión con la que el término dehesa es empleado en la documentación histórica puede llevar a considerables errores de interpretación si al leerlo establecemos una analogía exenta de análisis con las formaciones que hoy denominamos así.

Para la realización de este trabajo se ha consultado una copiosa información histórica de diversa procedencia, pero centrada geográficamente en Extremadura, la Comunidad en que los encinares adehesados resultan más abundantes, llegando a constituir un paradigma regional. Aunque ha sido esencial la diversidad de la información consultada (variedad tanto espaciotemporal como de disciplinas: historia, geografía, ecología, etc.), cabe resaltar las recopilaciones documentales de los siglos XIV a XVI, fundamentalmente relacionadas con archivos eclesiásticos y municipales, así como las diversas ordenanzas municipales hasta el siglo XVIII y de forma excepcional los testimonios conservados en el Memorial del pleito de 1771 de Extremadura contra la Mesta<sup>3</sup>.

## Origen del término “dehesa”. Significación y desarrollo histórico

El origen etimológico de la palabra ‘dehesa’ resulta en principio bien diferente del significado que le atribuimos hoy, pero puede ilustrar acerca del origen y evolución de los sistemas adehesados (en el sentido actual). *Defessa* significaba ‘defensa’, y *defessar* no era sino defender (en la Edad Media, ‘defensa’ era ‘prohibición’: Corominas, 1973), sustraer determinada porción de terreno del uso común de sus pastos, reservando ese aprovechamiento a determinados ganados o regulándolo de forma diferente al resto del término. El vocablo ‘dehesa’ en su forma moderna aparece por primera vez en lengua española en 924, como tierra acotada destinada a pastos<sup>4</sup> (Corominas, 1973), pero los primeros predios *de-feçados*, ya en el Fuero Juzgo, ratificado por Recesvinto en el año 654, fueron los prados de siega (Real Academia Española, 1815). Luego, con el avance de la reconquista, se iban estableciendo dehesas para asegurar los mejores pastos a los équidos que se empleaban en la guerra, como establecía el Fuero de Plasencia a principios del siglo XIII: *que la defensa del conceio dela çibdat todo tiempo sea defesada de todo ganado et de bestia, fueras de cauallo, et mula, et asno*, llegando hasta tal límite que estaba prohibido el acceso incluso a las yeguas, y por supuesto a ganados ovinos y bovinos (Benavides, 1986). En 1221, en un conflicto entre Palomero y Granadilla, junto a espacios comunales que se explotaban

<sup>3</sup> Para una mayor documentación, se puede consultar el trabajo del cual esta ponencia constituye una síntesis parcial (Ezquerro y Gil, 2008).

<sup>4</sup> En realidad esta variable (la dedicación preferente a pastos) es la única constante en la larga historia de las dehesas, y por ello debe considerarse la esencial para su definición: una dehesa que no es pastada por los ganados no debería recibir tal nombre, y antes o después desaparecerá como tal estructurada adehesada.

conjuntamente, se alude a *prados y defensis* (Clemente y Montaña, 2000). En estos momentos, y en los siglos por venir, “establecer una dehesa” no hacía referencia, *per se*, a ninguna operación de aclarado de masa arbórea (independientemente de que, en según qué casos, ésta hubiera de acometerse), sino al hecho de dotar a un predio de un determinado estatus jurídico en relación con los derechos de pasto en el mismo, reservándolos (defendiéndolos) del uso común a favor de otro exclusivo. Pronto aparecieron nuevos tipos de dehesas, las más importantes las boyales para el ganado de labor, o también las de las carnicerías, donde se mantenía temporalmente el ganado viejo o enfermo que ya era destinado a muerte para el consumo humano.

Normalmente todas estas dehesas eran concejiles, y estaban establecidas y su uso regulado en los fueros fundacionales. Además, algunos fueros establecían la posibilidad de que los particulares “hagan dehesa” en determinado tipo de terrenos, y a menudo corriendo de su parte la obligación de vallarla. Ese era el caso del fuero de Plasencia (Benavides, 1896): *Todo omme que en aldea fiziere defesa, fagala, a uso della aldea et si non uala. Et todo omme que defesa fiziere en frontera del exido o de carrera fagal ualadar aderredor, si non lo fiziere non coia delos dannadores pecho.*

En realidad la historia del término “dehesa” en el centro y sur de la península corre paralela a la de los procesos sociales y económicos subsecuentes al proceso de reconquista, en la amplia franja de terreno que alguna vez fue frontera<sup>5</sup>. La baja densidad demográfica facilitó dicho proceso, promovido por los concejos y ganaderos de León y Castilla, serranos que ambicionan más tierras de pasto y que conocen las ventajas del ganado ovino en los “Extremos”: capacidad para aprovechar rápidamente las tierras ocupadas, posibilidad de repliegue en caso de peligro, y utilización del territorio sin necesidad de población asentada. En las zonas llanas, los nuevos núcleos que se crean poseerán un diseño holgado de los usos del territorio, y el objetivo es “ganar espacios al monte” mediante los repartimientos de tierras para su labranza (Clemente, 2004).

Se comienzan a detectar síntomas de enfrentamiento entre las cabañas trashumantes y la ganadería local, primeros actos de un conflicto que se prolongará por siglos. La intromisión abusiva de los ganados trashumantes foráneos iría obligando a los concejos a solicitar del rey el establecimiento de nuevas dehesas para evitar una invasión que hiciera peligrar el mantenimiento de los ganados locales. En Cáceres ya en 1255 se redacta el ya comentado y conocido como “Fuero de los Ganados”, que supone una verdadera ordenación ganadera repleta de medidas protectoras de cara a la cabaña local estante frente a los ganados serranos (Floriano, 1959). En 1256 el concejo de Trujillo se compromete a *mantener sus defesas libres e quietas, y establece un juramento para que las guarden los montaneros e defeseros; además, permite que los caballeros que puedan fazer prados defesas en las sus heredades conocidas por sus bestias e por sus ganados [...] con razon por que non venga daño a los pueblos* (Sánchez Rubio, 1992).

El problema va agudizando, pues la ganadería cobra pujanza precoz, amparada en el favor de la Corona, y en 1273 Alfonso X crea el Honrado Concejo de la Mesta dotándolo de privilegios necesarios para que los ganados se muevan libremente y puedan atravesar sin

<sup>5</sup> Este trabajo se ha centrado en el centro-sur de la península, pero conviene hacer notar que también en el norte se establecieron y mantuvieron dehesas o ‘devesas’ durante siglos. Por ejemplo en la montaña leonesa (Pérez, 2002) era frecuente que los pueblos de áreas que mantuvieran arbolado tuvieran el monte común dividido en matas (dedicadas a leñas de autoconsumo), cotas (reservadas para cortar pies de grandes dimensiones para edificar casas y obras públicas) y devesas (con pasto acotado para veceras y ganados del común, y aprovechamientos de leña y ramón muy restringidos). Hoy la mayor parte de esas antiguas dehesas de abedul, serbal, haya, roble albar o rebollo, algo diferentes de las meridionales, se han densificado con la crisis del sistema agrario tradicional y han deparado bosques densos y variados (Ezquerria y Pinto, 2009).

quebranto las tierras comunales de los Concejos recién creados. El efecto del tráfago de ganados en busca de pastos ya lo había denunciado poco antes Ciudad Rodrigo en 1255 quejándose al rey: *omnes de ordenes e de villas que vos destruen un pinar e un encinar e un rovedo de vuestra villa que son acotados con las posadas de los ganados que de fazer pasando por hy, a que fazen possadas que non deven a fazer* (Villar García, 1986).

La próspera mesocracia ganadera fue promoviendo procesos de adehesamiento en favor de particulares como pago de favores prestados al rey. La presión de los mesteños por hacerse con pastos fue en aumento y el arrendamiento de yerbas para su invernada pronto supuso un pilar básico de las economías concejiles. Las dehesas, de establecerse para defender a los locales de los trashumantes norteños, pasaron a implantarse para reservar a dichos ganados extensos invernaderos en detrimento de la ganadería local, sobre todo en las áreas menos pobladas, como las encomendadas para su repoblación a las órdenes religioso-militares. Su proliferación se vincula a dos factores: la lentitud e insuficiencia de la repoblación y el desarrollo generalizado de la trashumancia ganadera; y a su vez habría de condicionar el desarrollo demográfico y económico de la región, al acaparar grandes extensiones de terreno para beneficio de las oligarquías autóctonas (por arrendar las hierbas) y los ganaderos foráneos (Clemente Ramos, 2005). Como exponen las ordenanzas antiguas de la ciudad de Badajoz, del siglo xiv (Varios, 1767): *No pudiendo, por la pobreza del corto Vecindario, reducir a cultivo, con el beneficio de la labor, los heredamientos concedidos, se permitió a los poseedores libertad de adehesarlos, y arrendarlos para el aprovechamiento de Ganados propios y ajenos, que es el origen y principio de las Dehesas.*

A lo largo del siglo xvi, el crecimiento demográfico y el desarrollo agrícola llevan a una intensa disputa entre agricultores y ganaderos por el uso del terrazgo, lo que en muchas áreas del suroeste se tradujo en una lucha por el uso de las dehesas concejiles. En 1556 Felipe II ordena que se remedie la carestía de pan, situación que empeora en 1557 (Zulueta, 1977). Los mesteños se quejan al monarca de las continuas roturaciones, y en 1580 se promulga una prohibición de rompimiento de las dehesas, a favor de la Mesta. En la súplica de las ciudades de Trujillo, Plasencia y Mérida, y las villas de Cáceres, Alcántara, Brozas, etc., se alega que sobran dehesas y pastos para el ganado y falta pan, pidiendo que se suspenda tal prohibición. Poco a poco gran parte de las “dehesas de pasto” fueron convertidas en dehesas “de pasto y labor” o incluso de sólo labor, lo que habría de ser fatal para el mantenimiento del arbolado, y dio además lugar a una serie de conflictos seculares por la dicotomía entre titulares de los diferentes aprovechamientos de las dehesas. Durante el siglo xviii se viviría un proceso similar pero aún más intenso, desatándose una suerte de fiebre roturadora que se orientó hacia las dehesas y los baldíos, y fue acompañada por el inicio de las desamortizaciones y del decaimiento de la Mesta. Unos y otros, junto a las innovaciones agrícolas y la protección del cereal llevaron a lo largo del xix a un incremento en las roturaciones con un doble efecto: la generación de nuevas dehesas por ahuecamiento del monte pardo y la “agronomización” de las existentes, lo que a menudo implicaba la destrucción de su arbolado. La desamortización permitió el acceso particular a numerosos montes que pronto fueron objeto de roturación y ahuecamiento, y las innovaciones agrícolas estimularon la ampliación de las roturaciones y ampliaron la superficie potencialmente cultivable. En el siglo xx la mecanización del campo y la intensificación agrícola implicaría un freno absoluto a la renovación de muchas antiguas dehesas de pasto y labor, conduciéndolas primero a un estado fósil y al fin a la pérdida de arbolado, mientras que el abandono de otras supondría su densificación.

### Características y manejo de las “dehesas históricas”

El término “dehesa” tan frecuente en la documentación histórica, pues, en general no

hace referencia a una estructura forestal determinada ni a un tipo de paisaje, ni siquiera a una modalidad concreta de explotación agropecuaria, sino solamente a un predio con una regulación específica de sus derechos de pastos, siendo el uso ganadero el predominante al menos en el momento de su establecimiento, aun pudiendo haberse modificado más tarde. Cabe preguntarse, entonces, si podemos saber cómo eran esas "dehesas", qué aspecto ofrecían o qué manejo se desarrollaba en ellas.

En realidad parece que sólo a partir de épocas muy recientes (segunda mitad del siglo XIX, como pronto) el vocablo "dehesa" adquiere de forma unívoca el significado de formación arbolada poco densa con que lo identificamos hoy. Con anterioridad el término fue utilizado para designar diversos tipos de predios dedicados al pasto, o incluso una referencia genérica a una propiedad extensa, pero sin referencias específicas directas a las formaciones vegetales que las cubrían, con diferentes proporciones de pastizales, árboles y arbustados densos o montes pardos (Martín Vicente y Fernández Alés, 2006). Un mapa manuscrito de 1596<sup>6</sup> dice de la Dehesa del Verçial, cerca de Hornachos (Badajoz) que *tiene más de la mitad de monte pardo espeso, y de ningún provecho para pasto de ganado, pues por los lobos, jabalíes y animales que en él se crían es dañoso, y de mucho perjuicio a lo Raso que en ella hay, el cual cada día con la multiplicación del dicho monte se irá apretando y disminuyendo si no se remedia*. Tampoco el arbolado resultaba imprescindible para que hubiera una dehesa, y así apuntaba Dillon (1780) que *los pastizales llamados "Dehesas de la Serena" [...] consisten en una planicie sin árboles ni plantas*. Pero especialmente ilustradora al respecto resulta la relación que de las dehesas del partido de Cáceres se contiene en el Memorial (Varios, 1771) contra la Mesta, y que las divide en tres clases: *unas llanas, sin monte alto, baxo, ni matorrales: otras que crían jarales y matorrales, y no tienen monte alto hueco de encina, ni alcornoque: y otras que tienen montes altos, que las mas de ellas crían también jarales y matorrales*. Para algunos autores, incluso, las estructuras de grandes árboles espaciados (el llamado "bosque parque") resultaban minoritarias en las dehesas hasta el siglo XIX, frente a las más abundantes formaciones de *Quercus* amatorialadas (Martín Vicente y Fernández Alés, 2001). De hecho, durante los siglos XVIII y XIX; las referencias a grandes extensiones de matorral en las penillanuras extremeñas son mucho más frecuentes que las que hablan de pastizales arbolados. Estos matorrales estarían entremezclados en mayor o menor grado con pies dispersos de regenerado arbóreo, en fase de recuperación tras la caída de los rebaños trashumantes que siguió a la abolición de la Mesta: *el verdadero carácter que la vegetación produce en las provincias extremeñas, está dado por los matorrales que la invaden en gran parte, sobre todo en la provincia de Cáceres, que casi toda ella es un matorral de Cistáceas, cantueso, romero, madroñeras, distintas especies de Erica, lentisco, retamas, aliagas, brezos, Quercus [...] y sobre todo jaras* (Pacheco, 1889).

No parece por tanto que los predios denominados históricamente "dehesas" hayan mantenido a lo largo de los siglos características fisonómicas permanentes y ni siquiera comunes entre ellas. Aunque resulta posible, en virtud del uso al que estaban sometidas, atisbar algunas de sus posibles apariencias. Resulta hasta cierto punto obvio, por ejemplo, que si estaban destinadas al pasto se manejaran de modo que mantuvieran un pastizal adecuado. Esto equivale en todo caso a que no mantuvieran una cobertura arbórea densa, siendo en principio posible que no la mantuvieran en absoluto. Resulta llamativo que en el fuero otorgado a Mérida en 1235 se mencionen *los bosques de conejos que vulgarmente llaman dehesas* (Martínez, 1905), donde la abundancia del lagomorfo parece indicar una estructura poco densa de estas formaciones, al menos en su estrato ar-

<sup>6</sup> Archivo General de Simancas. Signatura: MPD, 51, 017. Planta de la Dehesa del Bercial.

bóreo. Por otra parte era conocido el efecto inmediato del ahuecamiento, que incrementaba la producción de bellota y permitía el desarrollo del pasto o del cultivo instalado. Así lo explicita el proyecto de roturación ideado por Pedro Sánchez Dábila, vecino de Cabeza del Buey (Badajoz) hacia 1780, que alega que *los montes de Extremadura están llenos de chaparros, los que, guiados y limpios de la vegetación de monte baxo, con mucha facilidad, vendrán a hacerse enzinas; en cuio caso podrá creerse, sin dificultad, que ese fruto de bellota será proporcionalmente abundante y, tanto, que excederá a el crecido que en el día produze aquella fertilísima provincia, pues las dehesas de monte hueco que vendrán a criarse por esta disposición serán de mayor número y cavida que las que existen en el presente tiempo* (cit. en Linares, 2001).

Pero ¿mantenían o intentaban mantener las dehesas históricas, con carácter general, un estrato de arbolado disperso? Parece claro que el mantenimiento de un arbolado poco denso resulta de utilidad en los sistemas pastorales del suroeste peninsular. Su presencia tiene efectos directos en la estructura de los pastizales: el pasto bajo la copa de las encinas se caracteriza por una composición en especies y por una fenología diferente del que existe fuera de su proyección, lo que contribuye a incrementar la diversidad pas-cícola y a alargar los periodos de aprovechamiento (San Miguel, 1994). Pero también deparaba otros beneficios: cobijo y leña en invierno, sombra y ramón en verano, y sobre todo, en el caso de las encinas, bellota para personas y ganados. En el manuscrito citado 1596 en el que se propone la quema y desmonte del monte pardo en la dehesa del Bercial, en las áreas cubiertas por matorral (jaras y aulagas) se propone la quema directa y total, mientras que en otra zona se advierte que entre el monte hay *carrascas que guiándose se podrían salvar, y con el tiempo darían mejor condición al pasto por el provecho de la bellota*; de modo que se propone *salvar todos los mejores de ellos, limpiándolos alrededor cortando y alejando el monte del tronco de cada uno por espacio conveniente antes de ponerle el fuego...*

En muchos casos el arrendatario de la dehesa disponía sólo del pasto, mientras que los aprovechamientos del vuelo (a menudo la bellota o el ramón, y casi siempre la leña) correspondían a los propietarios (concejos, señores, órdenes militares o vecinos). Estos factores llevaron al establecimiento de una relativa protección legal a ese arbolado, pero restringida a determinadas especies: los *Quercus* (siendo la encina de bellota dulce especialmente favorecida, como se verá a continuación); y a determinadas edades: el arbolado adulto. La protección dispensada al arbolado joven era mucho menor y acabaría por determinar la desaparición del vuelo de muchas dehesas por senescencia y falta de regeneración. Este proceso se vería favorecido por la distinta propiedad de suelo y vuelo, pero sobre todo por el sistema de manejo de las dehesas: muchas se labraban y todas se quemaban de forma periódica, para permitir la siembra o para mantener el pasto, lo que sumado a las intensas cargas pastantes resultaba letal para el regenerado. Así se ponía de manifiesto en 1764 (Varios, 1771): *Que en las Dehesas que producen jarales y matorrales ocurren a la quema [...] subarrendando de siete en siete años a los labradores [...] y si aun de este modo no pueden conseguir su rompimiento, se valen del medio de quemarla oculta y clandestinamente [...] Que en otras dehesas, así llanas como de montes huecos [...] nacen tambien muchos pies de encina, que quedan estos destruidos por los fuegos sueltos y por la corta de arboles que sin arreglo se hace para diferentes usos [...] Que las dehesas de pasto, que pasados algunos años se cierran de jaras y matorrales y que es preciso para pastarlas el que se rompan y siembren [...] Las quemas, que con pretexto de mejorar la hierba se hacen en el otoño, y llevan tras sí millares de encinas y otros arboles, con un perjuicio continuo y trascendental [...] no son casuales, sino repetidas y continuas, con un objeto determinado de mejorar los pastos,*

*quemando por el otoño la hierba seca, larga y agostada del verano, para que reducida a cenizas esparcidas sobre el terreno de la Dehesa, produzca copiosamente hierba nueva y fina, con el beneficio de las aguas sobrevinientes del Otoño.*

Por otra parte, la dedicación a cultivo agrícola de las dehesas resultaba especialmente lesiva para la conservación de su arbolado. Caja de Leruela (1631) indica que *los agricultores desmochan los árboles para que el sol entre a los sembrados y medre el pan. Y aunque dejen horca y pendón (como manda la ley) ponen fuego a las ramas cortadas, con que arrasan las que quedan, y los troncos...* En la Tierra de Coria, por ejemplo, se ahuecaron por este sistema diversos predios que a la postre perdieron su arbolado, siendo luego en parte plantados con olivos y quedando el resto cubierto con pastizales y monte bajo con matorral (García Martín, 1985). A lo largo de los siglos XVI y XVIII los pleitos en torno al uso de las dehesas, entre agricultores y ganaderos, fueron una constante, dando lugar a conflictos en que el mismo monarca se veía obligado a intervenir. De estas guerras, como ya se señaló, el árbol salió casi siempre perdedor (Rubio Recio, 1999). En todo caso, las situaciones de decadencia de las dehesas por falta de renovación del estrato arbóreo (sea por cultivos, por quemas o por cargas ganaderas), no resultan en absoluto nuevas, sino que se fueron produciendo ya desde hace siglos. En el encabezamiento de las Ordenanzas de Jerez (de los Caballeros) de 1544 se denuncia (Martínez, 1892): *En el término della tenían dehesas de montes, y cómo los dhos montes heran los más fructíferos y prouechosos que auía en estos rreynos [...] y porque se iban los dhos montes disminuyendo en gran manera, pues dehesas que tenían muchos árboles de encinas y alcornoques en que se engordaban muchos puercos ya no tenían ningún árbol, y otras dehesas que les faltaua la mitad y más de monte que solían tener de diez años a aquella parte.*

En definitiva, las zonas adehesadas estaban sometidas a una serie de usos que sólo se podían llevar a cabo en áreas suficientemente insoladas, de baja cobertura arbórea: pastos y cultivos. Los usos pascícolas solían desarrollarse siempre y constituían la propia esencia de la dehesa, mientras que los labrantíos se realizaban sólo en algunos casos o bien en forma periódica o parcial. Por otro lado, se intentaba mantener por su utilidad los árboles que daban bellota, si es que existían, pero en ningún caso en formaciones densas. Sin embargo, las prácticas asociadas a los dos usos preeminentes (incendios y laboreo), si se desarrollaban con la suficiente intensidad y durante un lapso suficiente de años, resultaban contrarias a la regeneración de ese arbolado. Las dehesas arboladas irían paulatinamente adoptando un aspecto de monte hueco que acabaría por identificarse con su propio nombre. Las únicas opciones para que se produjera la regeneración pasaban, bien por el implemento de planes de siembras y apostos (que no debieron alcanzar en general el objetivo deseado), bien porque se cumplieran de forma escrupulosa las ordenanzas establecidas al efecto (algo más bien excepcional a juzgar por las referencias históricas), bien porque durante un plazo de tiempo suficiente (del orden de 20 años) la presión de tales usos sobre el sistema disminuyera de forma patente. Esta última opción daría lugar a que en ese periodo la regeneración alcanzara el desarrollo suficiente como para escapar al diente del ganado, al fuego y al arado. A lo largo de cinco siglos, del XIV al XIX, es probable que algunas áreas dentro de numerosas dehesas se pudieran haber regenerado de este modo, al amparo de las caídas demográficas generadas por epidemias, hambrunas, guerras o levadas militares. Es razonable pensar que este proceso afectara en mayor medida a tierras marginales por su situación o su calidad, y en menor grado a las utilizadas por la ganadería trashumante castellana, cuyos contingentes podrían no verse afectados por esas crisis locales.

Estudios recientes desarrollados en la penillanura cacereña parecen corroborar estas tesis, y apuntan a que la mayor parte de las formaciones adehesadas actuales nunca se han

regenerado, sino que responden al aclareo directo del bosque o del monte pardo, mediante agricultura y pastoralismo, correspondiendo la generación de arbolado presente hoy al remanente del que había antes del adehesamiento<sup>7</sup> (Plieninger *et al.*, 2003). Es frecuente que en las dehesas la mayor parte del arbolado pertenezca a un intervalo de edades muy reducido; en las dehesas más “antiguas” esa edad se cifra en unos 700 años, como el caso de una dehesa en Jaraicejo que se originó hacia 1294 (Hoyas González, 1998). Pero en la mayoría de las establecidas en esa época el arbolado ya habría desaparecido totalmente, salvo episodios de recuperación por abandono, y sin que las eventuales siembras o plantaciones históricas llegaran a alcanzar trascendencia (Plieninger *et al.*, 2004). La mayor parte de las dehesas actuales provendrían de las fases de conquista agraria del periodo 1750-1850 o bien de la más reciente: 1900-1930, en las etapas de “conquista agrícola” (Hernández Pacheco, 1899) que dieron lugar a la “edad de oro de la dehesa”, mediante procesos de descuaje. En esa primera mitad del siglo XX se diversificaron las producciones de las dehesas y aumentó su superficie de la mano de la transformación de importantes extensiones de “monte pardo” (Linares y Zapata, 2003), probablemente una etapa de recuperación surgida tras la senescencia de otras formaciones adehesadas de siglos anteriores: en el marco de aquella conquista de los jarales a la que alentaba Pacheco (1889), se transforman en dehesas extensas superficies de matorral salpicado de árboles y matas de encina. Lejos de sembrarse en esta época árbol alguno, el vuelo de la dehesa quedó como resultante de un proceso de descuaje y posterior quema del matorral, y en algunos casos del entresacado de matas densas o del apostado de pies jóvenes. A partir de los años sesenta, en cambio, la mecanización del campo propició nuevas pulsaciones deforestadoras, y sobre todo, al implicar una eliminación de matorral y regenerado mucho más efectiva, bloqueó las posibles vías para regeneraciones parciales de la superficie adehesada. A principio de los setenta diversas causas propiciaron la caída de rentabilidad del sistema de explotación “tradicional” de la dehesa, lo que deparó nuevas roturaciones y arranques masivos de encinas adultas.

## El favorecimiento selectivo de la encina

El posicionamiento del hombre ante las diversas especies arbóreas nunca ha sido neutral. Su interés pronto se centró en aquellas que satisfacían más adecuadamente sus demandas: construcción, combustible y sobre todo alimentación para él y sus ganados. Las especies más interesantes fueron favorecidas, bien directamente o de forma indirecta mediante presión selectiva. Ese fue el caso de especies como el castaño o los *Quercus*, fundamentalmente la encina (Campos *et al.*, 2003). Este proceso de frutalización ya ha sido identificado por diversos autores como uno de los más acusados en la configuración histórica de los bosques ibéricos (Manuel y Gil, 1996; García Antón *et al.*, 2002).

La gran importancia de la encina se basa en su producción de bellota, esencial para la alimentación de los ganados aún en la actualidad e históricamente también para la humana. Diversos estudios apuntan a que ya desde tiempos neolíticos el hombre prehistórico ejerció un proceso selectivo sobre las encinas, buscando ejemplares que dieran frutos mayores, con menos taninos y con alta proporción de flores femeninas (Peco *et al.*, 2001), y también parecen indicar que su área de distribución se ha incrementado por la acción humana (Reille *et al.*, 1980). El uso de este fruto en la alimentación humana y animal está constatado desde hace milenios, y su importancia supuso desde entonces un factor de selección y de favorecimiento. Plinio El Viejo apuntaba lo general de su consumo, y la excepcional calidad de las bellotas en Hispania (García y Bellido, 1978).

<sup>7</sup> Sin embargo, esto no debe confundirse con que las dehesas procedan del aclarado de los bosques “originales” o “naturales”, como veremos más adelante.

Otros análisis indican que desde hace más de 4.000 años en el suroeste ibérico pudieron desarrollarse procesos de aclareo selectivo de los bosques para fomentar el pasto de los ganados, manteniendo formaciones claras con *Quercus* como dominantes (Stevenson y Harrison, 1992), o al menos aprovechando y estabilizando esas estructuras abiertas. La encina se habría visto favorecida incluso frente a otros congéneres notablemente útiles como el alcornoque, al que aventaja con claridad tanto en la calidad de su bellota como en su capacidad para brotar de cepa y raíz tras cortas o incendios (Parsons, 1962).

La documentación histórica disponible no hace sino avalar estas teorías, y uno de los aspectos más ilustrativos es el trato normativo preferente de que era objeto la encina con respecto a los demás árboles. Ya en el siglo VII el Fuero Juzgo visigótico establecía una pena específica para *quien talare árbol de lande mayor* (y no sólo "árbol de lande", lo que puede constituir una clara referencia a las encinas productoras de grandes bellotas). Antes de acabar el siglo XII el fuero de Plasencia, *por talar arbol ageno que leuare fructo* establecía una pena seis veces superior a por árbol *que non leuare*, la mitad que por la rama de uno de los de fruto (Benavides, 1896). En Trujillo en el siglo XV la sanción por talar una encina ascendía a 600 maravedíes, mientras que por un fresno no pasaba de 300 (Clemente Ramos, 2000). Cuando Talavera, propietaria de la llamada Dehesa de los Guadalupes, cede a los lugares de Castilblanco y Valdecaballeros los terrenos más próximos a los mismos, para su uso como ejidos y dehesa boyal, establece en ellos la prohibición de plantar *árboles que no sean encinas*, así como de respetar en las roturaciones al menos ocho encinas por cada fanega (Hontanilla, 2000). Las pruebas son numerosas; en algunas ocasiones se beneficia en general el árbol de bellota, en otras de forma específica la encina frente al alcornoque o el roble. Incluso se encuentran testimonios que establecen una presión selectiva entre las mismas encinas, en contra de las que producían poco o mal fruto, las llamadas albarranas, gravando su corte con una pena seis veces inferior a la normal (Solís, 1982). Calonge y Ramos (2006) aportan multitud de ejemplos que evidencian el continuado "privilegio" de que ha sido objeto la encina durante los últimos 400 años en amplias zonas de la meseta norte, tanto por medio de protecciones como de siembras o plantaciones directas, habiendo deparado hoy en día encinares que responden, de una u otra forma, a la intervención humana.

Por otra parte, el motivo último por el cual se defendían selectivamente las encinas (su fruto) habría de tener otras implicaciones en la configuración de los ecosistemas de aprovechamiento prioritario pastoral: las dehesas. La cobertura arbórea había de ser baja para que pudiera desarrollarse un pastizal denso y de calidad, suficientemente iluminado, pero además la misma baja densidad del arbolado favorecía directamente la mayor insolación de su copa y un incremento drástico en la producción de fruto: está comprobado que los árboles aislados producen cosechas de bellota unas diez veces superiores a las de sus vecinos "forestales" (Plieninger *et al.*, 2003). Es decir, la importancia del aprovechamiento de bellota favorecía el aclarado de las masas arbóreas, algo que también promovía el aprovechamiento de las hierbas. En términos ecológicos ello supone de por sí, entre otras consideraciones, un obstáculo a la regeneración de especies tolerantes a la sombra, que verían reducida su representación en el ecosistema.

Pero además es preciso considerar otras consecuencias, a causa de las prácticas de manejo habituales en los sistemas adehesados: cortas para leñas y ramón, incendios para pasto y rozas, cargas ganaderas elevadas, etc. La respuesta de las distintas especies a estos procesos es diferencial, y mientras que suponen la extinción de algunos taxones, otros poseen mecanismos que les permiten mantenerse. Se ha de resaltar la capacidad de la encina para soportar perturbaciones ambientales o antrópicas, muy superior a otros árboles de su entorno. Es conocida su capacidad para soportar podas drásticas, rehaciendo su



copa, o de rebrotar de cepa tras la corta del tronco o el paso del incendio. Además la gran longitud de sus raíces le permite emitir brotes de raíz a gran distancia del tronco, más de 25 m (Moreno *et al.*, 2005), renuevos que forman hojas coriáceas y espinosas, por su proximidad al sistema radical, y crecen generando estructuras que resisten bastante bien al diente del ganado y permiten que algún vástago de futuro sobrepase la altura de sus bocas. La rarefacción de todas las estirpes que no estuvieran especialmente dotadas para rebrotar profusamente y soportar estos regímenes renovadores, iría siendo cada vez más acusada. Pinos y enebros, así como diversas frondosas no fagáceas de los géneros *Acer*, *Celtis*, *Sorbus*, *Pyrus*, etc., serían las más afectadas, llegando a desaparecer de grandes áreas. Incluso dentro del género *Quercus*, la preferencia por la encina y la efectividad de sus mecanismos de regeneración llevaría a esta especie a detentar un dominio generalizado en áreas llanas, así como el monopolio que aún hoy conserva en zonas en que anteriormente abundaban otras como alcornoques y robles, hoy desaparecidas o relegadas a enclaves especialmente favorables (Sevilla, 2007).

### Siembras, plantaciones y apostos

Una de las cuestiones que permanecen aún sin resolver adecuadamente es la relevancia que han podido jugar las siembras o plantaciones o apostos, a escala histórica, en la conformación de las dehesas que nos han llegado o en la de las que ya desaparecieron. A la luz de los registros documentales parece claro que esas actividades se practicaron en muchos lugares, con una cierta insistencia y en algunos casos de forma organizada y controlada. Sin embargo, resulta difícil evaluar sólo con esos datos su eficacia real a largo plazo y a la escala de amplios territorios,

Ya en los albores de la Edad Moderna, la preocupación por la carestía de arbolado en gran parte del territorio de los reinos de la Corona de Castilla alcanza el sentir de los gobernantes, traducándose en las primeras ordenanzas que tratan de fomentar la reconstrucción de los montes mediante la siembra o plantación de nuevos árboles. Son el Emperador Carlos y su madre Juana quienes en 1518 hacen promulgar la pragmática de 21 de mayo sobre la Formación de Nuevos Plantíos de monte y arboleda y de ordenanzas para conservar los viejos y nuevos: “[...] que en la parte donde oviere mejor dispusición se pongan e planten luego montes de encinas e robles e pinares”

En realidad, en esta época la agricultura y la ganadería ejercían una presión decisiva sobre el medio en pos de tierras, y ninguna de las dos actividades estaba dispuesta a perder la mínima superficie de lo que había ganado al monte. De hecho, la pragmática de 1518 incluye una queja por no haberse acatado otra análoga anterior, reconociendo que la destrucción del arbolado continúa: *porque nos somos ynformados que en algunas d'estas ciudades, villas y lugares no se a fecho nin cunplido lo susodicho e cada día se talan e destruyen mas los dichos montes e que no se ponen de nuevo otros algunos, e ansi en los talar e cortar como en los desarraigat y sacar de quajo ay mucha desforden*. Incluso llega a incorporar una disposición que parece tratar de vencer la resistencia mostrada por los ganaderos, y en realidad la delata: *«con tanto que después que los dichos montes e pinares e arboles fueren criados el pasto comun d'ello quede libremente para sienpre jamas segund que agora es, para los ganados de los vecinos de dichas ciudades, villas e lugares»*.

La preocupación por el fomento de los bosques continúa, y se acrecienta en el gobierno de Felipe II, quien dispone diversas instrucciones para la instalación de plantíos. El 22 de febrero de 1567, el mismo rey manda una Instrucción al corregidor de la ciudad de Plasencia, en que alude a la citada provisión de 1518 y se lamenta de que ni aquella carta ni otras ordenanzas parecidas se habían cumplido por parte de particulares ni alcaldías, y hace constar que: los montes antiguos están desmontados y talados, y rozados, y sacados

de cuajo y de nuevo son muy pocos los que se han plantado. El intento de aumentar la extensión de los bosques se ve a menudo traducido, al llegar a las instancias concejiles, en una mera intención de poner olivos y otros frutales en los viñedos, así como álamos y sauces en los arroyos, al margen de la protección que ya recibían previamente encinas y alcornoques en las dehesas, como se apunta en 1518 en Villafranca de los Barros (Solís, 1982):

*«Que en quanto al poner e criar castaños e pinares, robles que en esta villa no ay dispusición ni término para ello, porque nunca los ovo ni es tierra para ello e que montes de encinas no ay en otra parte dispusición para las criar sino en dos dehesas boyales que tiene esta villa [...] y toda la otra tierra está labrada o se labra para pan e para viñas porque es más util e provechoso que para montes, y que las dichas dos dehesas que las tienen acotadas antes de agora y puesta pena ninguna corte ni arranque ningun carrasco de ençina ni alcornoque [...]»*

A lo largo del siglo XVIII la preocupación por el aumento de los plantíos para fomento del arbolado es una constante nacional. En diciembre de 1748 se promulga la Real ordenanza para el aumento y conservación de montes y plantíos, que mandaba a los corregidores efectuar reconocimiento de los términos de cada pueblo para que informaran de la situación y ordenaran la realización de plantíos por parte de los vecinos (Urteaga, 1987).

En otras zonas del país en que se ha analizado el grado de aplicación de estas normas y el de éxito de las plantaciones abordadas, la conclusión más generalizada es que, salvo excepciones, se redujeron a pequeñas plantaciones de escasa entidad superficial por falta de presupuestos que las acometieran, hechas con plantas y simientes tomadas del entorno próximo, las más de las veces fallidas por falta de cuidados, y casi siempre en confrontación con los usos ganaderos previos (Guerra, 1999). Algunos autores destacan la importancia en concreto de plantaciones de encinas (Coronas, 2001; Calonge y Ramos, 2006).

De hecho, si en el suroeste de España hubo alguna variedad de plantío que tuviera visos de prosperar, esa habría de ser la de encinas en las dehesas, tanto por la valoración de que era objeto el árbol como por la mejora que suponía para el pastizal, que por otra parte quedaba libre al común. Lo cierto es que la documentación del siglo XVIII en Extremadura abunda en citas de plantíos (normalmente de frutales, olivos y castaños, pero también de encinas y alcornoques) y de “montes nuevos”. El Catastro de Ensenada es una fuente abundante en estas referencias: por ejemplo, en Araya se comenta que no hay más plantío que el de encinas; en Logrosán, que hay algún monte de encina nuevo. Aparecen algunas normas locales en aplicación de las dispuestas en las de carácter nacional, o de forma más o menos sincrónica a las mismas. Se tiene constancia de planes de apostos de cierta entidad al menos desde 1730. Las ordenanzas de Villanueva de la Sierra de 1753 establecían la obligación de plantar tres árboles o en su defecto apostar treinta por cada uno cortado con licencia (Paule, 2003). Precisamente esa operación del “aposto” (hoy es más común el término “apostado”) será una característica diferencial de la aplicación de la normativa de plantíos en el suroeste, y consistía esencialmente en la limpia, protección y guía de arbolillos jóvenes, en concreto de alguno de los numerosos tallos que presentan las matas de *Quercus* procedentes de la corta o quema previa de otros árboles o matas preexistentes.

La facilidad de ejecutar estas operaciones sobre ejemplares ya existentes y el valor socioeconómico de estas especies, especialmente de la encina, orientaría a esta actividad la mayoría de los esfuerzos de “poner montes”, en detrimento de los plantíos. Así se expresa en Gargantilla (Partido de Plasencia, 1791): No se han echo [...] plantíos ni semilleros, pero en su lugar todos los años [...] se ha practicado aposto y limpia de arboles [...] limpiándolos y guiándolos. Resulta difícil, no obstante, diferenciar ambas actua-

ciones en base a la documentación que existe, pues en ocasiones se habla genéricamente de plantíos, cuando se está refiriendo a zonas donde se han apostado matas. Así parece ser en Coria, donde todos los años al principio de la primavera los vecinos de esta ciudad salen a hacer y aumentar los plantíos, limpiando, apostando y guiando los carrascos de dichas matas y con particularidad en las dos dehesas (Partido de Coria, 1791). De hecho el éxito de esta técnica lleva a los regidores a desafiar a distinguir los montes así logrados de los conseguidos mediante siembra (lo que también nos asegura que se empleaban las dos), como se señala en Benquerencia: ... dudando si dichos plantíos fueron criados con semilleros en virtud de reales ordenes o si han sido producidos de la misma tierra, guiando y apostando chaparros como de costumbre inmemorial se ejecuta a principio de año por todo el vecindario según orden para ello (Partido de Mérida, 1791). En algunas comarcas contamos con seguimientos detallados de esta actividad, contándose por decenas de millar los árboles apostados cada año, como en la tierra de Cáceres (Zulueta, 1977). No obstante, parece que la técnica de nuevos plantíos también llegó a buen fin en algunos casos, y de seguro que en muchos lugares determinó la recuperación para el arbolado de dehesas que ya lo habían perdido.

Sin embargo, independientemente de excepciones locales de mayor o menor entidad, no resulta fácil concluir que la "nueva extensión" pudiera llegar a ser notable. Cuando, en el curso del Pleito contra la Mesta, Paño propone en su "remedio" XIV el plantar árboles, la Mesta no duda en oponerse frontalmente y con una frase sentenciosa y reveladora: Extremadura necesita de desmontes, no de montes (Varios, 1771). Esta situación resulta paradigmática de cómo los nuevos aires ilustrados y la preocupación por el arbolado habrían de chocar sobre el terreno con la lucha por el uso de la tierra y sus recursos. Así, en Torre de Don Miguel (Partido de Alcántara, 1791) se reconoce que: *En la deesa de esta villa anualmente se guian porcion de arboles de mata, pero estos nunca perbalezen nacido de que ocultamente se talan lo uno y lo otro, que tambien suelen quemarse [...] queda destruida por lo que no viene arbol alguno y solo esta poblada de mata baja.* Y aun de forma más patente se expresan en Villa del Campo: *El estado de los plantíos que se apostan y solamente se crian en la deesa boial es bastante deplorable pues desconsuela verlos sacados de entre el monte bajo y limpios y ya destrozadas su gias o cortados por el tronco a los pocos años de guiados.*

En todo caso, como se ha comentado anteriormente, no es descartable que la importancia ostentada en Extremadura por la encina y la tradición centenaria en su favorecimiento selectivo, haya permitido que estas medidas tuvieran un éxito superior al de otras regiones, que realmente se ejecutaran plantíos en muchos pueblos e incluso que algunas de las dehesas que hoy persisten tengan su origen en los planes de apostos dieciochescos. A ello apunta también lo frecuente de planteamientos como el defendido en Benquerencia (Partido de Mérida, 1791), donde se propone hacer montes productivos guiando los encinares que pueden producir por la mucha mata parda en que abunda, en base, seguramente, a experiencias anteriormente constatadas. Por otra parte, es preciso considerar que sucesos extemporáneos pero relativamente frecuentes a escala de siglos, como epidemias, guerras o levadas militares, generaran localmente bajas demográficas que redundaran en un descenso en la presión agroganadera sobre determinadas zonas, sobre todo sobre las más alejadas de los núcleos de población o las que tuvieran un régimen jurídico especial. En las áreas donde se hubieran practicado apostos, o simplemente donde subsistiera un número suficiente de árboles o cepas para generar regenerado o nuevos brotes, un lapso de pocos decenios sería suficiente para elevar las copas de las encinas por encima del diente del ganado, y permitir así una cierta recuperación del espacio forestal.

## CONCLUSIONES

A lo largo de los últimos milenios se han sucedido en la península ibérica variados sistemas de aprovechamiento agrosilvopastoral, basados en la complementariedad de recursos y que a menudo han mantenido durante décadas o siglos estructuras de arbolado claro sin estrato arbustivo, que conocemos genéricamente como sistemas adehesados. Por otra parte, al menos desde tiempos medievales y sobre todo desde la Reconquista, el establecimiento de dehesas (en el sentido de predios cuyo aprovechamiento pascícola estaba acotado y sustraído del común) ha constituido una pieza esencial en el ensamblaje de los modelos productivos de la España rural, fundamentalmente en el cuadrante suroccidental. Sin embargo, no todas esas dehesas históricas han mantenido sistemas adehesados, por lo que las comparaciones entre unos y otras, o entre la dehesa actual y las referencias históricas ha de llevarse a cabo con suma cautela.

A día de hoy, la falta de regeneración se considera de forma unánime el mayor problema de cara a la persistencia de los sistemas adehesados (San Miguel, 1994; Pulido *et al.*, 2003). Además de los usos incompatibles con esa regeneración y las intensas cargas ganaderas, se han identificado también otros factores limitantes relacionados con la falta de hábitats adecuados para especies animales dispersadoras y de situaciones o enclaves que faciliten el establecimiento viable de las plántulas (Pulido *et al.*, 2003). En realidad, ambos grupos de factores resultan mutuamente dependientes.

La falta de regeneración parece un problema inherente al uso asociado a las dehesas desde su antigüedad, si bien su gravedad y repercusiones han variado a lo largo de la historia. En todo caso, se hace urgente la necesidad de integrar en las prácticas de manejo de las dehesas aquellas que aseguren la renovación de su vuelo; será la única garantía de su pervivencia, quizás por primera vez en la historia reciente.

## Agradecimientos

A todos los compañeros que han condescendido en hablar conmigo de estos temas. Alfonso San Miguel, Fernando Pulido, Pablo Sánchez, Froilán Sevilla, Álvaro Picardo o Juan y Miguel Montoya han aportado ideas relevantes a este discurso. A Luis Gil y Alfonso San Miguel, por su impulso y confianza.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BENAVIDES CHECA, J., 1896. *El Fuero de Plasencia*. Edición del Ayuntamiento de Plasencia, 2ª ed. 2001, 271 pp, Plasencia (España).
- CALONGE, G.; RAMOS, J.M., 2006. Repoblaciones y "protecciones" de los encinares ibéricos hasta el siglo XX. Los ejemplos expresivos de Castilla y León. *Investigaciones geográficas*, **41**, 33-48.
- CAMPOS, P; CAÑELLAS, I.; MONTERO, G., 2003. Evolución y situación actual del monte adehesado. En: *La gestión forestal de las dehesas*, F.J. PULIDO *et al.* (Coords.) IPROCOR, Junta de Extremadura, Mérida (España), 27-37.
- CAXA DE LERUELA, M., 1631. *Restauración de la antigua abundancia de España, o Prestantísimo, único y fácil reparo de su carestía presente*. Ed. del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 288 pp, Madrid (España).
- CLEMENTE RAMOS, J., 2000. El medio natural en la vertiente meridional del Tajo extremeño en la Baja Edad Media. *Anuario de Estudios Medievales*, **30** (1), 319-386.
- CLEMENTE RAMOS, J., 2004: *La economía campesina en la Corona de Castilla (1000-1300)*. Editorial Crítica, Universidad de Extremadura, 288 pp, Mérida (España).
- CLEMENTE RAMOS, J., 2005: La organización del terrazgo agropecuario en Extremadura (siglos XV-XVI). *En la España Medieval*, **28**, 49-80.

- CLEMENTE RAMOS, J.; MONTAÑA CONCHINA, J.L., 2000. Repoblación y ocupación del espacio en Extremadura (1142-C.1350). En: *Actas de las I Jornadas de Historia Medieval de Extremadura*, J. CLEMENTE RAMOS Y J.L. MONTAÑA CONCHINA (Coord.) Servicio de Publicaciones de la Universidad de Extremadura, 13-40.
- COROMINAS, J., 1973. Breve diccionario etimológico de la lengua castellana. 3ª Edición reimpressa en 2000, Ed. Gredos, 627 pp, Madrid (España).
- CORONAS, L.J., 2001. Baldíos, comunales y repoblación forestal en la comarca de Burgos en la segunda mitad del siglo XVI. VII Congreso de la Asociación de Historia Económica, Zaragoza (España).
- DILLON, J.T., 1780. *Travels through Spain*. Impr. Baldwin, London. Trad. en Maestre, M.D. (1995): *12 viajes por Extremadura (en los libros de viajeros ingleses desde 1760 a 1843)*. Imprenta La Victoria, 2ª ed., 631 pp, Plasencia (España).
- DUQUE, D., 2004. *La gestión del paisaje vegetal en la Prehistoria Reciente y Protohistoria en la Cuenca Media del Guadiana a partir de la Antracología*. Tesis Doctoral. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Extremadura, 846 pp, Cáceres (España).
- EZQUERRA, F.J.; GIL, L., 2008. *La transformación histórica del paisaje forestal en Extremadura*. Tercer Inventario Forestal Nacional, Ministerio de Medio Ambiente, 304 pp, Madrid (España).
- EZQUERRA, F.J.; PINTO, D., 2009. Cambios recientes en la estructura de los robledales cantábricos: implicaciones ecológicas y de gestión. *Actas del 5º Congreso Forestal Español*. SECF-Junta de Castilla y León. CD-Rom. Sociedad Española de Ciencias Forestales. Pontevedra. REF 5CFE01-081, 10 pp.
- FLORIANO, A.C., 1959: *Estudios de Historia de Cáceres (el Fuero y la vida medieval) siglo XIII*. Excmo. Ayuntamiento de Cáceres, Servicios Culturales, Ed. La Cruz, 355 pp, Oviedo (España).
- GARCÍA ANTÓN, M.; MALDONADO RUIZ, J.; MORLA JUARISTI, C.; SAINZ OLLERO, H., 2002. Fitogeografía histórica de la península ibérica. En: *La diversidad biológica de España*, F.D. PINEDA *et al.* (Coords.). Prentice Hall. Pearson Education, Madrid (España), 45-63.
- GARCÍA Y BELLIDO A., 1978. *La España del siglo I de nuestra era*. Colección Austral nº 744, Espasa-Calpe, 301 pp, Madrid (España).
- GARCÍA MARTÍN, B., 1985. *El paisaje agrario de la Tierra de Coria. Sus transformaciones e incidencias*. Ediciones Universidad de Salamanca – Institución Cultural “El Brocense” de la Excmo. Diputación de Cáceres, 528 pp, Salamanca (España).
- GUERRA, J.C., 1999. Apuntes para un balance de la política de montes y plantíos en el antiguo régimen: las Ordenanzas de 1748 y su aplicación en Castilla. *Cuadernos de la S.E.C.F.* 8, 59-66.
- HERNÁNDEZ PACHECO, F., 1959. *Artistas, científicos y literatos ilustres opinan de Extremadura*. Ed. Juan Pedro Vera Camacho, Publicaciones del Movimiento, 41pp, Cáceres.
- HONTANILLA, J., 2000. *La dehesa de los Guadalupes. Historia de un espacio socio-económico extremeño*. Editora Regional de Extremadura, Col. Estudio nº 16, 238 pp, Mérida.
- JOFFRE, R.; RAMBAL, S.; RATTE, J. P., 2004. The dehesa system of southern Spain and Portugal as a natural ecosystem mimic. *Agroforestry Systems* 45, 1-3, 57-79.
- LINARES LUJÁN, A.M., 2001. El proceso de privatización de los patrimonios de titularidad pública en Extremadura, 1750-1936. Universitat de Barcelona, Tesis Doctoral, Barcelona (España).
- LINARES LUJÁN, A.M.; ZAPATA BLANCO, S., 2003. Una visión panorámica de ocho siglos. En: *La gestión forestal de las dehesas*, F.J. PULIDO *et al.* (Coords.) IPROCOR, Junta de Extremadura, Mérida (España), 13-27.

- LÓPEZ SÁEZ, J.A.; LÓPEZ GARCÍA, P.; LÓPEZ MERINO, L.; CERRILLO CUENCA, E.; GONZÁLEZ CORDERO, A.; PRADA GALLARDO, A., 2007. Origen prehistórico de la dehesa en Extremadura: una perspectiva paleoambiental. *Revista de Estudios Extremeños*, LXIII, 1, 493-510.
- MANUEL VALDÉS, C.M.; GIL SÁNCHEZ, L.A., 1998. *La transformación histórica del paisaje forestal en España*. Introducción al Segundo Inventario Forestal Nacional. Ministerio de medio Ambiente, O.A. Parques Nacionales, 104 pp, Madrid (España).
- MARTÍN VICENTE, A.; FERNÁNDEZ ALÉS, R., 2006. Long Term Persistence of Dehesas. Evidences from History. *Agroforestry Systems*, 67, 1, 19-28.
- MARTÍNEZ Y MARTÍNEZ, M.R., 1892. *El Libro de Jerez de los Caballeros*. Edición de 1992 de la Junta de Extremadura, Programa Extremadura Enclave 92, 517 pp, Montijo (España).
- MARTÍNEZ Y MARTÍNEZ, M.R., 1905. *Historia del Reino de Badajoz*. Tipografía de A. Arqueros, 481 pp, Badajoz (España).
- MORENO, J.M.; CRUZ, A.; FERNÁNDEZ, F.; LUNA, B.; PÉREZ, B.; QUINTANA, J.R.; ZUAZUA, E., 2004. Ecología del monte mediterráneo en relación con el fuego: el jaral-brezal de Quintos de Mora (Toledo). En: *Avances en el estudio de la gestión del monte Mediterráneo*, V.R VALLEJO Y J.A. ALLOZA (Eds.), Fundación CEAM, Valencia (España), 17-45.
- PACHECO, E.H., 1889. La conquista de los jarales. *Revista de Extremadura*, tomo I, VI, 359-365.
- PARSONS, J.J., 1962. The acorn-hog economy of the oak woodlands of southwestern Spain. *Geographical Review* 52: 211-235.
- PARTIDO DE ALCÁNTARA, 1791. Interrogatorio de la Real Audiencia. Extremadura a finales de los tiempos modernos. Partido de Alcántara. Edición a cargo de M.Rodríguez Cancho y G. Barrientos Alfageme. Asamblea de Extremadura, Mérida (España), 1993, 719 pp.
- PARTIDO DE MÉRIDA, 1791. Interrogatorio de la Real Audiencia. Extremadura a finales de los tiempos modernos. Partido de Mérida. Edición a cargo de M.Rodríguez Cancho y G. Barrientos Alfageme. Asamblea de Extremadura, Mérida (España), 1994, 469 pp.
- PARTIDO DE PLASENCIA, 1791. Interrogatorio de la Real Audiencia. Extremadura a finales de los tiempos modernos. Partido de Plasencia. Edición a cargo de M.Rodríguez Cancho y G. Barrientos Alfageme. Asamblea de Extremadura, Mérida (España), 1995, 950 pp.
- PARTIDO DE LA SERENA, 1791. Interrogatorio de la Real Audiencia. Extremadura a finales de los tiempos modernos. Partido de La Serena. Edición a cargo de M.Rodríguez Cancho y G. Barrientos Alfageme. Asamblea de Extremadura, Mérida (España), 1995, 345 pp.
- PAULE, A., 2003. Ordenanzas de Villanueva de la Sierra (1753). *Revista de Estudios Extremeños*, tomo LIX, III, 1117-1187.
- PECO, B.; OÑATE, J.J.; REQUENA, S., 2001. Dehesa grasslands: natural values, treats and agri-environmental measures in Spain. En: *Recognising European pastoral farming systems and understanding their ecology. Proceedings of the Seventh European Forum on Nature Conservation and Pastoralism*. EFNCP, Kindrochaid (UK), 67.
- PEREZ ALVAREZ, M.J., 2002. *Omaña y sus concejos en el siglo XVIII*. Servicio de Publicaciones de la Universidad de León, 174 pp, León (España).
- PLIENINGER, T.; PULIDO, F.J.; KONOLD, W., 2003. Effects of land-use history on size structure of holm oaks stands in Spanish dehesas: implications for conservation and restoration. *Environmental Conservation* 20 (1): 61-70.
- PLIENINGER, T.; PULIDO, F.J.; SCHAICH, H., 2004. Effects of land-use and landscape structure on holm oak recruitment and regeneration at farm level in *Quercus ilex* L. dehesas. *Journal of Arid Environments* 57: 345-364.

- PULIDO, F.J.; CAMPOS, P.; MONTERO, G., 2003 (Coords.): *La gestión forestal de las dehesas*. Instituto del Corcho, la Madera y el Carbón, Junta de Extremadura, 183 pp, Mérida (España).
- REAL ACADEMIA ESPAÑOLA, 1815. *Fuero Juzgo en latin y castellano. Cotejado con los más antiguos y preciosos códices*. Ed. Facsímil del original de Ibarra, Impresor de Cámara de S. M., Madrid (España).
- REILLE, N.; TRIAT-LAVAL, H. VERNET, J.L., 1980. Les témoignages de structures végétation méditerranéennes durant le passécontemporain de l'action de l'homme. *Naturalia Monspeliensis, Actes Cool Fond. Emberger* 79-87
- RUBIO RECIO, J.M., 1999. Los paisajes de dehesa en función del manejo y la explotación. En: *Extremadura y la trashumancia (siglos XVI-XX)*, M.A. MELÓN JIMÉNEZ et al. (Coord.) Editora Regional de Extremadura, Mérida (España), 149-161.
- SÁNCHEZ RUBIO, M.A., 1992. *Documentación Medieval, Archivo Municipal de Trujillo (1256-1516)*. Parte I. Institución Cultural "El Brocense", 234 pp, Cáceres (España)..
- SAN MIGUEL AYANZ, A., 1994. *La dehesa española. Origen, tipología, características y gestión*. Fundación Conde del Valle de Salazar. ETSI Montes, 96 pp, Madrid (España).
- SEVILLA, F., 2007. *Una teoría ecológica para los montes ibéricos*. IRMA, 715 pp, León (España).
- SOLÍS, A., 1982: *Villafranca en la Historia*. Ed. Antonio de Solís, Gexme, 613 pp, Trujillo (España).
- STEVENSON, A.C.; HARRISON, R.J., 1992. Ancient forest in Spain: A model for land-use and dry forest management in Southwest Spain from 4000 BC to 1900 AD. *Proceedings of the Prehistoric Society* 58: 227-247.
- URTEAGA, L., 1987. *La tierra esquilhada. Las ideas sobre la conservación de la naturaleza en la cultura española del siglo XVIII*. CSIC / Serbal, 221 pp, Barcelona (España).
- VARIOS, 1767. *Ordenanzas de la M.N. y M.L. Ciudad de Badajoz*. Edición facsímil de 1993, Unión de Bibliófilos Extremeños, 192 pp, Badajoz (España).\_\_\_
- VARIOS, 1771. *Memorial ajustado, hecho en virtud de Decreto del Consejo del Expediente Consultivo [...] entre Don Vicente Paino y Hurtado [...] y el Honrado Concejo de la Mesta General de estos Reynos [...]*. Impreso por D. Joachin Ibarra, 560 pp, Madrid (España).
- VÁZQUEZ PARDO, F.M.; RAMOS, S.; DONCEL, E.; PÉREZ JORDÁ, G., 2004. La recolección de bellotas: aspectos de su procesado y caracterización. En: *El edificio protohistórico de "La Mata" (Campanario, Badajoz) y su estudio territorial*, A. RODRÍGUEZ DÍAZ (Ed.): Universidad de Extremadura, Servicio de Publicaciones, Cáceres (España), 423-432.
- VICENTE ORELLANA, J.A.; MORALES ALONSO, R.; GALÁN DE MERA, A., 2005. Cambios en la estructura y composición de los bosques, causados por el uso del territorio. Estudio comparativo de Villuercas (Extremadura, España) y S. Mamede (Alto Alentejo, Portugal). *Actas del IV Congreso Forestal Nacional*, Zaragoza (España).
- VILLAR GARCÍA, L.M., 1986. *La Extremadura castellano-leonesa. Guerreros, clérigos y campesinos (711-1252)*. Junta de Castilla y León, Consejería de Educación y Cultura, 616 pp, Valladolid (España).
- ZULUETA ARTALOYTIA, J.A., 1977. *La Tierra de Cáceres. Estudio geográfico*. Instituto Juan Sebastián Elcano, CSIC, 182 pp, Madrid (España).

## HOW THE IBERIAN DEHESAS BECAME BLENDED WITH THEIR OWN NAME. REFLECTIONS ON THE HISTORIC ORIGIN OF DEHESA-LIKE SYSTEMS

### SUMMARY

Holm oak dehesas are one of the most characteristic landscapes of the southwestern quadrant of the Iberian peninsula and hoard an outstanding socio-economic capital whose utilization is closely linked to valuable native livestock breeds, such as retinta cattle or Iberian pig. Its cultural and ecological heritage has been enhanced over the last decades, some of its features having been idealized. As a matter of fact, it is possible to improve our knowledge of the ecology of the dehesa system if we try to analyze its evolution from a historic point of view. This lecture sets out some hypothesis on several processes that, for millennia, have shaped dehesa-like landscapes in Spain, highlighting those occurred over the last centuries. The prevailing pastoral land use, associated to historic events, against the backdrop of the never-ending fight between agriculture and livestock rearing, has shaped some processes, such as forest clearing, arboriculture, frutalization, selective felling, specific impoverishment of the tree-layer and creation and preservation of grasslands which are characteristic of our current dehesas. Understanding those processes is essential to successfully deal with their management.

**Key-Words:** holm oak, *Quercus ilex* sbsp. *ballota*, forest history, selective felling, regeneration.



# EFECTO DE LA SEQUÍA EN EL ESTADO Y FENOLOGÍA DE MASAS DE *QUERCUS ILEX* EN DEHESAS DEL SUROESTE DE MADRID

R. BENAVIDES, A. LÁZARO y F. VALLADARES \*

## RESUMEN

Ante la perspectiva de un incremento en la frecuencia de eventos climáticos extremos debidos al cambio climático, resulta de interés es el estudio de cómo éstos pueden afectar a las masas mediterráneas y su evolución. El objetivo de este trabajo es conocer cómo se verán afectadas la fenología de las encinas en dehesas, aspecto importante para su conservación en un entorno de cambio global. Se ha llevado a cabo un estudio para analizar el estado y evolución de encinas tras un evento climático extremo (sequía) ocurrido en el 2009, en dos dehesas del suroeste de Madrid. En 2010, se seleccionaron y clasificaron 100 árboles en cada localidad en función del grado de afectación por la sequía. A lo largo del período vegetativo, se hizo un seguimiento de las diferentes fenofases comparando su desarrollo en individuos clasificados previamente en función del grado de afectación que presentaban al comienzo del estudio. Los resultados mostraron un descenso del número de pies que florecen y un retraso en las fenofases en los árboles más afectados, lo que tiene gran importancia en la producción de bellota y en la consiguiente rentabilidad y mantenimiento de las dehesas.

**Palabras clave:** cambio global, eventos climáticos extremos, producción de bellotas, silvopastoralismo.

## INTRODUCCIÓN

Desde hace varias décadas se vienen observado episodios de decaimiento y muerte de árboles en el Hemisferio Norte, lo que se conoce internacionalmente como *forest decline*, y cuyo origen parece deberse a la combinación de la acción antrópica y de sucesos naturales (Fernandez-Cancio *et al.*, 2004). En la Península Ibérica, su traducción más relevante es el de la *Seca* que afecta a árboles del género *Quercus*, y sobre todo a encinas y alcornoques (Tuset y Sánchez, 2004). Entre los factores detonantes de este fenómeno la sequía parece uno de los principales (Montoya y Mesón, 1994).

Según los últimos datos publicados, el área mediterránea presentará episodios de sequía severa más frecuentemente, con una tendencia hacia la aridez y una irregularidad de la lluvias cada vez mayor (Christensen *et al.*, 2007). Ante esta perspectiva, un reto a abordar es el estudio de cómo estos eventos afectarán a las masas arboladas mediterráneas y su evolución. Uno de los aspectos más importantes es el estudio de la fenología, ya que el desarrollo de las diferentes fe-

---

\* MNCN-CSIC. C/ Serrano 115 dup. 28006-Madrid

nofases puede mostrar gran información temporal y espacial de los cambios que se producen (García-Mozo *et al.*, 2010). En el caso concreto de la dehesa, el sistema silvopastoral mediterráneo más importante en la Península Ibérica, conocer cómo se verá afectada su fenología, y por tanto, el desarrollo y producción de la bellota, es un aspecto vital para su conservación y mantenimiento futuro, en un entorno de cambio global.

El objetivo de este trabajo es analizar el estado y evolución del arbolado en dehesas tras la sequía del 2009, que provocó la muerte o decaimiento brusco de muchas encinas en el oeste de Madrid. Además, se hizo un seguimiento de la fenología en árboles seleccionados, para averiguar el efecto que el grado de afectación por la sequía puede provocar en el desarrollo y duración de las distintas fenofases.

## MATERIAL Y MÉTODOS

El trabajo se ha llevado a cabo en dos localidades del suroeste de Madrid (Chapinería y Colmenar del Arroyo, localidad 1 y localidad 2, respectivamente) situados a unos 700 m de altitud. La especie dominante es *Quercus ilex* sub. *ballota*, con densidades de 180 y 353 pies /ha, respectivamente. Estas dehesas están parcialmente abandonadas (con ganado esporádico) y los datos de densidad incluyen ejemplares jóvenes y rebrotes. Las litofacies de la zona son granitos y gneis, con textura arenosa-franca y pH entorno a 6 (Fuente: FORE-DAF, UPM). El clima es continental mediterráneo, con una precipitación anual media de los

Tabla 1. Estados fenológicos de la foliación y desarrollo de flores masculinas y femeninas, descripción y valor asignado. (Rodríguez *et al.*, 2009)

Foliación		Valor
A	Yemas cerradas	1
B	Desborre (primer verde de hoja visible)	2
C	Yemas abiertas (doblan la longitud antes del desborre)	3
D	Hojas desplegándose	
D0	...de tamaño pequeño y coloración verde clara	4
D1	...de tamaño normal y coloración verde clara	5
D2	...de tamaño normal y coloración verde oscura	6
<b>Flores masculinas</b>		
Am	Amentos masculinos visibles, L<2 cm	1
Bm	Se distinguen las anteras, L>2 cm	2
Cm	Apertura anteras, liberación del polen	3
Dm	Amentos secos, vacíos	4
<b>Flores femeninas</b>		
Af	Flores femeninas distinguibles	1
Bf	Receptividad: pistilos y estilos distinguibles	2
Cf	Pequeña cúpula escamosa visible	3
Df	Longitud bellota, con cúpula incluida, entre 1-1,5 cm	4
Ef	Longitud cúpula>longitud bellota	5
Ff	Longitud bellota =longitud cúpula	6
Gf	Longitud bellota>longitud cúpula	7
Hf	Bellota empieza a adquirir tonalidad marrón	8
If	Bellota está prácticamente marrón	9

últimos 40 años de 514 mm y temperatura media anual de 15,4 °C. En 2009, la precipitación anual sin el mes de diciembre (dato no registrado por las estaciones meteorológicas más cercanas), fue de 114,4 mm, frente a los 321 mm registrados en 2010 y a los 404 mm de media de los últimos 40 años sin contar dicho mes (Fuente: AEMET).

En marzo del 2010, se realizaron 4 transectos de 300 m en cada parcela distanciados 50 m, para conocer el estado general de la masa, clasificando todos los árboles dentro una franja de 10 m a lo largo del transecto según el grado de afectación tras la sequía (Koenig *et al.*, 1999): 0) todo sano (verde); 1) todo sano salvo 1 rama; 2) árbol con estado intermedio de afectación; 3) todo seco, salvo alguna rama verde; 4) todo seco.

A continuación, se seleccionaron 100 pies en cada parcela, tratando de balancear el número de árboles de cada grado de afectación y de repartirlos por la zona en estudio, para el seguimiento de fenología. Cada 3-4 semanas se visitaron las parcelas y se anotó el estado fenológico general de cada árbol según las fases definidas en la tabla 1, con la metodología expuesta en Rodríguez *et al.* (2009), anotando para cada árbol el estado más frecuente observado, con más del 50% de las yemas, hojas y flores alcanzando dicho estado de la fenofase. El seguimiento fenológico se inició en abril de 2010 y finalizó en noviembre, momento en el que se anotó de nuevo el estado de afectación tras otro periodo vegetativo.

Finalmente, se utilizó el paquete estadístico SPSS (SPSS, Inc., Chicago, 2004) para poder vislumbrar el efecto que los daños provocados por la sequía tienen sobre la fenología del año siguiente, y determinar en qué fenofases concretas podía haber diferencias. En concreto, se compararon los valores medios de las fenofases de cada proceso (foliación y floración femenina y masculina) de los distintos grupos de afectación utilizando el test no paramétrico de Friedman; y la variación temporal del mismo valor medio de las fenofases según el grado de afectación por sequía, mediante el test no paramétrico de Kruskal-Wallis.

## RESULTADOS

Los resultados del estudio preliminar (*tabla 2*) muestran que la mayoría de árboles presentaron algún tipo de daño (clase 1 en adelante), apareciendo un gran número de árboles aparentemente secos en la localidad 2 (35,5%). Observando los árboles seleccionados, se comprobó que un número importante de árboles muy afectados (clase 3-4) antes de comenzar el periodo vegetativo, rebrotaron en la primavera del 2010. Así, en la localidad 1 los árboles aparentemente muertos (clase 4) pasaron de representar un 25,5% al 9,2%, y en la localidad 2, de 25% al 17% (clase 4) y del 15% al 2% (clase 3).

El número de árboles en estudio que no brotaron ni florecieron aparece en la tabla 3,

**Tabla 2. Distribución de árboles en el estudio preliminar (EP) y de los árboles monitorizados según el estado de afectación antes y después del periodo vegetativo del 2010 en cada localidad**

Grado afectación	Localidad 1				Localidad 2			
	EP		Marzo	Noviembre	EP		Marzo	Noviembre
	nº	%	%	%	nº	%	%	%
0	30	13,8	24,5	24,5	28	6,6	28,0	24,0
1	46	21,2	17,4	30,6	70	16,6	12,0	26,0
2	90	41,5	22,5	24,5	129	30,5	20,0	31,0
3	26	12,0	10,2	11,2	46	10,9	15,0	2,0
4	25	11,5	25,5	9,2	150	35,5	25,0	17,0
Total	217				423			

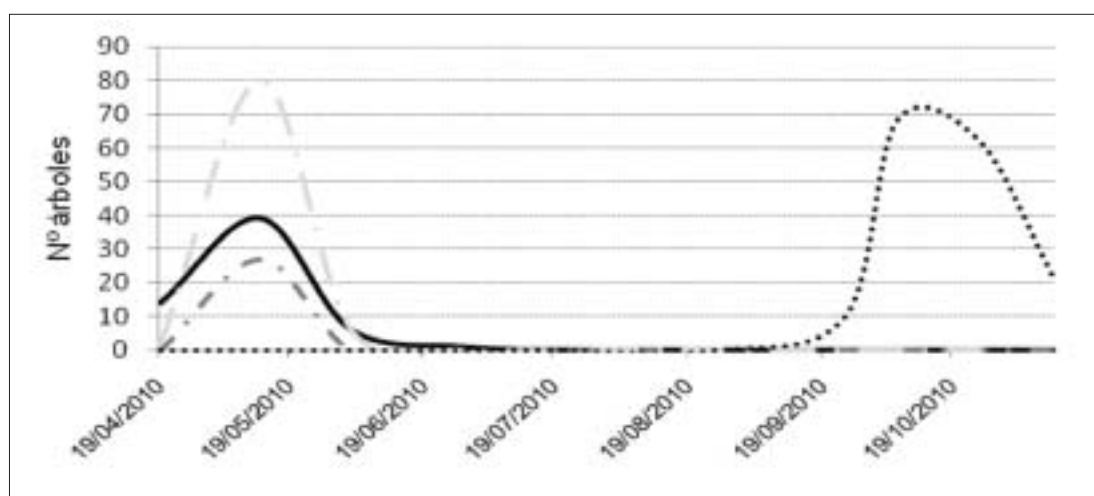
siendo interesante resaltar la existencia de un mayor número de árboles que no florecieron (74 sin flores femeninas y 111 sin masculinas) frente a los que no brotaron (24), siendo éstos en su mayoría árboles en peor estado (clases 3 y 4,  $p < 0,05$ ). Para los árboles que sí presentaron actividad (*figura 1*), el inicio de la foliación se produjo en abril aunque la mayor parte de los individuos comenzaron a brotar en mayo, la liberación del polen y la receptividad de las flores femeninas se produjeron principalmente en mayo, y el comienzo de la maduración de las bellotas comenzó en septiembre, concentrándose a finales de octubre.

En la *figura 2* se observan las medias de cada uno de los procesos (una vez asignados los valores correspondientes a cada fenofase) y las diferencias significativas según el test de Friedman entre los diferentes grupos de afectación por la sequía. Se aprecia una tendencia decreciente en los tres procesos conforme los árboles se encuentran en un estado peor (foliación  $p < 0,01$  y floración femenina  $p < 0,001$ ), lo que supone un retraso generalizado de las fenofases en estos árboles en peor estado. Si consideramos las fechas de muestreo independientes (*figura 3*), los resultados del test de Kruskal-Wallis mostraron diferencias significativas en el desarrollo de las fe-

**Tabla 3. Distribución de árboles que no mostraron actividad, ni desarrollaron brotes ni formaron flores según el grado de afectación**

Grado afectación	Brotes		Flores masculinas		Flores femeninas	
	nº	%	nº	%	nº	%
0	0	0,00	11	9,91	0	0,00
1	0	0,00	4	3,60	3	4,05
2	0	0,00	24	21,62	8	10,81
3	1	4,17	22	19,82	18	24,32
4	23	95,83	50	45,05	45	60,81
Total	24	100,00	111	100,00	74	100,00

nofases en la floración femenina y en el inicio de la foliación ( $p < 0,001$ ), aunque en octubre, en el caso de la maduración de las bellotas y a partir de finales de junio, en el caso del desarrollo foliar, estos procesos se sincronizaron en los distintos grupos (*figura 3*), desapareciendo las dife-



*Figura 1. Evolución de fenofases clave: "Inicio de foliación" (DO); "Liberación del polen" (Cm); "Flores femeninas receptivas" (Bf) y "Maduración bellotas" (Hf).*

rencias entre grupos. Por otro lado, no se detectaron diferencias en cuanto al desarrollo de amentos, aunque el número de árboles de clase 3 que desarrolló amentos fue muy pequeño y de clase 4 inexistente.

## DISCUSIÓN

El estado inicial de la masa mostró un gran número de árboles aparentemente secos como consecuencia de las condiciones extremas ocurridas el año anterior. Sin embargo, un número importante de árboles rebrotaron mostrando la alta capacidad de rebrote que posee la encina tras la ocurrencia de un evento drástico (Castell *et al.*, 1994).

Los árboles que se encontraron en peor estado son los que mostraron mayores valores de inactividad vegetativa y reproductiva al reducirse su actividad fotosintética. Analizando

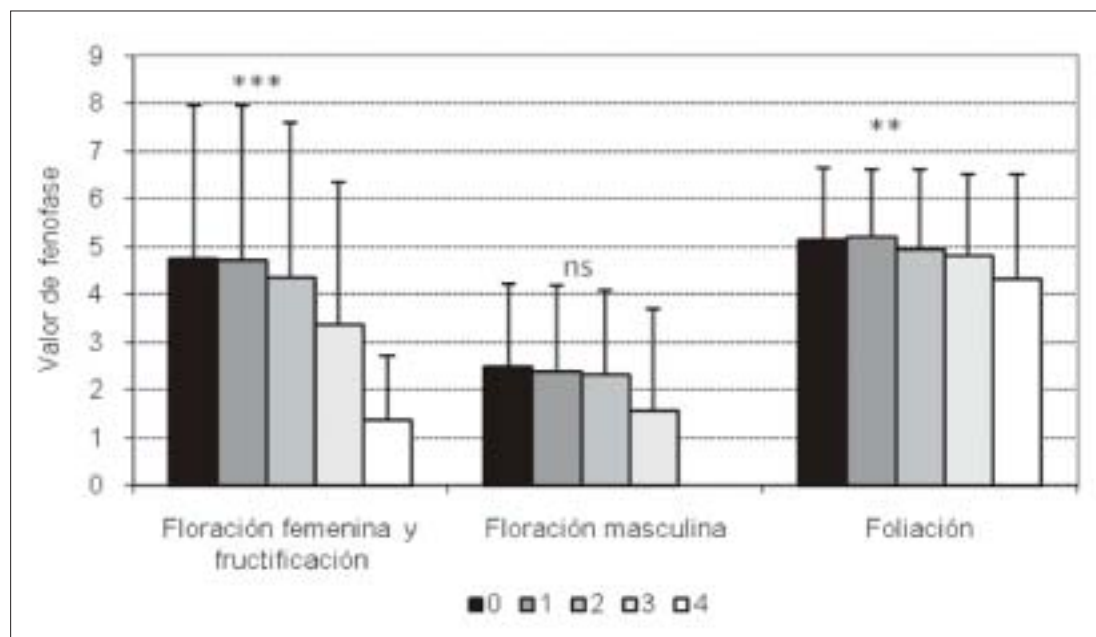


Figura 2. Media de los valores de cada proceso según el grado de afectación. (test de Friedman: ns, no significativo; \*  $p < 0,05$ ; \*\*  $p < 0,01$ ; \*\*\* $p < 0,001$ )

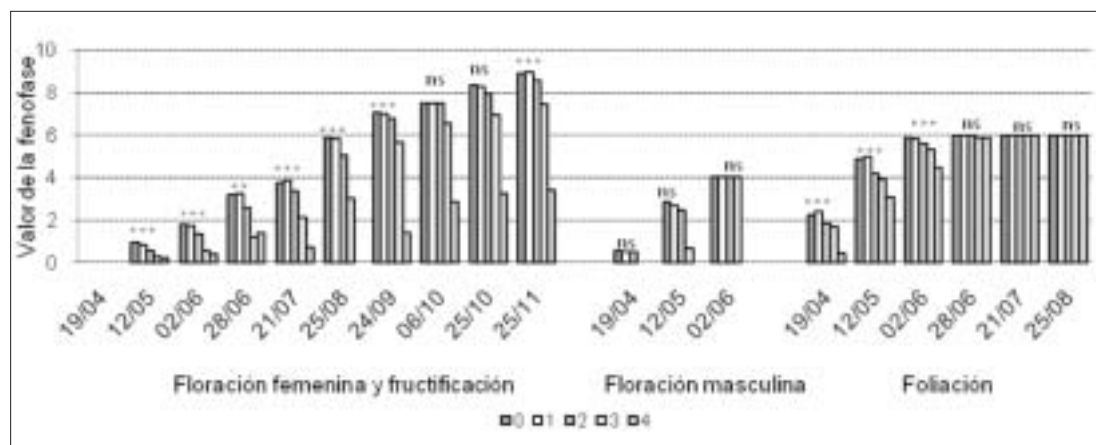


Figura 3. Media de los valores de cada proceso según el grado de afectación y en cada fecha de muestreo. (test de Kruskal-Wallis: ns, no significativo; \*  $p < 0,05$ ; \*\*  $p < 0,01$ ; \*\*\* $p < 0,001$ )

las fenofases a lo largo de la estación vegetativa, se observa diferencias significativas entre los grupos. Los árboles en peor estado presentaron un retraso en las fenofases en comparación con los más sanos, además de dedicar un mayor esfuerzo a aspectos vegetativos que reproductivos (menor floración). Resultados similares se han registrado en otros estudios con la encina y con otras especies de *Quercus* con gran capacidad de rebrote, que tras una gran perturbación presentan una producción de semillas menor (Ogaya y Peñuelas, 2007; Sánchez-Humanes y Espelta, 2011), en favor del crecimiento y reproducción vegetativa. Esta solución de compromiso (*trade-offs*) entre la reproducción y otros procesos (crecimiento, supervivencia) difiere con los resultados obtenidos en estudios con algunas especies arbustivas, donde la limitación de recursos, como el agua, puede provocar una mayor inversión de energía por parte de la planta en la reproducción, limitando el crecimiento vegetativo y adelantando las fenofases para favorecer una pronta maduración de las semillas ante la posibilidad de un empeoramiento de las condiciones ambientales (Matesanz *et al.*, 2009).

Dada la alta variabilidad que en muchos aspectos muestran los *Quercus*, parece necesario un estudio más continuado y pormenorizado para ver el efecto en años posteriores a un evento climático extremo sobre estas masas y para observar su capacidad de recuperación.

## CONCLUSIONES

La sequía del año 2009 ha modificado la fenología del arbolado, disminuyendo el número de pies que florecen y retrasando las fenofases, lo que tiene un importante impacto en la producción de bellota y en la consiguiente rentabilidad y mantenimiento de las dehesas.

## Agradecimientos

Los autores agradecen a Sonia G<sup>a</sup> Rabasa y Jesús Martínez su colaboración en el trabajo, a la asociación Sierra Oeste Desarrollo SOSTenible por ponernos en la pista de lo sucedido en estas masas, a Agustín Rubio (UPM) por proporcionarnos los datos de suelo, y a la AEMET por los datos meteorológicos. La financiación de este trabajo proviene del MCIN con los proyectos CSD2008\_00040 y CGL2010-22180-C03-03, y de la Comunidad de Madrid con el proyecto CM S2009/AMB-1783.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CASTELL, C.; TERRADAS, J.; TENHUNEN, J.D., 1994. Water relations, gas exchange, and growth of resprouts and mature plant shoots of *Arbutus unedo* L. and *Quercus ilex* L. *Oecologia*, **98**, 201-211
- CHRISTENSEN, J.H.; HEWITSON, B.; BUSUIOC, A.; CHEN A.; GAO, X.; HELD, I., 2007. Regional climate projections. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. En: *Climate change 2007: the physical science basis*, SOLOMON, S. *et al.* (Eds). Cambridge University Press. Cambridge (UK), 847-943.
- FERNÁNDEZ-CANCIO, A.; MANRIQUE, E.; NAVARRO, R.; FERNÁNDEZ, R., 2004. El síndrome de la Seca en el ecosistema de los *Quercus*: Enfoque climático. En: *La Seca: decaimiento de encinas, alcornoques y otros Quercus en España*, TUSET, J.J.; SÁNCHEZ, G. (Eds). MMA, Parques Nacionales. Serie Técnica. Madrid (España), 151-170.
- GARCÍA-MOZO, H.; MESTRE, A.; GALÁN, C., 2010. Phenological trenes in southern Spain: A response to climate change. *Agricultural and Forest Meteorology*, **150**, 575-580.
- KOENIG, W.D.; KNOPS, J. M., H.; CARMNES, W. J.; STANBACK, M. T., 1999. Spatial dynamics in the absence of dispersal: acorn production by oaks in central coastal California. *Ecography*, **22**, 499-506.
- MATESANZ, S.; ESCUDERO, A.; VALLADARES, F., 2009. Impact of three global change drivers on a Mediterranean shrub. *Ecology*, **90(9)**, 2609-2621.

- MONTOYA, J.M.; MESÓN, M.L., 1994. Los factores catalizadores de "La Seca de *Quercus*". *Ecología*, **8**, 185-191.
- OGAYA, R.; PEÑUELAS, J., 2007 Species-specific drought effects on flower and fruit production in a Mediterranean holm oak forest. *Forestry*, **80**, 351–357.
- RODRÍGUEZ-BARBERO, C.; FERNÁNDEZ, S.; LÓPEZ-CARRASCO, C.; MUTKE, S.; ROIG, S., 2009. Crecimiento y fenología de encina y alcornoque en una dehesa toledana. *Actas del 5º Congreso Forestal Español (Ávila)*, **9**
- SÁNCHEZ-HUMANES, B.; ESPELTA, J.M., 2001. Increased drought reduces acorn production in *Quercus ilex* coppices: thinning mitigates this effect but only in the short term. *Forestry* (advance published on line). Doi: 10.1093/forestry/cpq045
- TUSET, J.J.; SÁNCHEZ, G., 2004. *La Seca: decaimiento de encinas, alcornoques y otros Quercus en España*. MMA, Organismo Autónomo de Parques Nacionales. Serie Técnica, 419 pp. Madrid (España).

## DROUGHT EFFECT ON THE CONDITION AND PHENOLOGY OF QUERCUS ILEX IN DEHESAS IN SOUTHWESTERN MADRID

### SUMMARY

Regarding the new climate change scenario, with extreme climatic events occurring increasingly, the study of their effects on Mediterranean stands and their evolution is urgent. The aim of this study is to understand the drought impacts on tree phenology in a dehesa system, and consequently on acorn production, crucial aspects for their future conservation under a global change framework. Thus, a study was carried out in two dehesas located in southwestern Madrid after a hard drought occurred in 2009. In 2010, 100 trees in each location were identified and classified according the harm level after the drought. During the growing season in 2010, there was a monthly monitoring of the trees phenology, and it was compared among groups. The results showed that trees more affected by drought flowered less and there was a delay in their phenophases, facts with great relevance for the dehesas' profitability and conservation.

**Key words:** global change, extreme climatic events, acorn production, silvopastoralism.





# ¿INFLUYE LA CUBIERTA VEGETAL BAJO EL DOSEL ARBÓREO SOBRE EL CONTENIDO EN NUTRIENTES Y EL ESTADO HÍDRICO DE LA HOJA DE ENCINA EN LA DEHESA?

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

## RESUMEN

El presente trabajo trata de evaluar el estado nutritivo e hídrico del arbolado en diferentes explotaciones de dehesa, y la relación de éstos con la cubierta vegetal existente bajo el dosel arbóreo. Existen importantes diferencias en el contenido de nutrientes en hoja de encina entre explotaciones. Se ha encontrado un antagonismo del catión magnesio con el potasio, y relaciones positivas entre el fósforo y el nitrógeno y entre el fósforo y el potasio. En las parcelas con pastos herbáceos existe una relación positiva entre el contenido de fósforo y de potasio y negativa entre nitrógeno y calcio. Sin embargo, en las parcelas matorralizadas el nitrógeno está relacionado positivamente con el calcio y el fósforo. El contenido hídrico en hoja de encina guarda una relación positiva con el fósforo y calcio foliar y con el nitrógeno se expresa de forma positiva en el caso de las parcelas con matorrales y negativa en la de pastos herbáceos. Cuando bajo el dosel arbóreo se desarrollan jarales, las hojas de las encinas presentan menores contenidos en nutrientes y humedad.

**Palabras clave:** nutrientes foliares, humedad, matorrales, pastos, *Quercus ilex*.

## INTRODUCCIÓN

El contenido en nutrientes minerales en las plantas determina en gran medida la productividad y la respuesta a los cambios en los factores ambientales. En el caso de las dehesas, conocer la concentración de los nutrientes en las hojas de la encina y analizar los factores de variación podría ayudar a mantener el arbolado en un estado nutricional idóneo con el que lograr buenas producciones de bellota y mayor resistencia a los procesos de decaimiento del encinar. Asimismo, el contenido hídrico es uno de los indicadores más importantes del bienestar de las plantas. En la dehesa, el estrés hídrico provocado por la escasez de precipitaciones y las altas temperaturas durante el verano, es el principal factor que limita el establecimiento de plántulas de encina (Villar *et al.*, 2008) y afecta al crecimiento y a la producción de bellota en árboles adultos (Carevic *et al.*, 2010). El estrés hídrico que sufre la encina en la dehesa durante el periodo estival puede verse agravado en situaciones de abandono, intensificación del pastoreo o cuan-

---

\* Departamento de Ingeniería Forestal. ETSIAM. Universidad de Córdoba. Campus de Rabanales 14071 Córdoba (España)

do se encuentra afectado por determinadas patologías, como es el caso de la podredumbre radical causada por *Phytophthora cinnamomi* Rands, responsable de una elevada mortalidad de encinas cada año en las dehesas (Sánchez *et al.*, 2006). El presente trabajo trata de evaluar el estado nutritivo e hídrico de la encina en diferentes explotaciones de dehesa de Andalucía y analizar su relación con la cubierta vegetal existente bajo el dosel arbóreo, consecuencia de diferencias en el uso del suelo. Para ello hemos evaluado (i) si el contenido hídrico y de nutrientes está influenciado por las características propias de cada finca y el tipo de cobertura dominante, pastos herbáceos o matorral, (ii) el efecto del tipo de matorral presente en la parcela en el contenido de nutrientes y, por último, (iii) la relación entre estado hídrico y los distintos macronutrientes de la hoja de encina.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Material vegetal

El muestreo se realizó entre el 14 julio y el 4 agosto de 2009 en ocho explotaciones de dehesa situadas en las provincias de Córdoba, Huelva, Sevilla y Málaga, en Andalucía (España), estando 6 de ellas asentadas sobre suelos de carácter ácido y las otras 2 sobre suelos de carácter básico según el Mapa de suelos de Andalucía (1989) (tabla 1). En cada explotación se seleccionaron dos parcelas próximas con similares características morfoedáficas pero con diferente estructura de vegetación bajo el dosel arbóreo (pasto herbáceos o pasto con matorral), consecuencia ésta de diferencias en el uso del suelo. El matorral presente en las fincas se ha caracterizado en tres tipos atendiendo a las especies con mayor presencia: jaral (*Cistus ladanifer* L., *C. albidus* L. y *C. monspeliensis* L.) presente en las fincas A, C y D, matorral mixto sobre sustrato granítico-pizarroso (*Quercus coccifera* L., *Pistacia lentiscus* L., *Rosmarinus officinalis* L. y *Cistus* spp.) presente en las fincas B, G y H, y matorral mixto sobre sustrato calizo (*Ulex* spp., *Retama sphaerocarpa* (L.) Boiss, *Q. coccifera*, *Calicotome villosa* (Poirét), *Phlomis purpura* L.) presente las fincas E y F.

Se seleccionaron 20 árboles adultos en cada explotación, 10 en cada parcela. En cada árbol se recolectó una muestra compuesta de 30 hojas sanas y limpias procedentes de la parte central del brote del año, situados éstos en la zona intermedia de la cara sur de la copa. En total fueron recolectadas 160 muestras que fueron introducidas cada una de ellas en un bote con cierre her-

Tabla 1. Caracterización de las parcelas. Incluye: letra que designa la explotación, localización, clasificación fitoclimática de Allué (1990), suelo dominante, topografía de la zona muestreada, precipitación anual (mm) y Tª media anual del 1/10/2008 a 1/10/2009 de las estaciones meteorológicas más cercanas (Red RIA, IFAPA)

	Localización	Fitoclima*	Suelo	Topografía	Precip. an.	Tª media
A	Adamuz (Córdoba)	IV 4	Regosol, Litosol	Llano	468	17,03
B	Hornachuelos (Córdoba)	IV 2	Cambisol y regosol eútrico	Escarpado	424	17,65
C	Sta. B. de Casas (Huelva)	IV 2	Cambisol y regosol eútrico	Llano	336	16,31
D	Aracena (Huelva)	IV 4	Regosol, Litosol	Ondulado	452	16,18
E	Cortes de la Fra. (Málaga)	IV 4	Cambisol cálcico	Escarpado	711	17,16
F	Ronda (Málaga)	IV 4	Litosol, con frecuentes afloramientos de roca caliza	Ondulado	711	17,16
G	Alanís (Sevilla)	IV 4	Cambisol y regosol eútrico	Ondulado	504	17,47
H	Constantina (Sevilla)	IV 4	Cambisol y regosol eútrico	Escarpado	504	17,47

\* IV4 corresponde a Mediterráneo genuino con P >500mm y IV2 a Mediterráneo genuino subtropical

mético de 100 ml sellado con parafina, trasladadas en una nevera portátil y conservadas en frío en el laboratorio. De cada muestra, se obtuvo el peso fresco (Pf) y tras desecación en estufa de ventilación forzada a 60°C hasta peso constante, el peso seco (Ps), calculándose el Contenido Hídrico (CH) mediante la expresión  $[(P_f - P_s)/P_s] \cdot 100$ . Posteriormente se determinaron macronutrientes (N, P, K, Ca y Mg) foliares en el laboratorio Agroalimentario de la Consejería de Agricultura y Pesca en Córdoba mediante los métodos oficiales de análisis para plantas (M.A.P.A., 1994).

### Tratamiento estadístico de los datos.

La influencia de la finca y el tipo de cobertura bajo el arbolado sobre el contenido hídrico y el contenido en macronutrientes de la hoja de encina, se estudió mediante ANOVA de dos factores, considerándose el factor cobertura (pasto o matorral) anidado en finca. Por otro lado, mediante ANOVA de una vía se analizó el efecto del tipo de matorral presente en la parcela sobre el contenido de nutrientes. En los casos necesarios, se aplicó el análisis de comparación de medias LSD de Fisher al 95% de significación. La relación existente entre los nutrientes foliares y entre nutrientes y contenido hídrico se ha estudiado mediante el coeficiente de correlación de Pearson ( $p < 0,05$ ). Todos los análisis fueron realizados con el programa STATISTICA ver. 7.0 (StatSoft, 2007).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del contenido hídrico y los análisis foliares se muestran en la *tabla 2*. Se han encontrado diferencias significativas ( $F=2,53$ ; g.l. = 7, 139;  $p < 0,05$ ) en el contenido de N entre fincas. El contenido medio de nitrógeno por finca oscila entre 1,1 y 1,4%, siendo ligeramente más bajos los valores correspondientes a los árboles situados en parcelas matorralizadas (1,1-1,3%) que los situados en parcelas de pastos herbáceos (1,2-1,4%), probablemente debido al aporte de N procedente de las deyecciones del ganado en las parcelas pastoreadas (Unkovich *et al.*, 1998) y a una menor competencia por los nutrientes entre el árbol y las plantas herbáceas al tener sistemas radicales que exploran el suelo a distinta profundidad (Moreno *et al.*, 2007). En general, esta tendencia se mantiene a nivel de finca, aunque las diferencias en el contenido de nitrógeno según la cobertura se muestran significativas en el caso de las fincas A, C y D, cuyas parcelas de matorral se caracterizan por albergar sólo especies del género *Cistus*, propias de suelos pobres y muy degradados. El contenido en fósforo varía entre fincas ( $F=3,917$ ; g.l. = 7, 143;  $p < 0,05$ ), alcanzándose unos valores medios que varían de 0,07 a 0,14%. A escala de finca, existen diferencias por cobertura en las fincas A y G, aunque la tendencia en ellas es inversa. También se encuentran diferencias significativas en los contenidos de potasio y magnesio en hoja de encina entre fincas ( $F= 4,005$ ; g.l. = 7, 142;  $p < 0,05$  y  $F=10,96$ ; g.l. = 7, 143;  $p < 0,05$  respectivamente), y no hay diferencias debidas al tipo de cobertura bajo el arbolado. El contenido en calcio registra una gran variabilidad entre fincas ( $F= 13,910$ ; g.l. = 6, 125;  $p < 0,05$ ), destacando los altos valores de las fincas E y F, situadas sobre suelos de naturaleza caliza. Entre cobertura, sólo encontramos diferencias en tres fincas, siendo en dos de ellas menor el contenido en calcio de las hojas de las encinas situadas sobre matorrales. Según Moreno *et al.*, (2007), la presencia de matorral empeora el estado nutricional de la encina, además de en nitrógeno, en calcio y magnesio, y si bien esto ocurre en algunas explotaciones de las muestreadas con los dos primeros nutrientes, no se ha observado este efecto al considerar el magnesio.

Hay diferencias en el contenido hídrico de la hoja de encina entre fincas ( $F= 10,56$ ; g.l. = 7, 142;  $p < 0,05$ ) y, en general, los valores medios están acorde con los datos de precipitación anual de la zona recogidos en la *tabla 1*. Varían entre el 65% y el 79%, induciendo la cobertura diferencias significativas en cuatro explotaciones. En general, el contenido hídrico es más bajo en árboles situados en parcelas matorralizadas (65%-75%) que en parcelas de pastos herbáceos (68%-79%), sin embargo, en las explotaciones situadas sobre sustra-

tos graníticos-pizarrosos con presencia de matorrales mixtos (fincas B, G y H) se observa una tendencia contraria, llegando a ser sólo en un caso (finca G), las diferencias significativas. Éstos resultados pueden ser debidos a la competencia entre el árbol y los matorrales, al explorar con sus raíces el mismo horizonte del suelo (Cubera y Moreno, 2007), sin embargo, dicha competencia parece depender del tipo y estructura de los matorrales.

En cada finca letras distintas significan diferencias significativas al 5% según el test LSD de Fisher.

Considerando todos los árboles muestreados se han observado interacciones entre macronutrientes, con coeficientes de Pearson de correlación bajos aunque significativos. Así, parece existir un antagonismo del catión magnesio con el potasio ( $r = -0,2001$ ), y relaciones positivas entre el nitrógeno y el fósforo ( $r = 0,2320$ ) y entre el fósforo y el potasio ( $r = 0,1786$ ). En los suelos demasiado ácidos o demasiado ricos en potasio cambiante o incluso en iones calcio, la absorción de magnesio asimilable puede realizarse con dificultad (Dominguez Vivancos, 1997), lo que podría explicar el antagonismo encontrado entre este nutriente y el potasio en la hoja. Considerando sólo los árboles de las parcelas de pastos herbáceos, se ha encontrado una relación positiva entre el contenido de fósforo y de potasio ( $r = 0,2505$ ) y una relación negativa entre nitrógeno y calcio ( $r = -0,2453$ ). Sin embargo, en las parcelas matorralizadas el nitrógeno está relacionado positivamente con el calcio ( $r = 0,3304$ ) y fósforo ( $r = 0,3042$ ). Es conocido que el pastoreo aporta nutrientes en formas disponible para las plantas mediante las deyecciones sólidas y líquidas del ganado (Unkovich *et al.*, 1998), enriqueciendo el suelo principalmente en nitrógeno y potasio, aunque también fósforo. Esto, unido a las fertilizaciones fosfóricas que se llevan a cabo en los pastos de algunas de estas dehesas, pudiera explicar las relaciones encontradas entre fósforo y potasio en las encinas sobre pastos herbáceos. Además, en los pastos herbáceos de las dehesas hay una presencia importante de leguminosas, las cuales son muy exigentes en calcio, pudiendo disminuir la disponibilidad de este catión para la encina a medida que aumenta la presión del ganado (mayor aporte de nitrógeno) o la presencia de leguminosas. En las zonas de matorral la presión del ganado es menor y también menor la aparición de leguminosas, pudiendo invertirse la relación entre nitrógeno y calcio en estos ambientes. Por otro lado, Serrano *et al.*, (2010), han

**Tabla 2. Valor medio (desviación estándar) del contenido hídrico y en macronutrientes de las hojas de encina según la finca y la cobertura del suelo sobre el que vegetan**

Finca	Tipos de pastos	N %	P %	K%	Ca %	Mg %	Contenido hídrico %
A	Matorral	1,2 (0,1) a	0,08 (0,01) a	0,7 (0,1)	0,5 (0,1)	0,14 (0,04)	68 (8)
	Herbáceos	1,4 (0,1) b	0,10 (0,01) b	0,6 (0,2)	0,5 (0,1)	0,16 (0,02)	68 (4)
B	Matorral	1,3 (0,1)	0,10 (0,02)	0,5 (0,1)	0,6 (0,2)	0,16 (0,03)	74 (5)
	Herbáceos	1,2 (0,1)	0,10 (0,01)	0,7 (0,1)	0,6 (0,1)	0,15 (0,02)	73 (2)
C	Matorral	1,1 (0,2) a	0,08 (0,01)	0,5 (0,1)	0,6 (0,1)	0,17 (0,03)	65 (4) a
	Herbáceos	1,3 (0,1) b	0,08 (0,01)	0,5 (0,1)	0,6 (0,1)	0,15 (0,03)	70 (4) b
D	Matorral	1,1 (0,1) a	0,07 (0,01)	0,6 (0,1)	0,4 (0,1) a	0,17 (0,03)	68 (4) a
	Herbáceos	1,3 (0,1) b	0,08 (0,01)	0,6 (0,2)	0,5 (0,1) b	0,19 (0,04)	73 (4) b
E	Matorral	1,3 (0,1)	0,09 (0,01)	0,6 (0,1)	0,7 (0,1) a	0,12 (0,03)	75 (3) a
	Herbáceos	1,2 (0,1)	0,08 (0,01)	0,5 (0,1)	0,9 (0,2) b	0,12 (0,02)	79 (4) b
F	Matorral	1,3 (0,1)	0,08 (0,02)	0,7 (0,3)	1,2 (0,4) a	0,14 (0,06)	72 (4)
	Herbáceos	1,3 (0,1)	0,09 (0,01)	0,7 (0,1)	0,8 (0,2) b	0,11 (0,02)	75 (5)
G	Matorral	1,2 (0,1)	0,10 (0,01) a	0,7 (0,2)	0,7 (0,1)	0,11 (0,02)	77 (3) a
	Herbáceos	1,3 (0,1)	0,08 (0,01) b	0,7 (0,1)	0,6 (0,2)	0,11 (0,02)	70 (5) b
H	Matorral	1,2 (0,1)	0,09 (0,01)	0,6 (0,1)	0,7 (0,2)	0,14 (0,04)	73 (3)
	Herbáceos	1,3 (0,1)	0,08 (0,01)	0,6 (0,1)	0,7 (0,1)	0,14 (0,02)	70 (3)

puesto de manifiesto que con una baja concentración de potasio en el medio, se produce una mayor absorción de calcio por parte de la encina y esto pudiera estar pasando en las zonas con matorral, donde la incorporación de potasio a partir de las deyecciones del ganado es baja.

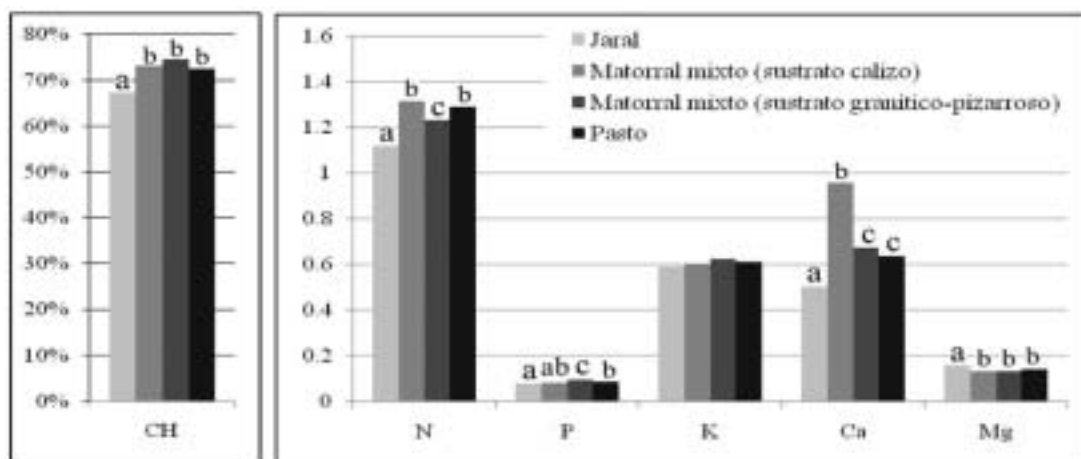


Figura 2. Contenido medio (%) de macronutrientes (decha.) y contenido hídrico (izq.) en hoja de encina, según la cobertura del suelo sobre el que vegeta el árbol muestreado. Letras distintas significan diferencias significativas al 5% según el test LSD de Fisher.

El contenido hídrico, considerando todos los árboles, está relacionado con el fósforo foliar ( $r = 0,2605$ ). Estos resultados son similares a los observados por Sardans y Peñuelas (2005), quienes detectaron una disminución de P foliar cuando hay una menor disponibilidad de agua, relación que se hace más fuerte para el caso de las parcelas con matorrales ( $r = 0,3480$ ). También se ha encontrado relación entre el contenido hídrico y el calcio ( $r = 0,3560$ ) en las hojas, que se acentúa en las parcelas de pastos herbáceos ( $r = 0,3971$ ). La relación del contenido hídrico con el nitrógeno se expresa de forma positiva en el caso de las parcelas matorralizadas ( $r = 0,3295$ ) y negativa en la de pastos herbáceos ( $r = -0,3384$ ). Recordemos que en las parcelas con matorral a mayor cantidad de nitrógeno foliar tenemos mayor contenido en fósforo y calcio, relacionados estos dos últimos nutrientes con mayores humedades en hoja. En pastos herbáceos, el contenido de nitrógeno en hoja está relacionado de forma negativa con el calcio y, por extensión con la humedad. La mayor disponibilidad de nitrógeno en las zonas de pastos herbáceos puede haber producido mayores crecimientos en los árboles y mayor consumo de agua, dando lugar a menores contenidos hídricos foliares en verano.

Los valores medios del contenido de los distintos nutrientes en hoja de encina y el contenido hídrico en función del tipo de cobertura, incluyendo pastos herbáceos, jaral, matorral mixto y matorral mixto sobre sustrato calizo, se muestran en la figura 2. Cuando los árboles vegetan sobre jarales las hojas de las encinas presentan menor contenido hídrico, menor contenido en nitrógeno, fósforo y calcio y mayor contenido en magnesio.

## CONCLUSIONES

Existen diferencias entre explotaciones en el contenido de macronutrientes en hoja de encina. En aquellas explotaciones en las que bajo el dosel arbóreo los matorrales dominantes son jarales, el contenido de nitrógeno foliar es menor que en los árboles que vegetan sobre pastos herbáceos. El tipo de cubierta bajo el dosel arbóreo no parece tener efecto sobre los contenidos en potasio y magnesio foliar. Se ha encontrado que mayores conteni-

dos en fósforo foliar están asociados a mayores contenidos de nitrógeno y potasio, y que entre el magnesio y el potasio existe una relación antagonista. El contenido hídrico en hoja de encina guarda una relación positiva con el fósforo y calcio foliar.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CAREVIC, F. S.; FERNÁNDEZ, M.; ALEJANO, R.; VÁZQUEZ-PIQUÉ, J.; TAPIAS, R.; CORRAL, E.; DOMINGO, J., 2010. Plant water relations and edaphoclimatic conditions affecting acorn production in a holm oak (*Quercus ilex* L. ssp. *ballota*) open woodland. *Agroforest Syst*, **78**, 299-308.
- CUBERA, E.; MORENO, G., 2007. Effect of land-use on soil water dynamic in dehesas of Central-Western Spain. *Catena*, **71**, 298-308.
- DOMINGUEZ VIVANCOS, A. 1997. *Tratado de Fertilización 3ª edición*. Mundiprensa, 613 pp. Madrid (España)
- MINISTERIO de Agricultura, Pesca y Alimentación, 1994. *Métodos oficiales de análisis. Tomo III. Suelos, aguas, fertilizantes y plantas*. M.A.P.A., 662 pp. Madrid (España)
- MORENO, G., OBRADOR, J.J., 2007. Effects of trees and understorey management on soil fertility and nutritional status of holm oaks in Spanish dehesas. *Nutrient Cycle in Agro*, **78**, 253-264
- SÁNCHEZ, M.E.; CAETANO, P.; ROMERO, M.A.; NAVARRO, R.M.; TRAPER, A., 2006. *Phytophthora* root rot as the main factor of oak decline in southern Spain. En: *Progress in Research on Phytophthora Diseases of Forest Trees. Forest Research*, BRASIER et al. (Eds.), Farnham (UK) 149-154.
- SERRANO, M.S., FERNÁNDEZ-REBOLLO, P., DE VITA, P., SÁNCHEZ, M.E., 2011. Calcium mineral nutrition increases the tolerance of *Quercus ilex* to *Phytophthora* root disease affecting oak rangelands ecosystems in Spain. *Agroforestry system*. En prensa.
- STATSOFT, 2007. STATISTICA Software (v 7.0). Electronic Manual, StatSoft, Los Angeles, USA.
- SARDANS, J.; PEÑUELAS, J., 2005. Disponibilidad y uso del fósforo en los ecosistemas terrestres mediterráneos. La inspiración de Margalef. *Ecosistemas*, **14**(1), 29-39
- UNKOVICH, M., SANDFORD, P., PATE, J., HYDER, M., 1998. Effects of grazing on plant and soil nitrogen relations on pasture-crop rotations. *Aust J Agr Res*, **49**, 475-485
- VILLAR, R., RUIZ-ROBLETO, J., QUERO, J. L., POORTER, H., VALLADARES, F., MARAÑÓN, T., 2008. Tasas de crecimiento en especies leñosas: aspectos funcionales e implicaciones ecológicas. En: *Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante*, VALLADARES, F. (Ed). Ministerio de Medio Ambiente, EGRAF, S. A., (Madrid) 193-230

## DOES TREE UNDERSTOREY AFFECT NUTRITIONAL AND WATER STATUS IN HOLM OAK?

### SUMMARY

This study assess the nutrient content and water content of trees in different farms of dehesa and analyse the relation between these factors and the vegetation structures existing under tree canopy. There are important differences in nutrient content of holm oak leaves between farms, moreover there are relation between certain nutrients. One antagonism was found between magnesium and potassium. The water content in holm oak leaves is positively related to phosphorus and calcium. In shrub plots the nitrogen is positively related to water content but in grazed plots the relation is contrary to the first one. When *Cistus* are developed under the tree canopies, the holm oaks leaves have less nutrient content and water content.

**Key words:** foliar nutrient, moisture, shrub, pasture, *Quercus ilex*.

## BIOMASA RAMONEABLE PROCEDENTE DE RESALVEOS SOBRE TALLARES ENVEJECIDOS DE ENCINA

J.A. BRAVO FERNÁNDEZ, D. BARRERO GAMONAL, G. MARTÍNEZ GONZÁLEZ, R. SERRADA HIERRO y S. ROIG GÓMEZ \*

### RESUMEN

Los tallares envejecidos de encina ocupan una gran superficie en España, y presentan graves problemas selvícolas, ecológicos y económicos cuya solución podría venir de la aplicación de resalveos de conversión. Dicho tratamiento provoca inevitablemente un rebrote que debe ser controlado, siendo el ganado silvestre o doméstico la principal herramienta para ello. En este trabajo se presentan los resultados obtenidos durante los tres años siguientes tras la aplicación de claras de distinto peso en un tallar envejecido de Guadalajara, en relación con la producción de brotes de suelo. A modo de ejemplo, para un 50% de área basimétrica extraída se producen los siguientes kg de materia seca/ha como media: 132,2 el primer año; 265,1 el segundo año; 437,9 el tercer año. También se ofrecen, para los dos primeros años tras las claras, valores relativos al porcentaje de peso seco de hojas sobre el peso seco total de brotes de suelo: 53,3 % y 60,6 %, respectivamente.

**Palabras clave:** producción de brotes, rebrote, pastoreo, hojas, tallos.

### INTRODUCCIÓN

La superficie de monte bajo o tallar representa alrededor del 20% (aproximadamente 2.250.000 ha, sin considerar choperas ni eucaliptares) de la superficie forestal arbolada en España. En cuanto a la distribución porespecies, la más abundante es la encina (*Quercus ilex* L.), con un 57% del total de superficie de monte bajo (1.275.000 ha), seguida de rebollo (*Quercus pyrenaica* Willd.) (17%, 375.270 ha) y quejigo (*Quercus faginea* Lam.) (8%, 182.490 ha), presentando el resto de especies cifras bastante menores. Estas tres especies forman muy frecuentemente parte de masas que aparecen recogidas como mixtas en las fuentes consultadas. Por tanto, las tres especies representan más de un 82% de la superficie total de monte bajo en España (datos procedentes del Primer Inventario Forestal Nacional, elaborados por Serrada *et al.*, 1992).

La mayor parte de los citados tallares dominados por quercíneas mediterráneas y submediterráneas han sido generados y mantenidos por el hombre, que cortaba los chirpiales

---

\* Grupo de Investigación de Ecología y Gestión Forestal Sostenible (ECOGESFOR). UPM (Universidad Politécnica de Madrid).

con turnos cortos, de entre 10 y 30 años, para la obtención de leña. El abandono generalizado de dicha gestión en España a partir de los años sesenta como consecuencia del empleo de otro tipo de combustibles ha provocado el envejecimiento de la parte aérea de dichos tallares, dando lugar a una serie de graves problemas de tipo selvícola, ecológico y socioeconómico analizado ampliamente en los últimos años (Ducrey, 1992; Mesón y Montoya, 1993; Gracia *et al.*, 1997; Serrada *et al.*, 1998; Serrada, 2005; Bravo Fernández *et al.*, 2008a), y que tienen su explicación fundamentalmente en la elevada espesura, detención del crecimiento, ausencia de regeneración sexual, decaimiento vegetativo y elevado riesgo de incendio.

Una buena solución a muchos de estos problemas puede ser la ejecución de resalveos de conversión a monte alto, que en resumen consisten en un plan de claras selectivas y por lo bajo, acompañadas en ocasiones de poda y desbroce. Su objetivo es reducir la espesura eliminando los pies dominados, mal conformados... de modo que el sistema se dinamice al concentrarse el crecimiento en los mejores pies; se reduce el riesgo de incendio, aumenta la producción de bellota, y la masa avanza hacia un estado de fustal sobre cepas, más estable (Bravo Fernández *et al.*, 2008a). Sobre sus dos aspectos cuantitativos más delicados, rotaciones y pesos, se han realizado diversos ensayos en los últimos años. En cuanto al peso o cantidad de brotes extraída en los resalveos, viene principalmente limitado por el hecho de que, a mayor peso, mayor será la cantidad de rebrote en suelo (cepa y/o raíz, según el caso) y/o tronco (brotes epicórmicos), pudiendo llegar a ocurrir que un resalveo de elevado peso diera lugar a tal cantidad de brotes que en poco tiempo la situación fuera aún peor que al principio. Generalmente el ganado va a ser el medio principal para controlar el rebrote (Bravo Fernández *et al.*, 2008b; Dopazo *et al.*, 2009), de modo que el peso de las claras y la disponibilidad de ganado silvestre o doméstico deben considerarse de modo paralelo: cuando haya pocas garantías de contar con un pastoreo adecuado en tipo, carga y momento, habrá que cortar menos.

Por otro lado, el rebrote puede ser mejor alimento para el ganado que las mejores pajas de cereales, e incluso puede competir con los henos de mediana calidad (Rodrigáñez, 1949, en Montero y Montoto, 1985), con la ventaja de que al ser consumido directamente en el monte por pastoreo se ahorran las operaciones de siega, transporte y manipulaciones posteriores (Montero y Montoto, 1985). Además, a menudo adquiere un carácter estratégico muy interesante, al poder ser consumido en verano o invierno, cuando las herbáceas son escasas o están secas y poseen una baja calidad nutritiva (Le Houerou y Hoste, 1977 y Le Houerou, 1981, en Cañellas *et al.*, 2003). Por tanto, tras las claras se inducirá el pastoreo, preferentemente con vacuno y caprino, para controlar el rebrote y la invasión de matorral heliófilo; lo cual será bueno para el monte y para el ganado. Es fundamental que los ganaderos así lo entiendan para que colaboren con el gestor forestal.

Parece que el momento óptimo para provocar el pastoreo sobre el rebrote se sitúa en los meses de junio y julio, teniendo en cuenta que el contenido de humedad, que es una medida indirecta de la apetecibilidad de los forrajes semileñosos, decrece con la edad de los brotes, y considerando referencias como la de Radkov (1964, en Montero y Montoto, 1985), según el cual el contenido en proteína cruda es máximo durante esos meses para *Quercus cerris*. Por tanto, los brotes aún no se habrán lignificado demasiado y serán más fácilmente consumidos y controlados, y sus características bromatológicas serán de relativa calidad. Se estima que de este modo la carga ganadera puede aumentar en el equivalente a una oveja por hectárea y año (Serrada, 2008). Un conocimiento previo lo más preciso posible sobre la cantidad esperada, palatabilidad y valor bromatológico de los brotes permitirá planificar el pastoreo posterior con mayor eficacia tanto pensando en el ganado como en el control del rebrote. Los objetivos de este trabajo son: 1) presentar unos valores



de referencia u órdenes de magnitud de cantidad de brotes de suelo en función del peso de clara aplicado sobre tallares envejecidos de encina; 2) estimar la proporción de hojas y tallos en dichos brotes, como variable relacionada con sus características bromatológicas y su palatabilidad.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Sitio de estudio** (más detalles en Serrada *et al.*, 1996 y Bravo Fernández, 2003).

- Término municipal: "El Recuenco" (Guadalajara); tallar con resalvos de encina; densidad media ( $dn \geq 0$ ): 6.470 pies/ha; edad de parte aérea: 30 años; cota: 1.240 msnm; pendiente media: 0-3%; orientación: S-SE; sustrato calizo; clima nemoromediterráneo genuino VI(IV)<sub>2</sub> (Allué Andrade, 1990). Coordenadas geográficas: 40° 39' N; 2° 19' W.

**Ensayos realizados** (todos los detalles en Bravo Fernández, 2003).

- Se instaló un dispositivo de 60 parcelas de 10 x10 m, repartidas sistemáticamente a distancias de 10 m entre ellas y situadas de forma que se localizaran en una zona de calidad de estación y masa lo más uniformes posible. A cada parcela se le asignó por sorteo un peso de clara variable entre 0 y 100% del área basimétrica extraída. En febrero-marzo de 1995 se ejecutaron los resalvos. Entre otros muchas tareas, durante los tres siguientes años se controló el rebrote producido en el suelo en forma de brotes de cepa y raíz. Para ello se subdividió cada parcela cuadrada en cuatro partes o subparcelas triangulares mediante sus diagonales. Con el objetivo de estimar la producción de rebrote de suelo uno, dos y tres años después de las cortas, se procedió del siguiente modo: el primer año tras las claras se cortaron mediante tijera de podar todos los brotes de suelo de la subparcela situada más al norte, apurando el corte lo más cerca posible del punto de emisión; el segundo y tercer año se hizo lo mismo, cortando en cada caso en una nueva subparcela, para lo que se iba progresando en sentido horario. Todo el material recogido fue pesado en verde con precisión de 25 g. Para cada año en una de cada cuatro parcelas se pesó en verde una muestra del rebrote, que después se llevó a peso seco en horno, a 103 ° C, hasta peso constante. Las relaciones obtenidas de peso seco/peso verde permitieron estimar la producción de brotes en peso seco. Además, en los dos primeros años las muestras obtenidas se separaron en laboratorio en: hojas y material leñoso, llevándose cada una de estas fracciones a peso seco mediante el procedimiento indicado, lo que permitió estimar la cantidad de hojas y de material leñoso en peso seco.

**Análisis de los datos**

- **Cantidad de rebrote producido:** en este trabajo tan sólo se presentan valores medios de peso seco de rebrote de suelo para el tallar de encina estudiado, para diferentes pesos de clara, y estimados hasta tres años después de ejecutar el resalvo; por tanto, se trata de brotes de uno, dos y tres años de edad.
- **Proporción de hojas y material leñoso:** se presentan los valores medios y la variabilidad del porcentaje de peso seco de hojas para cada uno de los dos primeros años.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la *Tabla 1* se presentan las cantidades medias de materia seca de rebrote por unidad de superficie, para diferentes pesos de clara aplicados, y durante los tres años siguientes a la ejecución de los resalvos. Los valores correspondientes a la matarrasa, o 100%

Tabla 1. Estimación del rebrote de suelo (kg de material seca/ha) en el taller de “El Recuenco” (GU) los tres años posteriores a la ejecución de resalveos de conversión de distinto peso

%G <sub>extr</sub>	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>
20	47,0	94,2 (200,4)	75,9 (161,5)
35	78,8	158 (200,5)	182,2 (231,2)
50	132,2	265,1 (200,5)	437,9 (331,2)
60	186,6	374,2 (200,5)	785,5 (421,0)
100	741,0	1486,2 (200,6)	8.135,3 (1.097,9)

%G<sub>extr</sub>: peso de clara expresado como porcentaje del área basimétrica inicial extraída. R<sub>1</sub>: producción de brotes de suelo, en kg de materia seca/ha, tras el primer periodo vegetativo posterior a las claras. R<sub>2</sub>: como R<sub>1</sub>, pero tras dos periodos vegetativos. R<sub>3</sub>: como R<sub>1</sub>, pero tras tres periodos vegetativos. Para R<sub>2</sub> y R<sub>3</sub> se presenta también, entre paréntesis, el porcentaje que la cantidad de rebrote de ese año supone en relación con la del primer año (R<sub>1</sub>) para el peso de clara considerado.

de peso de clara, nos informan sobre la evolución de la producción de brotes de suelo con la aplicación del tratamiento tradicional de monte bajo. Como era de esperar, se observa que la producción de brotes aumenta con el peso de clara. El segundo año la cantidad de brotes de suelo ha aumentado una cantidad prácticamente constante del 200% en relación con lo producido el primer año. Sin embargo, tres años después de la ejecución de los tratamientos el porcentaje que supone la cantidad de brotes de suelo con relación a lo estimado el primer año aumenta progresivamente con el peso de clara aplicado (*ver también Figura 1*). En consecuencia, con pesos crecientes de clara la cantidad de rebrote provocado es cada vez mayor, como era previsible. En función de la existencia de ganado que pueda controlar dicho rebrote, se deberán aplicar pesos de clara más o menos elevados, debiendo además tener en cuenta otros factores como la pendiente (Bravo Fernández *et al.*, 2008a).

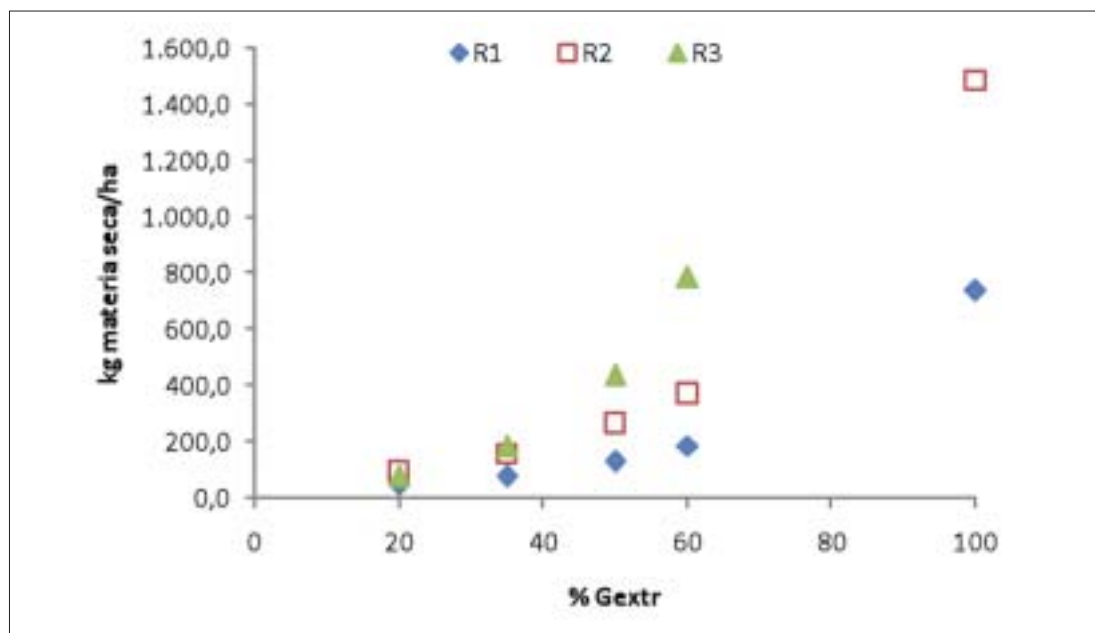


Figura 1. Producción de brotes de suelo en tres años sucesivos tras la aplicación de claras de distinto peso. Taller de encina de “El Recuenco” (GU).

La *Tabla 2* recoge los valores medios y variabilidades del porcentaje de peso seco de hojas sobre peso seco total de brotes, los dos primeros años tras la ejecución de las claras, valores que como se puede apreciar se mantienen bastante constantes y similares a otros trabajos realizados sobre encina y especies afines en distintas partes de la planta (rebrote de suelo, copa alta y baja) (Cañellas *et al.*, 2003).

*Tabla 2.* Porcentaje de peso seco de hojas sobre peso seco total de brotes de suelo los dos primeros años tras la aplicación de claras de distinto peso. Tallar de encina de "El Recuenco" (GU).

	1 año	2 años
Media	0,533	0,606
Desviación típica	0,051	0,056
Coefficiente de variación (%)	9,5	9,2
Máximo	0,600	0,700
Mínimo	0,387	0,533

%G<sub>ext.</sub>: peso de clara expresado como porcentaje del área basimétrica inicial extraída. R<sub>1</sub>: producción de brotes de suelo, en kg de materia seca/ha, tras el primer periodo vegetativo posterior a las claras. R<sub>2</sub>: como R<sub>1</sub>, pero tras dos periodos vegetativos. R<sub>3</sub>: como R<sub>1</sub>, pero tras tres periodos vegetativos. Para R<sub>2</sub> y R<sub>3</sub> se presenta también, entre paréntesis, el porcentaje que la cantidad de rebrote de ese año supone en relación con la del primer año (R<sub>1</sub>) para el peso de clara considerado.

## CONCLUSIONES

La ejecución de resalveos sobre tallares envejecidos de encina provoca la aparición de brotes de suelo también en cantidad creciente con el peso de clara aplicado. En el tallar considerado, se ha comprobado que al menos hasta el tercer año posterior a la aplicación de los resalveos esa tendencia no sólo se mantiene sino que se incrementa: con los pesos más fuertes la producción de brotes por unidad de superficie expresada en forma de biomasa de materia seca es cada año mayor.

En cuanto a la proporción de peso seco de hojas en el rebrote de suelo, durante los dos primeros años tras los resalveos se sitúa alrededor del 50-60%, lo que puede relacionarse con su palatabilidad y contenido bromatológico en relación con el uso pastoral de estos montes.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLUÉ ANDRADE J.L. 1990. *Atlas fitoclimático de España*. INIA. MAPA. Madrid.
- BRAVO FERNÁNDEZ, J.A. 2003. *Resalveos de conversión en montes bajos de la región central de la Península Ibérica*. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid. E.T.S.I. Montes. Madrid.
- BRAVO FERNÁNDEZ, J.A.; ROIG, S.; SERRADA, R. 2008a. *Selvicultura en montes bajos y medios de encina (Quercus ilex L.), rebollo (Q. pyrenaica Willd.) y quejigo (Q. faginea Lam.): tratamientos tradicionales, situación actual y principales alternativas*, En: *Compendio de Selvicultura Aplicada en España*, R. SERRADA, G. MONTERO, J.A. REQUE. (Eds):. INIA y FUCOVASA. Madrid, 657-745.
- BRAVO FERNÁNDEZ, J.A.; ROIG, S.; AROCA, M.J.; GASTÓN, A.; SERRADA, R., 2008b. Pastoreo y regeneración: condicionantes a la gestión forestal. Caso del monte Cabeza de Hierro (Rascafría, Madrid) *Actas de la XLVII Reunión Científica de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos*. S.E.E.P. Córdoba, 551-557.
- CAÑELLAS, I.; ROIG, S.; SAN MIGUEL, A. 2003. Caracterización y evolución anual del valor bromatológico de las quercineas mediterráneas. *Actas de la XLIII Reunión Científica de la S.E.E.P.* 455-461.

- DOPAZO, C.; ROBLES, A.B.; RUIZ, R.; SAN MIGUEL, A. 2009. Efecto del pastoreo en el mantenimiento de cortafuegos en la Comunidad Valenciana. *Actas del 5º Congreso Forestal Español*, Ávila.
- DUCREY, M. 1992. Quelle sylviculture et quel avenir pour les taillis de chêne vert (*Quercus ilex* L.) de la région méditerranéenne française. *Revue Forestière Française*, **XLIV**, nº 1 (12-33).
- GRACIA, C.; BELLOT, J.; SABATÉ, S.; ALBEZA, E.; DJEMA, A.; LEÓN, B.; LÓPEZ, B.; MARTÍNEZ, J.M.; RUIZ, I.; TELLO, E. 1997. Análisis de la respuesta de *Quercus ilex* L. a tratamientos de resalveo selectivo. En *La restauración de la cubierta vegetal de la Comunidad Valenciana*, R. VALLEJO (Ed) Fundación Centro de Estudios Ambientales del Mediterráneo, 547-601.
- MESÓN, M.; MONTOYA, J.M. 1993. *Selvicultura mediterránea*. Ed. Mundi-Prensa. Madrid. 368 pp.
- MONTERO, G.; MONTOTO, J.L. 1985. Aumento de las posibilidades pastorales en montes bajos de quejigo (*Quercus faginea* Lamk.). *Anales I.N.I.A. Serie Forestal* Vol. 9. INIA. Madrid.
- SERRADA, R. 2008. *Apuntes de Selvicultura*. EUIT Forestal. UPM. Madrid.
- SERRADA, R.; ALLUÉ, M.; SAN MIGUEL, A. 1992. The coppice system in Spain. Current situation, state of art and major areas to be investigated. *Annali dell'Istituto Sperimentale per la Selvicoltura*, **XXIII**, 266-275.
- SERRADA, R.; BRAVO, J.A.; SÁNCHEZ, I.; ALLUÉ, M.; ELENA, R.; SAN MIGUEL, A. 1996. Conversion into high forest in coppices of *Quercus ilex* subsp. *ballota* L. in Central region of Iberian Peninsula. *Annali dell'Istituto Sperimentale per la Selvicoltura*, **27**, 149-160.
- SERRADA, R.; BRAVO, J.A.; REVILLA, C. 1998. Conversión de montes bajos. En *La gestión sostenible de los bosques*, Vol. 3. (199-224). Centre Tecnològic Forestal del Solsonés. Lérida.

## BROWSE BIOMASS PRODUCTION FROM CONVERSION THINNINGS ON OLD HOLM OAK COPPICES

### SUMMARY

Holm oak old coppices occupy an extense area in Spain. Nowadays, they show severe silvicultural, economic and ecological problems due to the lack of management and production of forest goods and services. Conversion thinning treatments have been developed to improve the general state of these stands; subsequent resprout associated to the fellings can be controlled by livestock or wild ungulate grazing. In this work we present the quantification of the induced holm oak resprout after different thinning intensities, up to three years after the silvicultural treatments, in an old coppice of Central Spain.

**Keywords:** shoots production, resprouts, grazing, leaves, stems.

## COMPOSICIÓN EN ÁCIDOS GRASOS Y TOCOFEROLES DE LA BELLOTA DE ENCINA EN EL CIA “DEHESÓN DEL ENCINAR”, TOLEDO

C. LÓPEZ-CARRASCO<sup>1</sup>, A.I. REY<sup>2</sup>, A. DAZA<sup>3</sup> y C.J. LÓPEZ BOTE<sup>2</sup>

### RESUMEN

En una dehesa de Castilla-La Mancha, se recogieron muestras de bellota de encina (*Quercus rotundifolia* Lam.) a lo largo del otoño-invierno, con el fin de determinar su composición en carbohidratos, grasa, proteína, cenizas, ácidos grasos y alfa y gamma tocoferol. El factor “árbol” afectó al porcentaje de proteína y a la proporción de ácido esteárico. Las proporciones medias de C16:0, C18:0, C18:1 n-9 y C18:2 n-6 fueron: 18,13; 3,49; 59,18 y 16,65%, y los contenidos de alfa y gamma tocoferol: 11,29 y 82,17 mg/kg MS, respectivamente. Tras el análisis de otras muestras de bellota, se observó que los contenidos de tocoferoles variaban con el árbol y que disminuían conforme avanzaba el otoño.

**Palabras clave:** perfil lipídico, alfa tocoferol, gamma tocoferol, dehesa, Castilla-La Mancha.

### INTRODUCCIÓN

La bellota de encina constituye el aporte alimenticio fundamental para los cerdos ibéricos durante el periodo de montanera en el ecosistema de la dehesa. Su composición en principios inmediatos aparece consignada en trabajos previos al respecto (Vázquez, 1998; FEDNA, 2010), sin embargo, su composición en ácidos grasos y sobre todo en tocoferoles, alfa y gamma tocoferol, es menos conocida. La composición en ácidos grasos y en tocoferoles de la bellota tiene especial incidencia en la calidad de los productos elaborados del cerdo Ibérico (López Bote, 1998; Daza *et al.*, 2005). La trascendencia cualitativa y económica del tema nos ha llevado a estudiar en el presente trabajo la composición en principios inmediatos, ácidos grasos y antioxidantes, alfa y gamma tocoferol, de la bellota y su posible variación según el árbol, así como la evolución del contenido de los tocoferoles en la bellota durante la montanera, aspecto hasta ahora desconocido. Al tiempo, en este trabajo también se estudian las relaciones entre la proporción de los ácidos principales de la bellota y el porcentaje de grasa de la misma.

<sup>1</sup> CIA “Dehesón del Encinar”, JCCM.

<sup>2</sup> Dpto. Producción Animal. Facultad de Veterinaria. Universidad Complutense. Ciudad Universitaria. 28040 Madrid.

<sup>3</sup> Dpto. Producción Animal. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. Universidad Politécnica. Ciudad Universitaria. 28040 Madrid. [lcarrasco@local.jccm.es](mailto:lcarrasco@local.jccm.es)

## MATERIAL Y MÉTODOS

El lugar del experimento está ubicado en el Centro de Investigaciones Agropecuarias "Dehesón del Encinar", Oropesa, Toledo, incluido dentro del área destinado al aprovechamiento de la montanera con porcino ibérico, con relieve suave y densidad baja del arbolado (17-20 pies/ha), con la encina (*Quercus rotundifolia*, Lam.) como especie dominante. Las características de la zona se describen en López-Carrasco *et al.*, (1999).

Se cosecharon las bellotas de 27 árboles, recogidas cada tres semanas durante el otoño y principios de invierno, para lo cual se emplearon mallas de recogida de aceituna. Del total, se eligieron 5 encinas con el fin de determinar su composición en carbohidratos, grasa, proteína, cenizas, perfil de ácidos grasos y 14 encinas para analizar la composición en alfa y gamma tocoferol. Las bellotas fueron previamente descascarilladas con el fin de analizar la pulpa, determinándose el porcentaje de materia seca de las bellotas sanas, mediante desecación en estufa de aire forzado a 70° C durante 48 horas. La proteína bruta se determinó mediante el nitrógeno total de las muestras, obtenido por el método de Kjeldahl, multiplicado por 6,25. El método de Kjeldahl se realizó siguiendo la norma ISO R-937. La fibra bruta fue determinada de acuerdo con la AOAC (2000) y las cenizas según la norma ISO R 936. Los extractivos libres de nitrógeno (ELN) se estimaron restando de 100 la suma de los contenidos de humedad, cenizas, proteína bruta, grasa bruta y fibra bruta. Para la extracción de la grasa de la bellota se utilizó una modificación (Rey, 1999) del método de Bligh y Dyer (1959). La composición de los ácidos grasos de la grasa extraída se determinó por cromatografía de gases (temperatura del horno, del inyector y del detector 170, 250 y 250°C respectivamente, flujo del gas portador 2,5 ml/min°C y split 1/50) (cromatógrafo Hewlett Packard modelo HP-5890). La columna utilizada fue HP-Innowax, capilar, con una longitud de 30 m, un diámetro interno de 0,32 mm y un grosor de fase de 0,25 µm. La fase estacionaria fue polar (polietilenglicol). Los ácidos grasos se expresaron como porcentaje (g de ácido graso/100g de de ácidos grasos). La determinación del contenido en vitamina E, en forma de alfa tocoferol y gamma tocoferol, se llevó a cabo siguiendo una modificación (Rey, 1999) del método descrito por Butriss y Diplock (1984). El cromatógrafo utilizado fue un HPLC Hewlett-Packard serie 1050. En este caso se utilizaron muestras de bellotas frescas.

Los datos obtenidos fueron analizados mediante análisis de varianza de una vía, siendo la encina el factor de variación considerado. Para las comparaciones se utilizó el test de mínima diferencia significativa y el nivel de confianza fue del 95%. La relación entre el porcentaje de grasa y los porcentajes de los diferentes ácidos grasos se analizó mediante regresión simple, utilizando el paquete estadístico Statgraphics-Centurión.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la *Tabla 1*, aparece reflejada la composición de la pulpa de bellota de cada árbol. El individuo no tuvo influencia estadísticamente significativa sobre los contenidos de materia seca, fibra bruta, grasa bruta, extractivos libres de nitrógeno y cenizas aunque el contenido de proteína bruta fue variable según árbol. Los valores aportados en la *Tabla 1* concuerdan con los referidos por Vázquez (1998), Rey *et al.*, (1998) y Rey *et al.*, (2006).

En la *Tabla 2*, exponemos el perfil obtenido de ácidos grasos según árbol. La composición en ácidos grasos fue poco variable según pie de encina. El árbol sólo afectó significativamente ( $P < 0,05$ ) al contenido de ácido esteárico (C18:0), pero el contenido del resto de ácidos grasos no estuvo influenciado por el árbol. Las proporciones medias de los ácidos grasos más abundantes fueron: 59,18% oleico (C18:1 n-9), 18,3% palmítico (C16:0), 16,65 linoleico (C 18:2 n-6) y 4,49% esteárico (C18:0). En la *Tabla 2*, puede observarse como en dos encinas el contenido de C18:2 n-6 fue superior que el de C16:0. FEDNA (2010) aporta valores en la bellota decorticada de 64, 16, 15 y 1%, respecto a la grasa ver-

Tabla 1. Variación de la composición de la pulpa de bellota de encina según árbol

Árbol	n	MS (g/kg)	FB (g/kg MS)	GB (g/kg MS)	PB (g/kg MS)	ELN g/kg MS	Cenizas (g/kg MS)
1	6	652,15	56,31	84,79	43,89 <sup>a</sup>	794,81	20,20
2	4	680,20	60,73	109,03	47,92 <sup>a</sup>	762,40	19,92
3	8	678,10	60,10	109,91	42,20 <sup>a</sup>	768,22	19,57
4	5	655,60	59,03	97,42	37,21 <sup>ab</sup>	789,00	17,34
5	2	648,00	51,11	82,59	28,59 <sup>b</sup>	819,44	18,27
sem		1,59	3,59	17,61	2,99	23,86	1,23
P <		0,58	0,22	0,75	0,017	0,35	0,52

n = nº de muestras de bellota, MS = materia seca, FB= fibra bruta, GB = grasa bruta, PB = proteína bruta, ELN = extractivos libres de nitrógeno. sem = error estándar de la media. Medias con distintos superíndices difieren P <0,05.

dadera, de ácidos oleico, palmítico, linoleico y esteárico respectivamente, mientras que los resultados obtenidos por López-Bote y Rey (2001) aportan valores superiores a los nuestros en oleico (66,06%) e inferiores en linoleico (14,67%) y palmítico (12,59%). El contenido elevado de C18:2 n-6 de la bellota puede explicar las importantes proporciones de este ácido graso encontradas, en ocasiones, en la grasa subcutánea de cerdos ibéricos acabados en montanera, lo que devalúa la calidad de la grasa y, por ende, la de los animales.

Tabla 2. Perfil de ácidos grasos (%) y composición en alfa y gamma tocoferol (mg/kg de MS) de la pulpa de bellota de encina

Encina	1 (6)	2 (4)	3 (8)	4 (5)	5 (3)	sem	P <
C14:0	0,14	0,14	0,19	0,12	0,12	0,068	0,93
C16:0	20,78	16,39	16,95	19,42	16,13	2,08	0,47
C16:1 n-9	0,035	0,060	0,085	0,060	0,060	0,027	0,72
C16:1 n-7	0,076	0,11	0,078	0,17	0,11	0,033	0,31
C18:0	3,14 <sup>a</sup>	3,23 <sup>a</sup>	3,45 <sup>a</sup>	4,52 <sup>b</sup>	2,96 <sup>a</sup>	0,22	0,0009
C18:1 n-9	56,46	59,32	59,08	61,63	60,62	3,33	0,82
C18:1 n-7	1,02	0,85	0,89	0,72	1,00	0,15	0,65
C18:2 n-6	17,27	18,85	16,82	12,74	18,58	1,98	0,24
C18:3 n-3	1,07	1,05	2,45	0,63	0,72	1,10	0,71
Σ SAT	24,06	19,76	20,59	24,06	19,21	2,27	0,44
Σ MONO	57,60	60,34	60,14	62,57	61,49	3,45	0,83
Σ POLI	18,34	19,90	19,27	13,37	19,30	2,66	0,33
α-tocoferol	14,49	15,38	6,61	9,43	15,00	2,99	0,21
γ-tocoferol	112,86 <sup>a</sup>	56,10 <sup>b</sup>	91,94 <sup>ab</sup>	67,10 <sup>ab</sup>	54,63 <sup>b</sup>	15,40	0,049

( ) = nº de muestras de bellota, sem = error estándar de la media. Medias con distintos superíndices difieren significativamente, P <0,05.

Con el fin de estudiar la relación entre las proporciones de los principales ácidos grasos presentes en la bellota se realizó un análisis de correlación. Entre las proporciones de C16:0 y C18:0, C16:0 y C18:1 n-9, C16:0 y C18:3 n-3 en la bellota, los coeficientes de correlación obtenidos fueron: 0,41 (P <0,036), - 0,78 (P <0,0001) y 0,43 (P <0,036) respectivamente, mientras que los coeficientes de correlación encontrados entre las proporciones de C18:1 n-9 y C18:1 n-7, C18:1 n-9 y C18:2 n-6, C18:1 n-9 y C18:3 n-3 fueron: -0,42 (P <0,030), - 0,66 (P <0,0003) y - 0,44 (P <0,026) respectivamente. Entre la suma

de ácidos grasos saturados (SAT) y la suma de monoinsaturados (MONO) el coeficiente de correlación observado fue  $r = -0,74$  ( $P < 0,0001$ ) y entre los MONO y la suma de poliinsaturados (POLI) el valor del coeficiente de correlación fue de  $r = -0,74$  ( $P < 0,0001$ ), mientras que la correlación entre los SAT y POLI no fue significativa ( $P < 0,38$ ).

De otra parte, con el fin de dilucidar la posible relación entre las proporciones de ácidos grasos principales y el porcentaje de grasa en la bellota, se realizó un análisis de regresión simple. Las relaciones entre el porcentaje de grasa en la pulpa de bellota (G) y las proporciones de ácidos grasos C16:0, SAT, C18:1 n-9 y monoinsaturados MONO respondió a ecuaciones de regresión de estructura:

C16:0 (%) = 24,39 - 0,64 G	R <sup>2</sup> = 0,26	RSD = 4,25	P < 0,009, n = 25
SAT = 28,05 - 0,65 G	R <sup>2</sup> = 0,23	RSD = 4,60	P < 0,016, n = 25
C18:1 n-9 = 44,45 G <sup>0,126</sup>	R <sup>2</sup> = 0,19	RSD = 0,126	P < 0,030, n = 25
MONO = 45,50 G <sup>0,124</sup>	R <sup>2</sup> = 0,20,	RSD = 0,12	P < 0,026, n = 25

de las que puede inferirse que a medida que aumenta el porcentaje de grasa en la bellota disminuyen las proporciones de los ácidos C16:0 y SAT y, por el contrario, aumentan las de C18:1 n-9 y MONO. Sin embargo, las relaciones detectadas entre el porcentaje de grasa en la bellota decorticada y las proporciones de C18:2 n-6 y POLI no fueron significativas ( $r = 0,066$ ,  $P < 0,75$  y  $r = -0,18$ ,  $P < 0,37$  respectivamente).

En la *Tabla 2*, también pueden observarse las concentraciones de  $\alpha$  y  $\gamma$ -tocoferol expresadas en mg/kg de materia seca (MS) según árbol. El árbol no tuvo influencia significativa ( $P > 0,05$ ) sobre el contenido de  $\alpha$ -tocoferol pero sí afectó al contenido de  $\gamma$ -tocoferol. El valor medio de  $\alpha$ -tocoferol encontrado en este experimento (11,29 mg/kg MS) fue más bajo que los obtenidos por Rey *et al.*, (1998) (25,6 y 31,1 mg/kg MS), y el valor medio encontrado de  $\gamma$ -tocoferol (82,17 mg/kg MS) fue superior (63,5 mg/kg MS). En otro experimento, Rey *et al.*, (2006) aportaron valores de  $\alpha$  y  $\gamma$  tocoferol en la bellota de 13,6 y 74,4 mg/kg de MS respectivamente, mientras que Isabel *et al.*, (2009) encontraron valores de 31,1 y 63,5 mg/kg MS respectivamente. En este experimento fue detectada una relación negativa y significativa entre la concentración de  $\gamma$ -tocoferol y el porcentaje de proteína bruta (PB) de la bellota que se ajustaba a una función inversa de estructura:

$$\gamma\text{-tocoferol (mg/kg MS)} = 1/(0,0459 - 0,145/PB); (R^2 = 0,32; RSD = 0,0033, P < 0,0081 n = 25)$$

sin que conozcamos trabajos bibliográficos que puedan constatar tal relación.

Los contenidos de  $\alpha$  y  $\gamma$ -tocoferol de muestras de bellota procedente de nueve encinas distintas a las consignadas en la *Tabla 2*, aparecen reflejados en la *Tabla 3*. Según puede inferirse de esta tabla, las concentraciones de  $\alpha$  y  $\gamma$ -tocoferol, encontradas en la bellota, variaron con el árbol y fueron disminuyendo a medida que avanzaba la montanera. Para la evolución con el tiempo del  $\gamma$ -tocoferol se encontró la ecuación de regresión lineal:

$$\gamma\text{-tocoferol (mg/kg MS)} = 106,79 - 0,648 \text{ tiempo} \\ (R^2 = 0,20; RSD = 39,10; P < 0,017, n = 28),$$

resultado que corrobora los obtenidos en el análisis de la varianza.



Tabla 3. Efecto del árbol y evolución de la composición en alfa y gamma tocoferol de la pulpa de bellota de encina

Encina	n	Alfa-tocoferol (mg /kg MS)	Gamma-tocoferol (mg/kg MS)
1	4	7,95 <sup>a</sup>	70,55 <sup>ab</sup>
2	4	12,11 <sup>ab</sup>	136,91 <sup>d</sup>
3	4	13,15 <sup>ab</sup>	42,99 <sup>a</sup>
4	4	20,06 <sup>bc</sup>	96,93 <sup>bc</sup>
5	4	5,09 <sup>a</sup>	77,91 <sup>ab</sup>
6	4	3,91 <sup>a</sup>	100,02 <sup>bc</sup>
7	4	5,32 <sup>a</sup>	95,22 <sup>bc</sup>
8	4	9,85 <sup>ab</sup>	61,60 <sup>ab</sup>
9	4	13,13 <sup>ab</sup>	52,57 <sup>a</sup>
sem		3,42	12,57
Octubre	9	15,29 <sup>bc</sup>	114,03 <sup>a</sup>
Noviembre	9	8,66 <sup>ab</sup>	79,99 <sup>b</sup>
Diciembre	9	8,31 <sup>ab</sup>	75,69 <sup>b</sup>
Enero	9	7,99 <sup>a</sup>	56,83 <sup>b</sup>
sem		2,28	8,38
P encina <		0,050	0,0007
P mes <		0,048	0,0007

n = nº de muestras de bellota, sem = error estándar de la media. Medias con distintos superíndices difieren P <0,05.

## CONCLUSIONES

En el caso de estudio, el árbol tuvo poca influencia sobre la composición en principios inmediatos y ácidos grasos de la bellota. Las concentraciones de alfa y gamma tocoferol fueron más elevadas al principio de la montanera; el contenido de grasa de la bellota está relacionado negativamente con los ácidos grasos C16:0 y saturados totales y positivamente con los ácidos C18:1 n-9 y monoinsaturados totales respectivamente.

## Agradecimientos

Este trabajo ha sido realizado gracias a los proyectos INIA: RTA 01-018. "Efecto de la alimentación en premontanera sobre la incorporación tisular de lípidos en el cerdo ibérico" y RTA: 04-053. "Efecto de la edad de entrada en montanera, duración de la montanera y alimentación en premontanera sobre los índices productivos y calidad de la canal y de la grasas de cerdos ibéricos".

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AOAC. 2000. *Official Methods of Analysis*. 17<sup>th</sup> ed. Assoc. Offic. Anal. Chemist., Arlington, VA.
- BLIGH, E.G.; DYER, W.J., 1959. A rapid method of total lipid extraction and purification. *Canadian Journal of Biochemistry and Physiology*, **37**, 911-917.
- BUTRISS, J.L.; DIPLOCK, A.T., 1984. High-performance liquid chromatography methods for vitamin E in tissues. *Methods in Enzymology*, **105**, 131-138.
- DAZA, A.; RUIZ, J.; OLIVARES, A.; LÓPEZ BOTE, C.J., 2005. Evolution of production system in Iberian pigs. En: *Animal products from the Mediterranean area*. EAAP, J.M.C. ÁRMALO *et al.* (Eds.). Wageningen Academia Publishers, **119**, 177-184.

- FEDNA., 2010. *Tablas FEDNA de composición y valor nutritivo de alimentos para la fabricación de piensos compuestos*, C. DE BLAS *et al.* (Co), Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal (Eds.).
- ISABEL, B.; CORDERO, G.; LÓPEZ BOTE, C. J.; DAZA, A., 2009. Tocopherol content loss and instrumental color análisis of Iberian dry-cured ham as affected by rearing and feeding systems. *Grasas y Aceites*, **60** (3), 248-254.
- LÓPEZ BOTE, C. J., 1998. Sustainable utilisation of the Iberian pig breed. *Meat Science*, **49**, 17-27.
- LÓPEZ BOTE, C. J.; REY, A. I., 2001. Susceptibility of hepatic tissue of Iberian pig is enhanced by free-range feeding and reduced by vitamin E supplementation. *Nutrition Research*, **21**, 541-549.
- LÓPEZ-CARRASCO, C.; RODRÍGUEZ, R.; ROBLEDO, J.C., 1999. Efecto de la fertilización fosfórica en la transformación a pastizal de un cultivo forrajero en la Campana de Oropesa (Toledo). *Actas de la XXXIX Reunión Científica de la SEEP*, 407-412.
- REY, A. I., 1999. *Estudio de la fracción lipídica de cerdos mantenidos en montanera o alimentados con piensos suplementados con cobre, vitamina E o distintos tipos de grasa*. Tesis Doctoral. Facultad de Veterinaria. Universidad Complutense de Madrid. 229 pp.
- REY, A. I.; ISABEL, B.; CAVA, R.; LÓPEZ BOTE, C.J., 1998. Dietary acorns provide a source of gamma-tocopherol to pigs raised extensively. *Canadian Journal of Animal Science*, **78**, 441-443.
- REY, A. I.; DAZA, A.; LÓPEZ-CARRASCO, C.; LÓPEZ BOTE, C. J., 2006. Feeding Iberian pigs with acorns and grass in either free-range or confinement affects the carcass characteristics and fatty acids and tocopherols accumulation in *Longissimus dorsi* muscle and backfat. *Meat Science*, **73**, 66-74.
- VÁZQUEZ, F. M. 1998. *Semillas de Quercus: biología, ecología y manejo*. Junta de Extremadura, 235 pp. Mérida (España).

## FATTY ACIDS AND TOCOPHEROLS COMPOSITION OF ACORN FROM HOLM OAK IN "CIA DEHESÓN DEL ENCINAR", TOLEDO

### SUMMARY

Decorticated acorn samples were collected during the autumn and at the beginning of winter in a "dehesa" of Castilla-La Mancha in order to determinate the composition in carbohydrates, fat, protein, ash, fatty acids and alpha and gamma tocopherol. Average proportions of C16:0, C18:1 n-9, C18:0 and C18:2 n-6 were 18,13, 59,18, 3,49 and 16,65% respectively. Alpha and gamma tocopherol contents were 11,29 ad 82,17 mg/kg DM respectively. The tree affected to protein percentage and stearic acid (C18:0) proportion. In the analysis of other acorn samples it was observed that tocopherol concentration changed according to tree, whereas such contents decreased as progressed the autumn.

**Key words**, lipids composition, alpha tocopherol, gamma tocopherol, dehesa system, Castilla-La Mancha

## COMPOSICIÓN EN ÁCIDOS GRASOS Y TOCOFEROLES DEL PASTO HERBÁCEO DE OTOÑO EN UNA DEHESA TOLEDANA

C. LÓPEZ-CARRASCO<sup>1</sup>, A.I. REY<sup>2</sup>, A. DAZA<sup>3</sup> y C.J. LÓPEZ BOTE<sup>2</sup>

### RESUMEN

En una dehesa de Castilla-La Mancha (CIA "El Dehesón del Encinar, Oropesa, Toledo) se recogieron muestras de hierba durante el periodo octubre-diciembre, con el objetivo de analizar su perfil de ácidos grasos y su contenido en alfa y gamma tocoferol. Los ácidos grasos más abundantes en la hierba de otoño fueron el linolénico (C18:3 n-3), el palmítico (C16:0), el linoleico (C18:2 n-6) y el oleico (C18:1 n-9), habiéndose obtenido valores medios del 54,96; 21,15; 13,97 y 3,05%, respectivamente. La parcela y el mes no tuvieron efecto significativo sobre las proporciones de tales ácidos grasos. Los coeficientes de correlación obtenidos entre la proporción del C18:3 n-3 y el resto de los ácidos grasos del pasto fueron negativos y significativos ( $P < 0,05$ ). Los valores medios obtenidos en el pasto para el alfa y gamma tocoferol fueron: 276,81 y 11,22 mg/kg materia seca respectivamente y la parcela tuvo influencia significativa sobre el contenido de gamma tocoferol.

**Palabras clave:** composición lipídica, antioxidantes, alfa tocoferol, gamma tocoferol, Castilla-La Mancha.

### INTRODUCCIÓN

La hierba de otoño constituye un aporte alimenticio fundamental para los rumiantes en pastoreo en el ecosistema de la dehesa y un suplemento proteico a la bellota para los cerdos ibéricos durante el periodo de montanera. Su composición para algunos principios inmediatos aparece con resultados variables en algunos trabajos previos (Olea *et al.*, 1989; López Bote y Rey, 2001; Rey *et al.*, 2006). Sin embargo, su composición en ácidos grasos y sobre todo en tocoferoles es menos conocida. La composición en tocoferoles del pasto herbáceo, especialmente del alfa-tocoferol tiene una clara repercusión sobre la calidad de los productos del cerdo ibérico debido a su papel como antioxidantes (López Bote, 1998). La indudable importancia del tema nos ha llevado a estudiar la composición en ácidos grasos y en antioxidantes, alfa y gamma tocoferol, del pasto herbáceo de otoño de la dehe-

<sup>1</sup> CIA "Dehesón del Encinar", JCCM.

<sup>2</sup> Dpto. Producción Animal. Facultad de Veterinaria. Universidad Complutense. Ciudad Universitaria. 28040 Madrid.

<sup>3</sup> Dpto. Producción Animal. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. Universidad Politécnica. Ciudad Universitaria. 28040 Madrid. [clcarrasco@local.jccm.es](mailto:clcarrasco@local.jccm.es)

sa, así como su evolución durante la citada estación, aspectos que, en nuestro conocimiento, han sido poco estudiados hasta el presente.

## MATERIAL Y MÉTODOS

El lugar del experimento está ubicado en el Centro de Investigaciones Agropecuarias "Dehesón del Encinar", Oropesa, Toledo, e incluido dentro del área destinada al aprovechamiento de la montanera con porcino ibérico. Presenta un relieve suave y densidad baja del arbolado (17-20 pies/ha), con la encina (*Quercus rotundifolia*, Lam.) como especie dominante. El suelo es franco-arenoso, de pH ácido y bajo contenido en materia orgánica y nitrógeno, y moderado en fósforo (López-Carrasco *et al.*, 1999). La vegetación herbácea de la parcela, se corresponde con pastos de anuales subnitrófilos (posíos), de la clase fitosociológica *Stellarietea mediae* y el orden *Sisymbrietalia officinalis*, (San Miguel, comunicación personal). Entre las especies más abundantes encontramos *Ornithopus compressus* L., *Trifolium glomeratum* L., *Trifolium ceernum* Brot., *Vulpia geniculata* (L) Link., *Holcus lanatus* L., *Thaenatherum caput-medusa* (L.) Nevski, *Echium plantagineum* L., *Spergula arvensis* L., *Crepis capillaris* (L.) Wallr, *Tolpis barbata* (L.) Gaerth, y *Anthemis arvensis* L. Las muestras de hierba fueron recogidas a lo largo del otoño (periodo octubre-diciembre) en cuatro parcelas de 5 ha cada una, cercadas y aprovechadas por cerdos ibéricos. En cada una de las parcelas se muestreó en varios puntos con el fin de determinar su composición en ácidos grasos y en alfa y gamma tocoferol.

Para la extracción de la grasa se utilizó una modificación (Rey, 1999) del método propuesto por Bligh y Dyer (1959). La determinación de los ácidos grasos se realizó mediante cromatografía de gases con las siguientes condiciones: temperatura del horno de 170° C, temperatura del inyector 250° C, temperatura del detector 250° C y flujo del gas portador 2,5 ml/min (° C, *split* 1/50). El cromatógrafo utilizado fue un Hewlett-Packard modelo HP-5890. La columna utilizada fue HP-Innowax, capilar, con una longitud de 30 m, un diámetro interno de 0,32mm y un grosor de fase de 0,25 µm. La fase estacionaria fue polar (polietilenglicol).

La determinación de los contenidos de alfa y de gamma tocoferol de la hierba se llevó a cabo mediante una modificación (Rey, 1999) del método descrito por Buttriss y Diplock (1984) y el cromatógrafo utilizado fue un HPLC Hewlett-Packard serie 1050. Para el análisis cromatográfico se utilizó una longitud de onda de 292 nm. La fase móvil fue de metanol: agua (97:3) (v/v) a un flujo de 2,0 ml/minuto.

Los datos se analizaron mediante un análisis de varianza que incluía como factores principales de variación a la parcela y al mes de recogida de la muestra de hierba. También se realizó un análisis de correlación para estudiar la posible relación entre las proporciones de los distintos ácidos grasos presentes en la hierba. Para las comparación de medias, debido a la heterogeneidad del número de muestras según factores de variación se utilizó el test de Scheffe y el nivel de confianza fue del 95%. Todos los análisis de realizaron con la ayuda del paquete estadístico Statgraphics-Centurión.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la *Tabla 1*, aparece reflejado el perfil de ácidos grasos de la hierba, según parcela y mes de recogida de las muestras. Los ácidos grasos más abundantes en la hierba de otoño fueron el linolénico (C18:3 n-3), el palmítico (C16:0), el linoleico (C18:2 n-6) y el oleico (C18:1 n-9) habiéndose obtenido valores medios del 54,96; 21,15; 13,97 y 3,05%, respectivamente. También Isabel *et al.*, (2009) observaron que tales ácidos grasos eran los más abundantes en el pasto de una dehesa extremeña y Daza *et al.*, (2007) encontraron, en el pasto de una dehesa de Castilla-La Mancha, valores de 53,90; 22,47; 13,79 y 2,79% para

Tabla 1. Grasa bruta (GB en g/kg de MS) y perfil de ácidos grasos (%) del pasto de otoño según parcela y mes

	Parcela				sem	Mes			sem	P parcela	P mes
	1 (17)	2 (9)	3 (15)	4 (13)		Oct (7)	Nov (10)	Dic (37)			
GB	30,54	43,84	31,52	40,19	1,04	35,09	48,24	31,93	0,80	0,56	0,29
C14:0	1,13	0,75	0,94	0,94	0,16	0,95	0,99	0,88	0,12	0,41	0,82
C16:0	20,61	20,73	22,05	21,21	0,80	21,46	20,77	21,21	0,62	0,51	0,87
C16:1 n-9	1,67 <sup>a</sup>	2,22 <sup>ab</sup>	2,83 <sup>b</sup>	2,10 <sup>a</sup>	0,22	2,82 <sup>a</sup>	1,79 <sup>b</sup>	2,00 <sup>b</sup>	0,17	0,0015	0,029
C16:1 n-7	0,70	1,31	0,76	0,97	0,24	1,15 <sup>a</sup>	1,29 <sup>a</sup>	0,37 <sup>b</sup>	0,16	0,25	0,0014
C18:0	2,51	2,17	2,05	2,18	0,17	2,29	2,26	2,13	0,13	0,16	0,73
C18:1 n-9	3,82	3,14	2,66	3,34	0,43	3,04	3,85	2,84	0,33	0,20	0,19
C18:1 n-7	1,41	1,58	1,38	1,89	0,30	2,52 <sup>a</sup>	1,55 <sup>b</sup>	0,63 <sup>c</sup>	0,22	0,52	0,0001
C18:2 n-6	15,27 <sup>a</sup>	13,14 <sup>b</sup>	12,55 <sup>b</sup>	13,67 <sup>b</sup>	0,52	12,45	14,36	14,16	0,40	0,0007	0,067
C18:3 n-3	52,87	54,95	54,77	53,68	1,70	53,32	53,13	55,76	1,30	0,76	0,34
Σ SAT	24,25	23,65	25,04	24,33	1,93	24,70	24,02	24,22	1,47	0,78	0,90
Σ MONO	7,60	8,25	7,63	8,31	0,63	9,53 <sup>a</sup>	8,48 <sup>a</sup>	5,85 <sup>b</sup>	0,48	0,70	0,021
Σ POLI	68,14	68,09	67,32	67,35	3,01	65,77	67,49	69,92	2,29	0,86	0,78

( ) = n° de muestras, sem = error estándar de la media. Medias con distintos superíndices difieren  $P < 0,05$ .

los citados ácidos grasos. Sin embargo, López Bote y Rey (2001) en una dehesa de Jerez de los Caballeros (Badajoz), obtuvieron valores más bajos de los ácidos grasos C18:3 n-3, C16:0 y C18:12 n-6 (44,94, 15,57 y 11,82% respectivamente), y un valor más elevado para el ácido C18:1 n-9 (9,35%). La parcela solo tuvo influencia estadísticamente significativa ( $P < 0,05$ ) sobre las proporciones de ácido palmitoleico (C16:1 n-9) y linoleico (C18:2 n-9). El mes tuvo influencia significativa sobre las proporciones de los ácidos C16:1 n-9, C16:1 n-7, C18:1 n-7 y sobre la suma de los monoinsaturados (MONO). Las proporciones del C18:1 n-7 y de la suma de monoinsaturados (MONO) disminuyeron conforme avanzaba el otoño y las proporciones de C16:1 n-9 y C16:1 n-7 observadas en diciembre fueron significativamente inferiores que las encontradas en octubre. El mes no afectó significativamente a la proporción de C18:3 n-3, aunque el valor numérico obtenido en diciembre fue superior a los detectados en octubre y noviembre.

En la *Tabla 2*, reflejamos los coeficientes de correlación calculados entre las proporciones de los ácidos grasos presentes en el pasto. Los coeficientes de correlación encontrados entre el ácido linolénico (C18:3 n-3), el más abundante en el pasto, y el resto de los ácidos grasos presentes en el mismo fueron negativos y estadísticamente significativos ( $P < 0,01$ ). También coeficientes de correlación elevados fueron observados entre los ácidos grasos C16:1 n-7 y C18:1 n-7 ( $r = 0,78$ ), C18:0 y C18:1 n-9 ( $r = 0,78$ ) y C18:1 n-7 y C18:1 n-9 ( $r = 0,59$ ). Los coeficientes de correlación detectados entre la suma de los ácidos grasos saturados ( $\Sigma$  SAT,) la suma de los monoinsaturados ( $\Sigma$  MONO) y poliinsaturados ( $\Sigma$  POLI) fueron  $r = 0,49$  ( $P < 0,001$ ) y  $r = -0,87$  ( $P < 0,0001$ ) respectivamente, mientras que el coeficiente de correlación entre los  $\Sigma$  MONO y  $\Sigma$  POLI fue  $r = -0,86$  ( $P < 0,0001$ ).

En la *Tabla 3*, presentamos los contenidos del pasto en alfa y gamma tocoferol según parcela y mes. Los valores medios obtenidos para el alfa y gamma tocoferol fueron 276,81 y 11,22 mg/kg MS respectivamente, valores próximos a los obtenidos por Rey *et al.*, (1998) en una dehesa de Extremadura, aunque López Bote y Rey (2001), observaron un valor más

Tabla 2. Matriz de correlaciones entre las proporciones de los ácidos grasos de la hierba de otoño

	C14:0	C16:0	C:16:1 n-7	C16:1 n-9	C18:0	C18:1 n-7	C18:1 n-9	C18:2 n-6	C18:3 n-3
C14:0	-	0,13	0,098	- 0,036	0,31 <sup>*</sup>	0,12	0,24	0,17	- 0,34 <sup>**</sup>
C16:0		-	0,22	0,37 <sup>**</sup>	0,31 <sup>*</sup>	0,32 <sup>*</sup>	0,18	- 0,020	- ,72 <sup>****</sup>
C16:1 n-7			-	0,072	0,36 <sup>**</sup>	0,78 <sup>****</sup>	0,46 <sup>****</sup>	- 0,18	- 0,53 <sup>****</sup>
C16:1 n-9				-	0,33 <sup>*</sup>	0,032	0,46 <sup>****</sup>	- 0,18	- 0,53 <sup>****</sup>
C18:0					-	0,51 <sup>****</sup>	0,78 <sup>****</sup>	0,51 <sup>****</sup>	- 0,78 <sup>****</sup>
C18:1 n-7						-	0,59 <sup>****</sup>	- 0,10	- 0,66 <sup>****</sup>
C18:1 n-9							-	0,45 <sup>****</sup>	- 0,75 <sup>****</sup>
18:2 n-6								-	- 0,42 <sup>**</sup>
C18:3 n-3									-

\*P< 0,05; \*\*P<0,01; \*\*\*P3<0,001; \*\*\*\*P<0<0001.

Tabla 3. Contenido de alfa y gamma tocoferol de la hierba de otoño según parcela y mes

Parcela	n	Alfa-tocoferol (mg /kg MS)	Gamma-tocoferol (mg/kg MS)
1	6	259,79	7,47 <sup>a</sup>
2	3	257,74	5,30 <sup>a</sup>
3	4	271,75	19,77 <sup>b</sup>
4	5	259,68	6,67 <sup>a</sup>
sem		26,48	3,60
Octubre	6	240,00	7,45
Noviembre	2	265,37	7,79
Diciembre	10	281,18	14,18
sem		20,22	2,73
P parcela <		0,98	0,043
P mes <		0,34	0,16

n = nº de muestras, sem = error estándar de la media. Medias con distintos superíndices difieren P < 0,05.

bajo de alfa tocoferol en una dehesa de Jerez de los Caballeros (Badajoz) (171 mg/kg MS). La parcela no tuvo influencia estadísticamente significativa sobre el contenido de alfa tocoferol pero si afectó significativamente (P <0,05) a la de gamma tocoferol. El mes no afectó al contenido de ambos tocoferoles, aunque los contenido de alfa y de gamma tocoferol detectados en el pasto de diciembre fueron numéricamente más elevados que los encontrados en el pasto de los meses de octubre y de noviembre.

## CONCLUSIONES

El contenido de los principales ácidos grasos presentes en el pasto de dehesa varía muy poco según parcela y a medida que avanza el otoño. Se observó una reducción del conteni-

do de la suma de ácidos grasos monoinsaturados en el mes de diciembre, cuando se compara con los contenidos respectivos de los meses de octubre y de noviembre. El contenido de alfa tocoferol del pasto parece no estar influenciado ni por la parcela ni por el mes de otoño.

### Agradecimientos

Este trabajo ha sido realizado gracias a los proyectos INIA: RTA 01-018. "Efecto de la alimentación en premontanera sobre la incorporación tisular de lípidos en el cerdo ibérico" y RTA: 04-053. "Efecto de la edad de entrada en montanera, duración de la montanera y alimentación en premontanera sobre los índices productivos y calidad de la canal y de la grasas de cerdos ibéricos".

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BLIGH, E.G.; DYER, W.J., 1959. A rapid method of total lipid extraction and purification. *Canadian Journal of Biochemistry and Physiology*, **37**, 911-917.
- BUTRISS, J.L.; DIPLOCK, A.T., 1984. High-performance liquid chromatography methods for vitamin E in tissues. *Methods in Enzymology*, **105**, 131-138.
- DAZA, A.; MATEOS, A.; REY, A.I.; OVEJERO, I.; LÓPEZ BOTE, C.J., 2007. Effect of duration of feeding under free-range conditions on production results and carcass and fat quality in Iberian pigs. *Meat Science*, **76**, 411-416.
- ISABEL, B.; CORDERO, G.; LÓPEZ BOTE, C. J.; DAZA., 2009. Tocopherol content, weight loss and instrumental color analysis of Iberian dry-cured ham as affected by rearing and feeding systems. *Grasas y Aceites*, **60 (3)**, 248-254.
- LÓPEZ BOTE, C. J., 1998. Sustainable utilisation of the Iberian pig breed. *Meat Science*, **49**, 17-27.
- LÓPEZ BOTE, C. J.; REY, A. I., 2001. Susceptibility of hepatic tissue of Iberian pig is enhanced by free-range feeding and reduced by vitamin E supplementation. *Nutrition Research*, **21**: 541-549.
- LÓPEZ-CARRASCO, C.; RODRÍGUEZ, R.; ROBLEDO, J.C., 1999. Efecto de la fertilización fosfórica en la transformación a pastizal de un cultivo forrajero en la Campana de Oropesa (Toledo). En: *Actas de la XXXIX Reunión Científica de la SEEP*. Almería (España), 407-412.
- OLEA, L.; PAREDES, J.; VERDASCO., P., 1989. Características productivas de los pastos de la dehesa del S.O. de la península Ibérica. En: *II Reunión de Pastos y Forrajes*, Sociedade Portuguesa de Pastagens e Forragens (Eds.). Elvas (Portugal), 147-172.
- REY, A.I.; ISABEL, B.; CAVA, R.; LÓPEZ BOTE., C.J., 1998. Dietary acorns provide a source of gamma tocopherol to pigs raised extensively. *Canadian Journal of Animal Science*, **78**, 441-443.
- REY, A. I. 1999. *Estudio de la fracción lipídica de cerdos mantenidos en montanera o alimentados con piensos suplementados con cobre, vitamina E o distintos tipos de grasa*. Tesis Doctoral. Facultad de Veterinaria. Universidad Complutense de Madrid. 229 pp.
- REY, A. I.; DAZA, A.; LÓPEZ-CARRASCO, C.; LÓPEZ BOTE, C. J., 2006. Feeding Iberian pigs with acorns and grass in Esther free-range or confinement affects the carcass characteristics and fatty acids and tocopherols accumulation in *Longissimus dorsi* muscle and backfat. *Meat Science*, **73**, 66-74.

### FATTY ACIDS AND TOCOPHEROLS CONTENTS OF AUTUMN HERBACEOUS PASTURES FROM A "DEHESA" IN TOLEDO

#### SUMMARY

In a "dehesa" of Castilla-La Mancha (CIA "El Dehesón del Encinar", Oropesa, Toledo) grass samples were collected during the period October-December. Fatty acids more abundant in the autumn grass were linolenic (C18:3 n-3), palmitic (C16:0), linoleic (C18:2 n-6) and oleic (C18:1

n-9). Average proportions of such fatty acids were 54.96, 21.15, 13.97 and 3.05% respectively. Plot and month had not significant effect on the proportions of such fatty acids. Correlation coefficients obtained between the C18:3 n-3 proportion and the remaining fatty acids of grass were negative and significant ( $P < 0.05$ ). Grass average contents in alpha and gamma tocopherol were 276.81 and 11.22 mg/kg DM respectively. Plot had not significant influence on gamma-tocopherol content.

**Key words:** lipids composition, antioxidants, alpha tocopherol, gamma tocoferol, Castilla-La Mancha.



# LA COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA BELLOTA EN LA DEHESA. INFLUENCIA DEL PESO

M.D. CARBONERO MUÑOZ, A. GARCIA MORENO y P. FERNÁNDEZ REBOLLO \*

## RESUMEN

La composición y el peso de la bellota son variables relacionadas entre sí e influenciadas por gran cantidad de factores, algunos de ellos inherentes al árbol y otros de carácter externo. En este trabajo se indaga en la relación existente entre el peso de la bellota y su composición, para lo que se recogió y analizó material procedente de 50 encinas durante los años 2001-02 y 2003-04. Los resultados obtenidos indican que existe una relación negativa entre el peso de la bellota y los contenidos en materia seca, proteína bruta, grasa bruta y cenizas, aunque sólo la relación con la proteína bruta y cenizas se repite durante los dos años. Además, los contenidos en grasa bruta no difieren entre años, y los contenidos en proteína bruta y cenizas en distintos años están relacionados, y por tanto parecen estar ligados al árbol productor en concreto. También se han encontrado relaciones positivas entre los contenidos en grasa bruta, proteína bruta, azúcares totales y cenizas, y negativas entre los contenidos en ácido oleico con los encontrados en ácido linoleico y linolénico.

**Palabras clave:** *Quercus ilex*, semilla, encina,

## INTRODUCCIÓN

La composición y el peso de la bellota son variables influenciadas por distintos factores entre los que estarían aquellos derivados de su propio proceso de maduración, aquellos inherentes al árbol (especie o/y forma botánica), a la zona (ambiente ecológico), y a la actuación de agentes externos como serían la meteorología o la incidencia de determinadas plagas o/y enfermedades (López-Carrasco *et al.*, 2005). Además, son variables que influyen de manera importante en la selección de las bellotas que los predadores realizan (Rodríguez-Estévez *et al.*, 2009) y que resultan decisivas en el establecimiento de nuevas plántulas, al estar relacionado el mayor tamaño con un mayor vigor y resistencia a sequías, heladas y herbivoría (Gómez, 2004). La composición de la bellota no es tampoco ajena al tamaño como así lo muestran diferentes autores (Ramírez *et al.*, 1983; Rodríguez-Estévez *et al.*, 2007). Si además se tiene en cuenta la fuerte influencia de la composición de la bellota sobre aspectos como la calidad de los productos derivados del cerdo ibérico, y el proceso de regeneración de la especie, sería de interés contar con un mejor conocimiento de

---

\* Departamento de Ingeniería Forestal, ETSIAM. Universidad de Córdoba. Campus de Rabanales 14071 Córdoba (España) e-mail: ir1ferep@uco.es

las relaciones que se establecen entre estas variables. En este trabajo se indaga en la relación existente entre el peso de la bellota y su composición química, y entre los diferentes compuestos químicos que la forman.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Para la realización de este trabajo, se escogió una finca de dehesa en la comarca de Los Pedroches (Córdoba). Se eligieron 50 árboles, recogiendo la producción de bellota quincenalmente a partir del 1 de Noviembre y hasta la finalización de la caída del fruto, durante los años 2001-02 y 2003-04. Fueron elegidos estos dos años, por las similitudes que presentaron tanto en el desarrollo de la montanera como en la producción y peso medio de la semilla. En cada fecha y árbol, se contó el número de bellotas obtenidas y se obtuvo su peso total. El peso medio de la bellota se obtuvo de dividir el peso total entre el número de semillas. Las semillas se decortican y molieron para posteriormente obtener un espectro mediante el equipo Foss NIRS System 6500 (400-2500 nm). La estimación de los contenidos en humedad, extracto etéreo (grasa bruta), proteína bruta, azúcares (sacarosa) y cenizas se realizó mediante ecuaciones de predicción NIRS desarrolladas para pulpa fresca de bellota molida (tabla 1). La metodología empleada para el análisis del contenido en cenizas, proteína bruta (Kjeldhal), extracto etéreo, y azúcares (sacarosa) se describe en el Real Decreto 2257/94. Para la obtención del contenido en ácidos grasos (palmitico, esteárico, oleico, linoleico y linolénico) las muestras se enviaron al laboratorio agroalimentario de Córdoba puesto que las ecuaciones no mostraron la precisión adecuada. Sólo se poseen datos de contenido en ácidos grasos para 2001-02. La determinación de los ácidos grasos se realizó mediante cromatografía de gases según se recoge en las Directivas 91/268/CEE y 02/796/CEE. Todos los contenidos se expresan como porcentaje sobre materia seca. Los datos de peso de bellota y composición correspondientes a cada fecha de recogida se promediaron obteniéndose un dato por árbol y año. Para la identificación de las relaciones entre el peso y la composición de la bellota, y entre las distintas variables bromatológicas, se utilizaron los coeficientes de correlación de Pearson y Spearman. La comparación de los valores bromatológicos entre años, se realizó mediante un test de comparación de medias para muestras relacionadas. El programa utilizado fue el STATISTICA 6.0.

Tabla 1. Estadísticos de calibración obtenidos para distintos parámetros analíticos

	Media	Rango	D.E.	Nº	ETVC	r <sup>2</sup>	RPD	R E R
Materia seca (%)	59	53,6-64,7	2,6	143	0,698	0,929	3,73	15,97
Proteína bruta (%)	4,4	2,0-8,2	1,6	150	0,517	0,894	3,07	12,03
Extracto etéreo (%)	7,2	1,0-14,3	3,8	152	1,263	0,886	2,96	10,5
Azúcares (sacarosa) (%)	2,9	0,1-9,8	2,9	99	0,808	0,921	3,56	11,98
Cenizas (%)	1,6	0,8-2,6	0,4	155	0,21	0,771	2,1	8,38

Datos no publicados

## RESULTADOS

En la *tabla 2*, aparecen los contenidos de diferentes variables bromatológicas en 2001-02 y 2003-04 en bellota. Sólo los contenidos en grasa bruta no difieren entre años, y sólo los contenidos en proteína bruta y cenizas, así como el peso de la semilla obtenidos en ambos años se encuentran relacionados, lo que puede indicar que se trata de variables para las que el factor árbol tiene una cierta importancia.

En la *tabla 3* pueden consultarse las correlaciones encontradas entre las variables: peso de la semilla y diferentes componentes químicos, durante 2001-02 y 2003-04. Salvo

**Tabla 2.** Valores medios, mínimos, máximos, y error estándar del peso fresco y de distintas variables bromatológicas<sup>2</sup> obtenidas en pulpa de bellota de encina los años 2001-02 y 2003-04. Se incluye el coeficiente de correlación de Pearson (r) resultante de comparar los valores obtenidos en ambos años, y los estadísticos del análisis de la prueba T de Student de comparación de medias relacionadas

Variables	n	2001-02				2003-04				r	Prueba T	
		Media	E.E.	Min.	Max.	Media	E.E.	Min.	Max.		t	p
Peso (g) <sup>1</sup>	33	4,7	33	1,8	8,9	3,5	33	1,5	6,2	<b>0,813*</b>	6,924	<b>0,000</b>
Materia seca (%)	33	60,6	0,3	57,4	64,0	57,8	0,4	51,2	63,4	0,059	5,461	<b>0,000</b>
Proteína bruta (%)	33	5,3	0,2	3,7	7,3	5,8	0,2	3,0	7,5	<b>0,414*</b>	-2,393	<b>0,023</b>
Extracto etéreo (%)	33	9,2	0,3	6,2	12,8	8,6	0,5	1,3	14,2	0,130	1,119	0,271
Azúcares (sacarosa) (%)	20	6,9	0,3	0,8	9,1	1,4	0,3	0,2	3,7	-0,019	13,283	<b>0,000</b>
Cenizas (%)	33	1,9	0,0	1,5	2,3	1,5	0,1	0,4	1,8	<b>0,430*</b>	8,639	<b>0,000</b>
Ác. Palmítico	13	1,41	0,05	1,01	1,73							
Ac. Estearico	13	0,31	0,01	0,24	0,40							
Ác. Oleico	13	6,44	0,24	4,70	7,56							
Ác. Linoleico	13	1,50	0,07	1,11	2,02							
Ac. Linolénico	13	0,08	0,00	0,06	0,10							

<sup>1</sup>Peso fresco con cáscara; <sup>2</sup>Contenidos expresados como porcentaje sobre materia seca; \*p<0,05. EE.

para el caso de los azúcares, las relaciones del peso con todas las variables analizadas son de carácter negativo, aunque en 2001-02 son significativas para las cenizas, extracto etéreo y proteína bruta y en 2003-04 para la materia seca, cenizas y proteína bruta. Para el caso de los azúcares, la relación con el peso es negativa si el análisis se realiza anualmente, y positiva si se consideran todos los datos. Esto ocurre porque en 2003-04 los valores de ambas variables son inferiores a los obtenidos en 2001-02, y aunque cuando se analizan los datos de cada año por separado, el peso y el contenido en azúcares no están correlacionados, cuando analizamos los datos en conjunto los valores presentan una ligera tendencia creciente y positiva.

**Tabla 3.** Coeficientes de correlación de Pearson (P) y Spearman (S) entre el peso fresco de la bellota de encina y su contenido en materia seca, extracto etéreo, proteína bruta, azúcares y cenizas para los años 2001-02 y 2003-04

	Peso Materia seca	Peso Extracto etéreo	Peso Proteína bruta	Peso Azúcares	Peso Cenizas
2001-02	-0,249 (P)	<b>-0,561*</b> (P)	<b>-0,378*</b> (P)	-0,263 (P)	<b>-0,419*</b> (P)
2003-04	<b>-0,345*</b> (P)	-0,200 (P)	<b>-0,563*</b> (P)	-0,233 (P)	<b>-0,507*</b> (S)
2001-04	-0,017 (P)	<b>-0,252*</b> (P)	<b>-0,485*</b> (P)	<b>0,291*</b> (P)	0,008 (P)

\*p<0,05

En la *tabla 4*, pueden consultarse las relaciones que se han detectado entre distintos componentes químicos analizados. Se encuentran relaciones positivas entre todos los componentes, aunque la relación entre la proteína bruta y los azúcares parece presentar una menor consistencia, siendo de signo negativo aunque no significativa cuando se analizan 2001-02 y 2003-04 conjuntamente, y de signo positivo cuando se consideran los años de manera individual.

En la *tabla 5*, pueden consultarse la relación entre diferentes ácidos grasos en 2001-02. Sólo se han encontrado relaciones significativas y de carácter negativo entre el ácido oleico y los ácidos linoleico y linolénico.

Tabla 4. Coeficientes de correlación de Pearson (P) y Spearman (S) entre los contenidos en extracto etéreo, proteína bruta, azúcares y cenizas en bellota de encina durante 2001-02 y 2003-04

EE-PB	EE -AT	EE -C	PB - A	PB -C	AT -C	
2001-02	0,612* (P)	0,120 (P)	0,548* (P)	0,342* (S)	0,771* (S)	0,431* (S)
2003-04	0,355* (S)	0,568* (P)	0,552* (P)	0,305 (P)	0,369* (P)	0,574* (S)
2001-04	0,350* (P)	0,301* (P)	0,476* (P)	-0,165 (P)	0,256* (P)	0,670* (P)

\*p<0,05; EE:Extracto etéreo o Grasa bruta; PB: Proteína bruta; A: Azúcares; C: Cenizas

Tabla 5. Coeficientes de correlación de Pearson entre los contenidos de diferentes ácidos grasos en bellota de encina durante 2001-02

	C16:0- C18:0-	C16:0- C18:1-	C16:0- C18:2-	C16:0- C18:3-	C18:0- C18:1-	C18:0- C18:2-	C18:0- C18:3-	C18:1- C18:2-	C18:1- C18:3-	C18:2- C18:3-
2001-02	0,173	-0,401	-0,152	0,332	-0,149	-0,255	0,284	-0,792*	-0,727*	0,447

\*p<0,05; C16:0=Ac. Palmítico; C18:0=Ac. Esteárico; C18:1=Ac. Oleico; C18:2=Ac. Linoleico; C18:3=Ac. Linolénico

## DISCUSIÓN

Son diversos los trabajos que ahondan en las relaciones entre el peso de la semilla y sus contenidos en diferentes nutrientes en especies cultivadas, aunque escasos los realizados en especies silvestres y especialmente en *Quercus*. En el presente trabajo, el peso de la bellota (relacionado con el árbol madre) parece estar relacionado de manera negativa con el porcentaje de materia seca, proteína bruta, extracto etéreo y cenizas. Tashiro *et al.* (1990) y Geater y Fehr (2000) encuentran que entre el contenido en proteína, extracto etéreo, azúcares y el peso se establecen relaciones negativas. Teniendo en cuenta que los azúcares, lípidos y proteínas constituyen diferentes formas de almacenamiento de energía y son fundamentales para el correcto funcionamiento de los distintos procesos metabólicos que tienen lugar durante la germinación y establecimiento de las semillas, parece lógico pensar que aquellas semillas más pequeñas, cuenten con un mayor porcentaje de estos elementos, a fin de posibilitar su establecimiento en el medio frente a semillas más grandes y con mayores reservas. No quedan tan claras las repercusiones que estas relaciones podrían tener sobre la alimentación del cerdo ibérico dada la alta variabilidad en tamaño de semilla existente en las dehesas y las preferencias del cerdo por aquella bellota más grande si tiene donde elegir (Rodríguez-Estévez *et al.*, 2009). Además en este trabajo se han encontrado diferencias entre los contenidos en materia seca, proteína bruta, azúcares y cenizas, y pesos obtenidos en distintos años. López-Carrasco *et al.*, (2005), también han obtenido diferencias entre años para estas variables y para los contenidos en extracto etéreo y distintos ácidos grasos, lo que podría implicar que el vigor y la capacidad de establecerse de la semilla y por tanto la potencialidad de regeneración del arbolado en la dehesa, así como la composición de la carne y grasa del cerdo variarían entre campañas.

También podría resultar de interés, analizar las relaciones entre diferentes componentes químicos, pues la variación en los contenidos de algunos nutrientes, puede afectar a los contenidos de otros. En este trabajo se ha encontrado que las relaciones entre los contenidos en proteína y extracto etéreo, y proteína y azúcares son de carácter negativo en coincidencia con algunos autores (Dornbos y Mullen, 1992; Geater y Fehr, 2000), aunque también existen situaciones en que éstas son positivas o no significativas (Liu *et al.*, 1995). Estos resultados, aparentemente contradictorios, pueden deberse a distintas situaciones en las que pueden encontrarse las plantas durante la fase de maduración del fruto. Así por ejem-

plo, si persisten unas condiciones de estrés durante la fase de llenado de la semilla, puede disminuir el contenido en grasas y azúcares, y aumentar el de proteínas, pues altas tasas de removilización de nitrógeno de las hojas a las semillas adelantan la senescencia y disminuyen la longitud del periodo de llenado en la semilla. Este aumento en la tasa de acumulación de proteínas, se compensa con un ritmo más lento de acumulación de lípidos y otros componentes. Sin embargo, temperaturas altas durante la fase de llenado o durante el cultivo, sin incidencia de estrés hídrico, redundan en que la relación proteína-grasa sea positiva (Dornbos y Mullen, 1992). Las campañas analizadas no se caracterizaron por la ocurrencia de sequías durante el periodo de llenado, ni temperaturas más altas de lo habitual, por lo que es posible asumir que no existen factores limitantes o de estrés durante esta fase, y que ambos parámetros puedan encontrarse relacionados positivamente. Sin embargo la ocurrencia de situaciones de estrés por sequía y altas temperaturas que son bastante frecuentes en el mediterráneo, podrían beneficiar a la acumulación de proteínas en detrimento de grasas o azúcares y ello podría repercutir de manera clara sobre la composición de los productos derivados del cerdo ibérico o a la capacidad de establecerse de las semillas, que se ve favorecida por unos mayores contenidos de sustancias de reserva (Vázquez, 1998).

En este trabajo se ha encontrado que los contenidos en proteína guardan una relación positiva con los contenidos en cenizas. Teniendo en cuenta que las cenizas de plantas presentan altos contenidos en fósforo, potasio, calcio, magnesio y zinc y que buena parte de las proteínas y lípidos los contienen o los llevan asociados, las relaciones positivas que se detectan en este trabajo entre cenizas y proteínas y grasas deberían entenderse en este contexto (Geater y Fehr, 2000). Las relaciones negativas encontradas entre el ácido oleico y los ácidos linoleico y linolénico podrían deberse a que ambos son producidos por la progresiva desaturación del ácido oleico (Liu *et al.*, 1995). Puesto que el mantenimiento de las proporciones de estos ácidos en la composición de la carne y grasa del cerdo es fundamental para la correcta curación de los productos derivados, así como para la obtención de un aroma y sabor agradables, y conociendo que para el caso del cerdo ibérico en montanera, la procedencia de los mismos se encuentra en la bellota y el pasto (Rodríguez-Estévez *et al.*, 2007), un mayor conocimiento de todas las variables que pueden afectar al perfil de estos tres ácidos grasos en el cerdo sería de gran interés.

## CONCLUSIONES

En este trabajo se ha encontrado que el peso de la bellota se relaciona de manera negativa con los contenidos en materia seca, proteína bruta, grasa bruta y cenizas, aunque sólo para los parámetros proteína bruta y cenizas esta relación presenta una mayor consistencia, debido a que estas variables parecen estar más relacionadas con el árbol. Se han obtenido diferencias significativas en la composición y peso de las semillas entre años y se ha encontrado relaciones entre distintas variables bromatológicas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DORNBOS, D. L.; MULLEN, R. E., 1992. Soybean seed protein and oil contents and fatty acid composition adjustments by drought and temperature. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **69** (3), 228-231.
- GEATER, C. W.; FEHR, W. R., 2000. Association of total sugar content with other seed traits of diverse soybean cultivars. *Crop Sci*, **40**, 1552-1555.
- GÓMEZ, J.M., 2004. Bigger is not always better: conflicting selective pressures on seed size in *Quercus ilex*. *Evolution*, **58**, 71-80.
- LIU, K.; ORTHOEFER, F.; BROWN, E. A., 1995. Association of seed size with genotypic variation in the chemical constituents of soybeans. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **72**, 189-192.

- LÓPEZ-CARRASCO, C.; MUÑOZ DE LUNA, T.; DAZA, A.; REY, A.; LOPEZ-BOTE, C., 2005. Variaciones inter e intraanuales de la calidad de bellotas de encina en una dehesa de Castilla La Mancha. En: *Actas de la XLV Reunión Científica de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos*, OSORO *et al.* (Ed.). Gijón (España), 391-398.
- RAMÍREZ LOZANO, F.; GÓMEZ CASTRO, A.G. ; RODRÍGUEZ BERROCAL, J. ; PEINADO LUCENA, E.; MEDINA BLANCO, M. 1983. Valoración de frutos de *Quercus liex* L. en función de la concentración de taninos. *Arch. Zootec.*, **122**, 3-16.
- RODRÍGUEZ-ESTÉVEZ, V.; GARCÍA, A.; PEREA, J.; MATA, C.; GÓMEZ, A., 2007. Dimensiones y características nutritivas de la bellota de los *Quercus* de la dehesa. *Archivos de zootecnia*, vol. **57 (R)**, 1-12.
- RODRIGUEZ-ESTÉVEZ, V.; GARCÍA, A.; GÓMEZ, A.G., 2009. Characteristics of the acorns selected by free range Iberian pigs during the montanera season. *Livestock Science*, **122**, 169-176.
- TASHIRO, T.; FUKUDA, Y.; OSAWA, T.; NAMIKI, M. 1990., Oil and minor components of sesame (*Sesamum indivum* L.) strains. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **67 (8)**, 508-511.
- VÁZQUEZ, F.M., 1998. *Semillas de Quercus: biología, ecología y manejo*. Ed. Consejería de Agricultura y Comercio de la Junta de Extremadura, 234 pp. Badajoz (España).

## ACORN COMPOSITION IN DEHESAS. SEED WEIGHT INFLUENCE

### SUMMARY

Acorn weight and chemical composition are interrelated variables. External and tree inherent factors have strong influence on acorn size and chemical composition. This paper analyses the relationship between acorn weight and chemical composition in Holm oak during the years 2001-02 and 2003-04. The results show a negative relation between acorn weight and dry matter content, crude protein, crude fat and ash, but, during two years, we only have found a significant correlation for protein content. Fat content did not differ between years. There were significant correlations of weight, protein and ash among years, showing that these variables are controlled by intrinsic factors of individual tree. Also, we have found a positive relationship between crude fat, crude protein, total sugars and ash contents, and negative between oleic, linoleic and linolenic acids.

**Keywords:** *Quercus ilex*, seed, holm oak.

## EFFECTO DE LAS HELADAS SOBRE LA CAPACIDAD GERMINATIVA DE BELLOTAS DE ENCINA

M.R. CHAMBEL<sup>1</sup>, M. COUTO<sup>2</sup>, J. ANTON<sup>2</sup>, C. LÓPEZ-CARRASCO<sup>3</sup>, S. MUTKE<sup>4</sup> y S. ROIG.<sup>2,4</sup>

### RESUMEN

Un aspecto clave para lograr la regeneración de dehesas y montes bajos, los sistemas más extensos de aprovechamiento de la encina en España, son las características fisiológicas de la bellota. Se analizó la capacidad germinativa de bellotas procedentes de 15 encinas (familias) en dehesa y 15 familias en monte bajo de la misma finca, tras someterlas en laboratorio a heladas de distinta intensidad (-3°C, -6°C, -9°C, -12°C, -15°C). Las bellotas procedentes de dehesa tuvieron una capacidad germinativa menor y con mayor variabilidad entre familias, aunque heladas incluso moderadas (-6°C) afectaron en mayor medida a la germinación de las bellotas de montes bajos, si bien la reducción fue ya generalizada (60% en todas las familias); tras la exposición a -12°C o inferior, la germinación fue residual en todos los casos. Se concluye que bajas temperaturas son un factor limitante para la regeneración de la encina en el interior de la península Ibérica.

**Palabras clave:** dehesa, monte bajo, *Quercus ilex*, tolerancia al frío, regeneración.

### INTRODUCCIÓN

Ente los factores demográficos que influyen en la regeneración de las masas de *Quercus*, numerosos estudios han analizado el papel de la vecería (Espelta *et al.*, 2008; Sánchez-Humanes y Espelta, 2011), el de la depredación de semilla (Gómez *et al.* 2003; Herrera 1995; Pons and Pausas 2007) y el efecto del estrés ambiental sobre la supervivencia de las plántulas (Leiva y Fernández-Alés, 1998; Pausas *et al.*, 2004; Plieninger *et al.*, 2004). Sin embargo se conoce todavía muy poco sobre el papel del estrés ambiental sobre la capacidad de germinación de las semillas. En concreto, en las zonas continentales de la península Ibérica, el frío invernal es uno de los factores que condiciona la distribución de las especies (Esteso-Martínez y Gil-Peigrín, 2004), pero no existe prácticamente ninguna información sobre su papel en la supervivencia de las bellotas y, consecuentemente en la re-

<sup>1</sup> Departamento de Ecología y Genética Forestal. CIFOR-INIA. Ctra de La Coruña Km 7,5 28040 Madrid. [chambel.regina@inia.es](mailto:chambel.regina@inia.es).

<sup>2</sup> ECOGESFOR. Depto. Silvopascicultura. UPM 28040 Madrid.

<sup>3</sup> CIA Dehesón del Encinar, JCCM.

<sup>4</sup> Instituto de Gestión Forestal Sostenible. SFM-RI/CIFOR-INIA. Ctra de La Coruña Km 7,5 28040 Madrid

generación. Se han realizado algunos estudios en condiciones controladas sobre la respuesta al almacenamiento a bajas temperaturas de bellotas (Guthke y Spethmann, 1993; Merouani *et al.*, 2001), pero las temperaturas utilizadas en estos estudios son muy superiores a las que pueden ocurrir en condiciones naturales.

En el paisaje de la España central mediterránea, la encina es la especie forestal más abundante sobre la que el hombre ha diseñado dos sistemas de aprovechamiento complementarios: la dehesa y los montes bajos. Aparentemente muy distintos por su espesura, aspecto y producciones directas principales, ambos sistemas presentan sin embargo muchos puntos en común (Bravo, 2003); son sistemas muy intervenidos, intercambiables y constituyen sistemas agroforestales muy eficientes en estaciones forestales poco productivas. El objetivo del presente estudio es evaluar la tolerancia a las heladas de bellotas de encina y analizar las diferencias entre familias de dehesa y de monte bajo (carrasca) procedentes de un mismo monte.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Para el presente estudio se seleccionaron 15 encinas de dehesa y 15 encinas de monte bajo en "El Dehesón del Encinar" (Toledo) y se recogió, entre diciembre del 2009 y enero del 2010, una muestra de al menos 100 bellotas totalmente maduras de cada una de ellas. Las bellotas se conservaron en cámara frigorífica dentro de bolsas de plástico (Hachemi *et al.*, 2001), a 4°C hasta el momento del ensayo. No existen datos sobre la influencia de este periodo de almacenamiento sobre la tolerancia al frío de las bellotas, sin embargo estudios en coníferas han demostrado que el almacenamiento por un corto periodo de tiempo no afecta la tolerancia al frío de las acículas (DeHayes *et al.*, 1990).

Previamente al ensayo de simulación de heladas, se introdujeron las bellotas separadas por familias, en agua a temperatura ambiente durante 24 horas para su hidratación y se descartaron todas aquellas que flotaban. Seguidamente se muestrearon 10 bellotas de cada familia para cada temperatura, que se sembraron en cajas de aluminio rellenas de perlita y otras 10 que se analizaron con el programa WINFOLIA para determinar el área. Los test de tolerancia al frío se realizaron en una cámara de simulación de heladas Dycometal Serie CCK/CM, que permite hacer una bajada y subida progresivas con un ritmo determinado. La cámara tiene dos habitáculos independientes, que permiten hacer dos temperaturas mínimas en simultáneo. Se simularon 5 temperaturas mínimas (-3°C, -6°C, -9°C, -12°C y -15°C), en tres noches consecutivas, aplicando en todos los casos un ritmo de bajada/subida de la temperatura constante de 5°C/hora y un periodo de exposición a la temperatura mínima de dos horas (*Figura 1*). De esta forma el tiempo total bajo cero aumenta en proporción con la disminución de la temperatura mínima aplicada en cada caso.

Al finalizar el ciclo de heladas, las bandejas se trasladaron a una cámara germinadora (modelo Ibercex G500), donde se mantuvieron en las condiciones definidas por la ISTA para la germinación de esta especie (ISTA, 1993). Se efectuaron conteos de germinación dos veces a la semana durante 28 días. Paralelamente, se midió la longitud, el ancho y el área de otra muestra de 10 bellotas por familia mediante el análisis de la imagen escaneada de cada bellota con el programa WinFOLIA (*Regent Instruments Inc.*). Las restantes bellotas se sembraron en contenedores en condiciones estándar y el valor obtenido para capacidad germinativa se utilizó como control. Los valores obtenidos se analizaron mediante ANOVA.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Una de las familias de carrasca se perdió en la manipulación en laboratorio, por lo que los resultados se refieren a 15 familias de encina de dehesa y 14 de carrasca. Se observa-



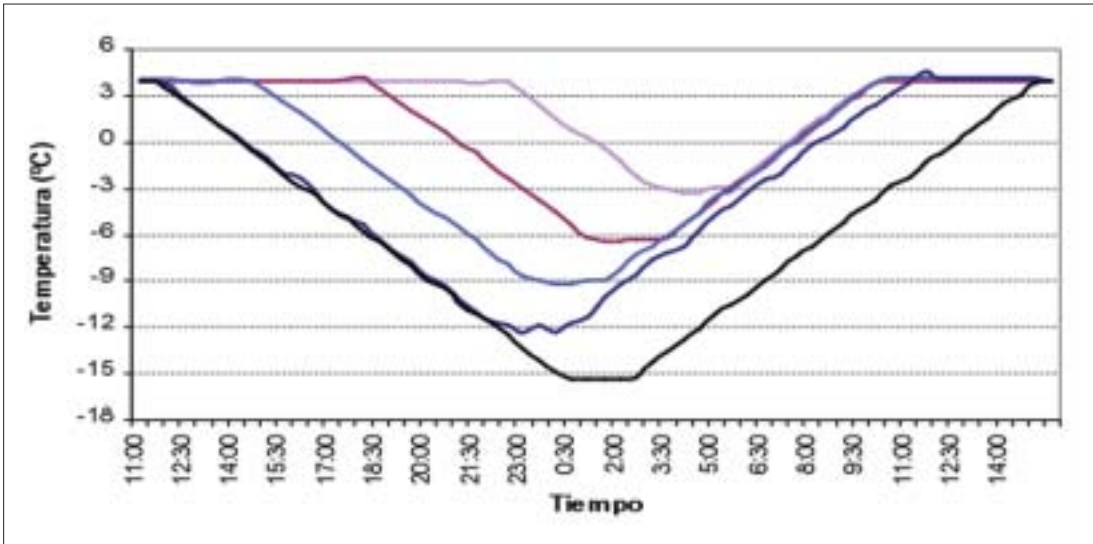


Figura 1: Evolución de las temperaturas en el interior de la cámara de simulación de heladas.

ron diferencias significativas entre el tamaño de las bellotas (Figura 2), tanto entre las bellotas de encina de dehesa y las de carrasca en su conjunto, como entre familias dentro de cada uno de los grupos. Las bellotas de carrasca analizadas eran significativamente más pequeñas (3,64 cm<sup>2</sup> de área media frente a 4,46 cm<sup>2</sup> de las bellotas de dehesa; p<0,001).

Aunque las condiciones de almacenamiento fueron las mismas para todos los lotes, las bellotas de encina de dehesa presentaron una capacidad germinativa significativamente inferior (63% frente a un 89% de las bellotas de carrasca; p=0,005). Esta diferencia esta asociada a una gran irregularidad entre las familias de dehesa, destacando la familia E-41 de

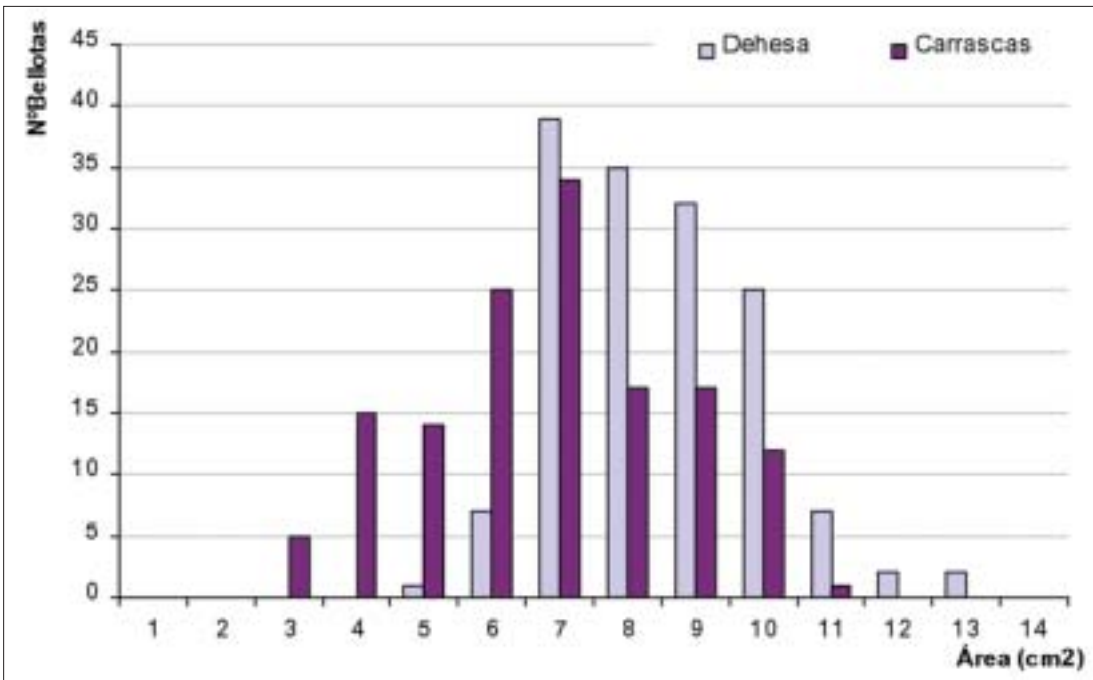


Figura 2: Histograma de barras del área de una muestra de 10 bellotas por familia.

la que no germinó ninguna bellota. Las familias E30, E31 y E43 presentaron una capacidad germinativa inferior al 30% y las familias E69 y E74 entre el 50 y el 55%. Estas seis familias se eliminaron en los ensayos posteriores por la imposibilidad de determinar *a posteriori* el estado fisiológico de cada una de las bellotas utilizadas en el ensayo. Por el contrario, entre las familias de carrasca la capacidad germinativa más baja observada fue del 63% para la familia C-4, valor idéntico al de la familia E-28, la siguiente en capacidad germinativa tras las familias excluidas del análisis. Las demás familias, tanto de carrasca como de dehesa, presentaron una capacidad germinativa entre el 87 y el 100%. No se encontró ninguna relación entre el tamaño medio de las bellotas de cada familia y su capacidad germinativa (Figura 3).

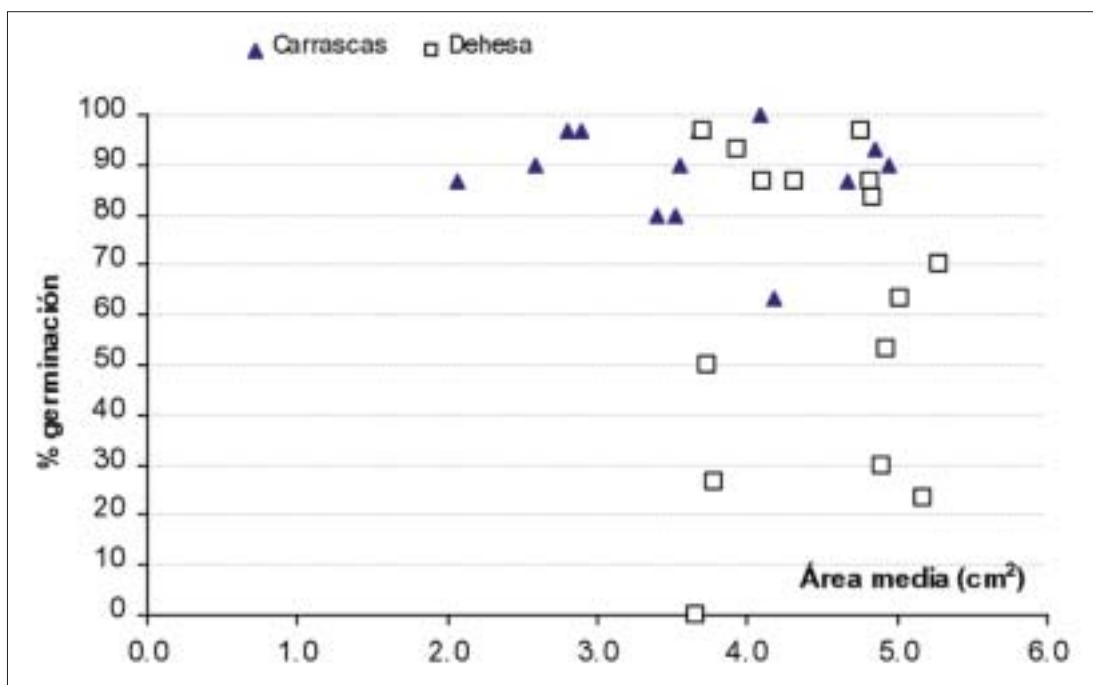


Figura 3: Relación entre porcentaje de germinación y área de las bellotas (análisis WinFolia) para las 14 familias de carrasca y las 15 familias de dehesa.

La capacidad germinativa prácticamente no se vio afectada tras la simulación de una noche de helada con una temperatura mínima de  $-3^{\circ}\text{C}$ ; solamente en dos de las familias de encina de dehesa (E58 y E72) y otras dos de carrasca (C5 y C11) se verificó una disminución del número de semillas germinada entre el 20 y el 40 % (Figura 4). Sin embargo, con una temperatura mínima de  $-6^{\circ}\text{C}$ , el número de bellotas germinadas desciende considerablemente en casi todas las familias, con excepción de la E26 que mantiene su capacidad germinativa al 100%. Con esta temperatura, el número medio de bellotas de carrasca germinadas fue significativamente menor que el de bellotas de dehesa ( $p=0,002$ ; Fig. 5A), considerando para cada grupo todas las familias en conjunto. Con una temperatura mínima de  $-9^{\circ}\text{C}$ , la capacidad germinativa se vio muy mermada, con una diferencia entre carrasca y encinas aun más significativa ( $p=0,001$ ; Fig. 5B), ya que de las 14 familias de carrasca estudiadas solo cinco mantienen alguna capacidad germinativa y aun así de tan solo el 10%. Por el contrario, de las nueve familias de encina analizadas (i.e. aquellas cuyos controles presentaron una capacidad germinativa superior al 60 %), tres presentaron una capacidad germinativa nula, dos del 10%, una del 20% y tres del 30 %. Tras la exposición a -

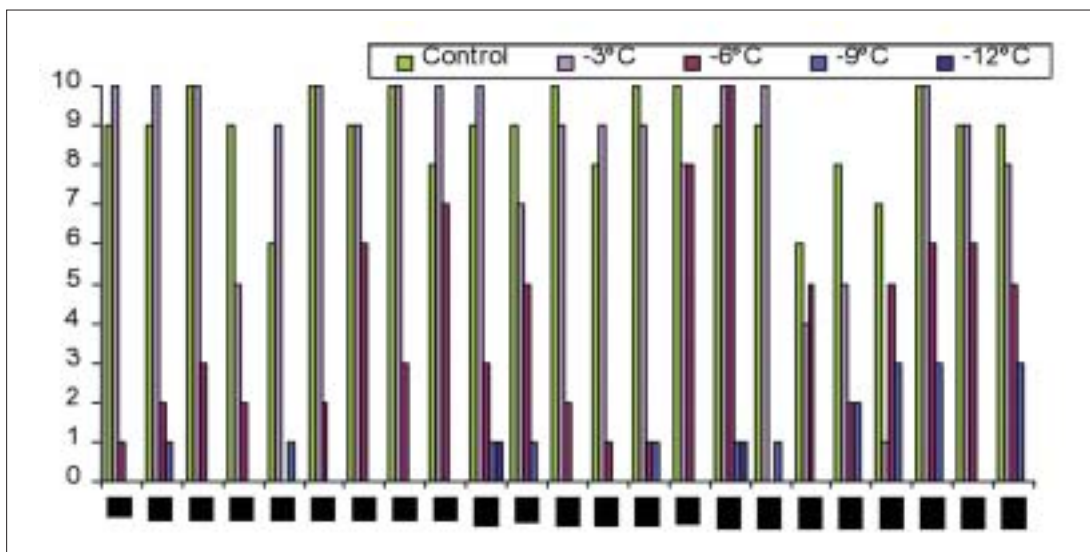


Figura 4: Número de bellotas germinadas por familia estudiada tras la exposición a una helada simulada con temperatura mínima de  $-3^{\circ}\text{C}$ ,  $-6^{\circ}\text{C}$ ,  $-9^{\circ}\text{C}$  y  $-12^{\circ}\text{C}$ .

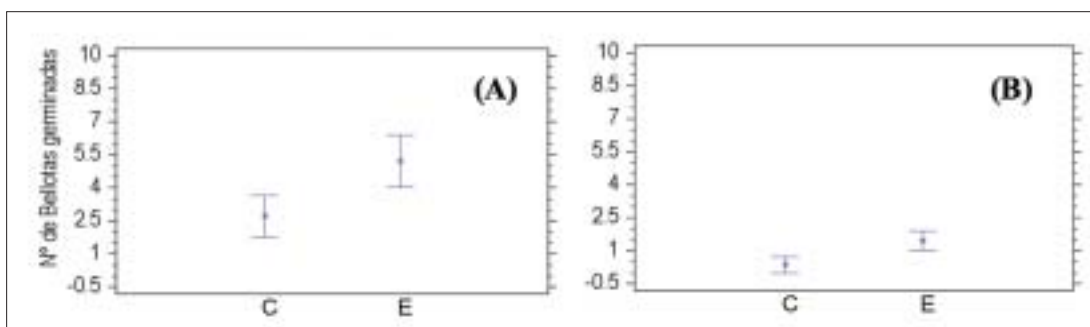


Figura 5: Media e intervalos LSD para el número de bellotas de carrasca (C) y de encina de dehesa (E) germinadas tras la exposición a una noche de helada simulada con una temperatura mínima de  $-6^{\circ}\text{C}$  (A) y de  $-9^{\circ}\text{C}$  (B)

$12^{\circ}\text{C}$ , la germinación fue ya residual, de solo dos bellotas, una de la familia C10 y otra de la familia E26 y tras una noche con temperatura mínima de  $-15^{\circ}\text{C}$  no se observó germinación en ninguno de las familias analizadas.

Los valores umbrales de temperatura para la supervivencia de las bellotas obtenidos en este estudio son considerablemente mayores que los obtenidos para otra población de la misma especie por Esteso-Martínez y Gil-Pelegrín (2004), con dos métodos distintos al utilizado en este estudio. Los métodos utilizados por estos autores cuantifican la temperatura de congelación y la temperatura que provoca la mortalidad del 50% de los tejidos evaluados, pero no permiten obtener una estimación de la capacidad germinativa mientras que el método aquí utilizado permite cuantificar de forma directa la germinación posterior a la helada. Por otra parte, los datos recogidos por una estación meteorológica en el área de estudio, muestran claramente que en la época de dispersión se sobrepasa con frecuencia la temperatura umbral de supervivencia de las bellotas obtenida en este estudio (Figura 6). Esta posible falta de adaptación a las condiciones climáticas locales podría comprometer la regeneración natural de las masas de encina aún cuando se acotase el pastoreo. De hecho, teniendo en cuenta la fuerte helada ocurrida el día 20 de diciembre del 2009, durante el período de caída de la bellota utilizada en este trabajo, es posi-

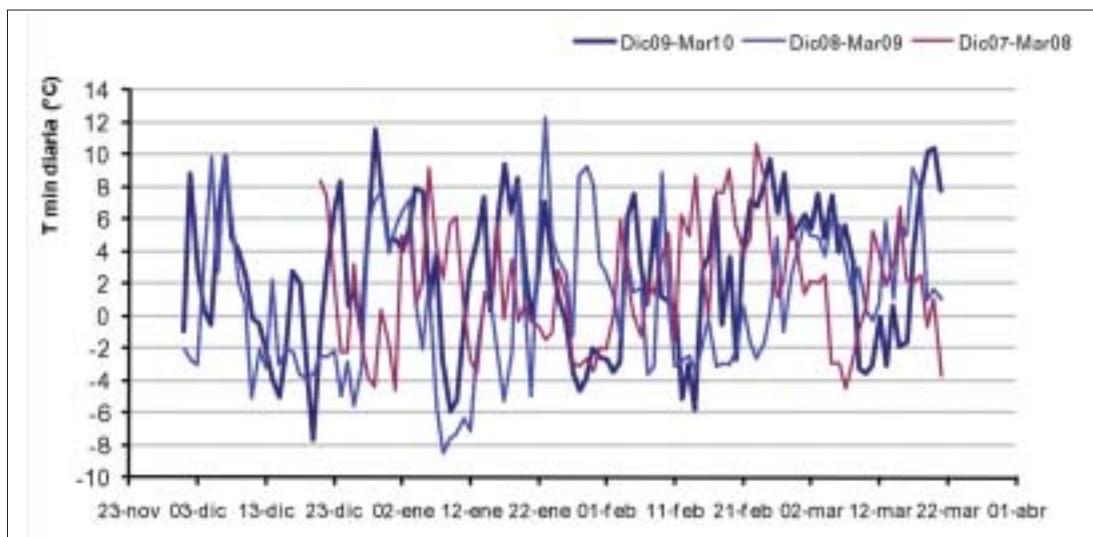


Figura 6: Variación de las temperaturas mínimas en "El Dehesón del Encinar" a lo largo de los inviernos de 2007/2008, 2008/2009, 2009/2010.

ble que la muy baja germinación observada para algunas de las familias de encina de dehesa analizadas esté relacionada con daños provocados por las bajas temperaturas en las bellotas previas a la recolección. Este hecho explicaría la ausencia de relación positiva entre el tamaño de las bellotas y su capacidad germinativa que sí se ha encontrado en otros trabajos con la misma especie y con otras del mismo género (Bravo, 2003; Gómez, 2004; Tilki, 2010). Las diferencias observadas entre las bellotas precedentes de las encinas de dehesa y de las de monte bajo para la tolerancia al frío podrían no tener consecuencias sobre la composición genética del regenerado ya que la protección de la cubierta en la zona de monte bajo podría ser suficiente para equilibrar la mayor sensibilidad de estas bellotas a las bajas temperaturas (Esteso-Martínez y Gil-Peigrín, 2004).

## CONCLUSIONES

Las bajas temperaturas constituyen un factor limitante para la regeneración de la encina en puntos del interior de la península Ibérica. Un noche de helada con una temperatura mínima de  $-6^{\circ}\text{C}$  provocó una disminución de la capacidad germinativa de aproximadamente 60 %, con diferencias significativas entre las bellotas procedentes de encinas de dehesa y de encinas de monte bajo, siendo esta últimas menos tolerantes. Estas diferencias genéticas para la tolerancia al frío permiten un cierto margen para la selección, tanto natural como artificial.

## Agradecimientos

Este trabajo se desarrolló dentro del proyecto RTA2009-00110. Raquel Benavides colaboró en el trabajo de campo; Eduardo Ballesteros y Elena Alamillo nos ayudaron en el trabajo de laboratorio.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRAVO, J.A., 2003. *Resalvos de conversión en montes bajos de la región central de la península Ibérica*. Tesis doctoral. Depto. Silvopascicultura. UPM.
- DEHAYES, D. H.; WAITE, C. E.; INGLE, M. A.; WILLIAMS, M. W., 1990. Winter injury susceptibility and cold tolerance of current and year-old needles of red spruce trees from several provenances. *Forest Science* **36**(4):982-994.

- ESPELTA, J. M.; CORTÉS, P.; MOLOWNY-HORAS, R.; SÁNCHEZ-HUMANES, B.; RETANA, J., 2008. Masting mediated by summer drought reduces acorn predation in Mediterranean oak forests. *Ecology* **89**(3):805-817.
- ESTESO-MARTÍNEZ, J.; GIL-PELEGRÍN, E., 2004. Frost resistance of seeds in Mediterranean oaks and the role of litter in the thermal protection of acorns. *Annals of Forest Science* **61**(5):481-486.
- GÓMEZ, J. M., 2004. Bigger is not always better: conflicting selective pressures on seed size in *Quercus ilex*. *Evolution* **58**(1):71-80.
- GÓMEZ, J. M.; GARCÍA, D.; ZAMORA, R., 2003. Impact of vertebrate acorn-and seedling-predators on a Mediterranean *Quercus pyrenaica* forest. *Forest Ecology and Management* **180**(1-3):125-134.
- GUTHKE, J.; SPETHMANN, W., 1993. Physiological and pathological aspects of long-term storage of acorns. *Ann For Sci* **50**(Supplement):384s-387s.
- HACHEMI, M.; CARMEN, B.; MARIA HELENA, A.; JOÃO, S. P., 2001. Effects of acorn storage duration and parental tree on emergence and physiological status of Cork oak (*Quercus suber* L.) seedlings. *Ann For Sci* **58**(5):543-554.
- HERRERA, J., 1995. Acorn predation and seedling production in a low-density population of cork oak (*Quercus suber* L.). *For Ecol and Manage* **76**(1-3):197-201.
- ISTA., 1993. International rules for seed testing. *Seed Science and Technology* **21**(Supplement):1-298.
- LEIVA, M. J.; FERNÁNDEZ-ALÉS, R., 1998. Variability in seedling water status during drought within a *Quercus ilex* subsp. *ballota* population, and its relation to seedling morphology. *For Ecol and Manage* **111**(2-3):147-156.
- MEROUANI, H.; BRANCO, C.; ALMEIDA, M. H.; PEREIRA, J. S., 2001. Effects of acorn storage duration and parental tree on emergence and physiological status of Cork oak (*Quercus suber* L.) seedlings. *Annals of Forest Science* **58**(5):543-554.
- PAUSAS, J.; BLADÉ, C.; VALDECANTOS, A.; SEVA, J.; FUENTES, D.; ALLOZA, J.; VILAGROSA, A.; BAUTISTA, S.; CORTINA, J.; VALLEJO, R., 2004. Pines and oaks in the restoration of Mediterranean landscapes of Spain: New perspectives for an old practice — a review. *Plant Ecology* **171**(1):209-220.
- PLIENINGER, T.; PULIDO, F. J.; SCHAICH, H., 2004. Effects of land-use and landscape structure on holm oak recruitment and regeneration at farm level in *Quercus ilex* L. dehesas. *Journal of Arid Environments* **57**(3):345-364.
- PONS, J.; PAUSAS, J., 2007. Rodent acorn selection in a Mediterranean oak landscape. *Ecological Research* **22**(4):535-541.
- SÁNCHEZ-HUMANES, B.; ESPELTA, J. M., 2011. Increased drought reduces acorn production in *Quercus ilex* coppices: thinning mitigates this effect but only in the short term. *Forestry*. doi: 10.1093/forestry/cpq045
- TILKI, F., 2010. Influence of acorn size and storage duration on moisture content, germination and survival of *Quercus petraea* (Mattuschka). *Journal of Environmental Biology* **31**:325-328.

## EFFECT OF BELOW-ZERO TEMPERATURES ON THE GERMINATION CAPACITY OF HOLM OAK ACORNS

### SUMMARY

Seedling establishment from acorns is a serious bottleneck for the regeneration of *Quercus ilex* forests, especially in open grazed holm oak woodlands and in coppice forests, the most extended holm oak formations in Spain. This study analyzed the germination capacity of acorns (15

families from open woodland, 15 families from coppices) after different freezing treatments in laboratory (-3°C, -6°C, -9°C, -12°C, -15°C,). Acorns from the open woodland showed a lower germination capacity and higher variability among families than coppice acorns, though the latter suffered more even at moderate freezing temperatures (-6°C). This temperature caused a drastic reduction of germination capacity (60% across families), and at lower temperatures, germination was negligible. These results indicate that freezing temperature might limit regeneration of holm oak at continental climate zones of inner Spain.

**Keywords:** dehesa system, coppice, *Quercus ilex*, cold tolerance, regeneration

# INTERÉS DEL USO DE PRADERAS PERENNES COMO CUBIERTAS VEGETALES EN VIÑEDOS MEDITERRÁNEOS

J. GULÍAS, A. POU, M. TOMÁS, H. MEDRANO, M.A. CONESA y J. CIFRE \*

## RESUMEN

Este trabajo tiene como objetivo el estudio del uso de praderas perennes como cubiertas vegetales en viñedos mediterráneos, caracterizando la evolución de la pradera y sus efectos a medio plazo sobre la fertilidad del suelo y la producción y calidad de uva. El ensayo se desarrolló en un viñedo ecológico comercial en Mallorca. Se aplicaron tres sistemas de mantenimiento del suelo: 1) cobertura vegetal compuesta por una pradera de *Dactylis glomerata* y varias especies de leguminosas; 2) cobertura con vegetación espontánea, o no laboreo; 3) sin cobertura vegetal, o laboreo tradicional. Se estimó la producción anual de biomasa de las cubiertas vegetales, la fertilidad del suelo, el área foliar de las vides, la producción y la calidad de uva.

La mezcla perenne mostró una elevada capacidad de cobertura y una buena perennialidad durante el periodo de estudio. Los efectos sobre el crecimiento y la producción de uva, mostraron que, aunque las cubiertas resultaron útiles como herramienta de gestión de su vigor, la excesiva reducción de la producción de uva y el escaso incremento de su calidad obligan a un ajuste de la composición específica de las cubiertas con el fin de evitar una excesiva competencia por el agua entre éstas y las vides.

**Palabras clave:** calidad de uva, *Dactylis glomerata*, fertilidad del suelo, mezclas perennes.

## INTRODUCCIÓN

El uso de cubiertas vegetales herbáceas en los viñedos para vinificación es una práctica extendida en zonas de clima templado y subtropical, en las que el exceso de agua durante la época de crecimiento y producción de la viña puede comprometer la calidad de la uva (Celette *et al.*, 2005). Así, esta práctica reduce el vigor de las plantas de vid limitando la disponibilidad de agua, y en ocasiones de nutrientes, durante la fase de crecimiento, al tiempo que mejoraría la calidad de la uva por un efecto combinado de la mayor exposición de los racimos y la menor disponibilidad de agua durante las fases de envero y maduración. Más allá de estos efectos, se ha observado la mejoría de la fertilidad física y química del suelo, incrementando los niveles de nitrógeno, potasio y materia orgánica y disminuyendo

---

\* Grupo de Investigación en Biología de las Plantas en Condiciones Mediterráneas  
Universitat de les Illes Balears. Carretera de Valldemossa, km. 7,5 07122 Palma  
dbajgl4@uib.es Telf.: 971 172710 Fax: 971 173184

la resistencia mecánica y la densidad aparente, como consecuencia del uso continuado de cubiertas vegetales (Morlat y Jaquet, 2003). No obstante, el uso de cubiertas vegetales plantea un inconveniente en viñedos situados en zonas de clima mediterráneo, como es la excesiva competencia por el agua entre la propia cubierta y las plantas de vid en un clima en el que éste es un factor limitante durante la fase de crecimiento.

Por otra parte, el uso de cubiertas perennes presenta como ventaja la reducción del laboreo, lo que además de, en ciertas situaciones, suponer una mejora de las condiciones del suelo, constituye la reducción de los gastos de mecanización y resiembra y su consecuente emisión de CO<sub>2</sub>.

El objetivo que se plantea en el presente trabajo es analizar la perennialidad de una cubierta vegetal establecida en un viñedo para vinificación y compuesta por una mezcla perenne de gramíneas y leguminosas, así como sus efectos sobre la fertilidad del suelo, el vigor de las plantas de vid y la calidad de la uva.

## MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en un viñedo comercial ecológico situado en el centro de la Isla de Mallorca (39°39'N, 2°48'E). Los años de experimentación fueron 2006, 2007 y 2008. Las plantas de vid tenían 5 años de edad en el momento de iniciar el trabajo y la variedad considerada fue una tinta autóctona para vinificación (Manto Negro). La distribución anual de la precipitación durante el periodo considerado y de la media de los últimos 17 años pueden observarse en la *figura 1*.

Se consideraron 3 parcelas experimentales, cada una de las cuales estuvo compuesta por 3 calles y 4 filas de viña de 100 m de longitud y un espacio entre ellas de 2,5 m. Hasta el momento de iniciar los tratamientos, todas las parcelas se habían mantenido en laboreo tradicional durante los últimos 5 años. Los tratamientos establecidos fueron: 1) una cubierta herbácea perenne de gramíneas y leguminosas (MP) compuesta por: *Trifolium repens* cvs. Prolific and Nitro plus (5 Kg/ha); *Trifolium michelianum* cv. Frontier (3 Kg/ha);

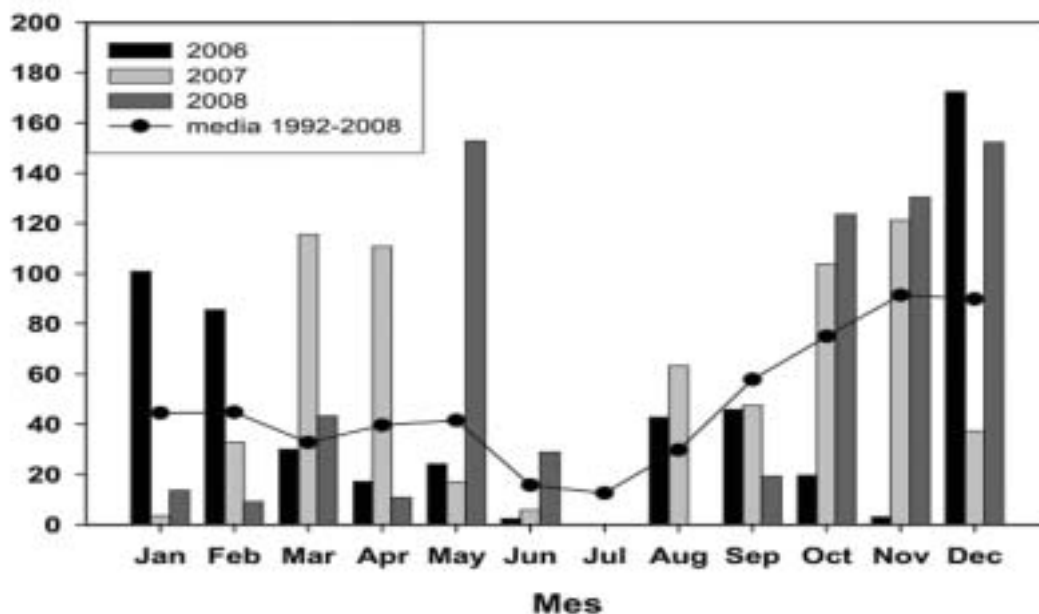


Figura 1. Precipitación mensual durante el período experimental (2006, 2007 y 2008) y precipitación mensual media del período 1992-2008.



*Medicago truncatula* cv. Parabinga (6 Kg/ha); *Trifolium subterraneum* ssp. *brachycalycinum* cv. Davel (6 Kg/ha); *Dactylis glomerata* cv. Currie (2 Kg/ha); esta mezcla fue elaborada y suministrada por la empresa Fertiprado; 2) no laboreo (NL) en el que se dejó crecer la vegetación espontánea (en la que las especies predominantes fueron *Hordeum* sp., *Medicago truncatula*, *Medicago orbicularis*, *Medicago polymorpha*, *Avena sterilis*, *Lotus ornithopodioides*, *Trifolium scabrum* and *Chrysanthemum coronarium*); y 3) laboreo tradicional (LT) mediante el que se mantenía el suelo libre de vegetación. Todos los tratamientos se iniciaron en noviembre de 2005. Se estableció un riego deficitario para las vides durante enero correspondiente aproximadamente al 30% de la ETP, con el fin de asegurar la producción.

Al inicio del estudio y al final del mismo (Otoño 2005 y 2008, respectivamente) se analizó la fertilidad química del suelo, en concreto los niveles de N, K<sub>2</sub>O, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y materia orgánica (Porta *et al.*, 1986), en cuatro muestras de suelo por tratamiento. Las muestras se recogieron entre 0,05 m y 0,30 m y cada una de ellas estaba compuesta por cuatro sub-muestras.

La biomasa aérea producida por el estrato herbáceo en los tratamientos MP y NL fue estimada en seis cuadrados de 1 m<sup>2</sup> por tratamiento mediante el corte de toda la biomasa presente por encima de 0,05 m del suelo. Los cortes se realizaron en el momento de máxima acumulación anual en primavera, a excepción del año 2008, cuando, además, se realizó un corte adicional a principios de julio para considerar la biomasa producida en la parte final de la primavera a consecuencia de las lluvias ocurridas de forma excepcional entre el 15 de mayo y el 15 de junio de ese año. Todas las muestras se recogieron en la calle central de cada parcela y la biomasa se secó a 70°C durante una semana para la determinación del peso seco.

El área foliar de las vides fue estimada en 12 plantas por tratamiento de la fila central de cada parcela. Para ello se estableció una regresión entre la longitud del sarmiento y el área foliar de éste, de forma que, para estimar el área foliar total de la planta, se midió la longitud de cada uno de sus sarmientos. Al no registrarse diferencias significativas entre las regresiones establecidas para cada tratamiento, se consideró una única recta de regresión común para todos los tratamientos entre la longitud del sarmiento y su área foliar.

La producción unitaria de uva y la calidad del mosto se determinaron en 12 vides por tratamiento, todas ellas situadas en las filas centrales de cada parcela. A partir de una sub-muestra de 100 bayas de cada planta, se determinó el peso de las mismas y la calidad del mosto: sólidos solubles (°Brix), pH y polifenoles totales, siguiendo los métodos oficiales de análisis de la OIV (OIV, 1990).

El análisis estadístico de los datos se realizó mediante el paquete estadístico SPSS 16.0 para Windows. Las diferencias entre las medias fueron evaluadas mediante el test de Duncan.

## RESULTADOS

Si bien la precipitación anual varió de manera importante (alrededor de un 20%) entre los tres años del período de estudio (*Figura 1*), tales variaciones fueron aún más destacables en la precipitación primaveral. Así, mientras que en 2006 se registró una precipitación de 76 mm entre marzo y junio, en 2007 y 2008, la precipitación del mismo período alcanzó los 214 mm y 236 mm, respectivamente (la media de los últimos 17 años fue de 130 mm). Más allá de estas diferencias, cabe destacar que la distribución de la precipitación primaveral también fue muy desigual entre años, de forma que marzo y abril fueron los meses de mayor precipitación durante la primavera de 2007 y mayo y junio lo fueron en 2008.

La cobertura del suelo por parte de la mezcla perenne fue elevada desde el primer año, si bien la producción de biomasa fue aumentando progresivamente, mostrando un alto grado de perennialidad durante el período estudiado (*Tabla 1*). No obstante, no se obser-

varon diferencias significativas en la acumulación de biomasa entre la parcela en la que se sembró la mezcla perenne y la que se mantuvo bajo un régimen de no laboreo. La presencia relativa de los diferentes grupos de especies también varió a lo largo del período estudiado (Figura 1). En la mezcla perenne, la presencia de leguminosas dominó sobre las gramíneas los dos primeros años, de acuerdo con las dosis de siembra de ambos grupos. No obstante, el porcentaje de gramíneas alcanzó el 70% en 2008, constituyendo el grupo más productivo. Asimismo, es destacable que las gramíneas presentes pasaron de estar compuestas principalmente por especies del género *Lolium*, de origen arvense, en 2006 a estarlo por *Dactylis glomerata* en 2007 y 2008. La presencia de "otras" especies fue siempre baja en esta parcela. Por otra parte, la parcela mantenida bajo régimen de no laboreo también incrementó su biomasa a lo largo del período de estudio (Tabla 1). La composición de esta parcela estuvo siempre dominada por especies de otras familias diferentes al de leguminosas y gramíneas. No obstante, se observó un incremento de la presencia relativa de leguminosas en 2007 y 2008, años en los que este grupo constituyó el 34 y el 42% de la biomasa producida en esta parcela (Figura 2), siendo muchas de ellas las mismas especies presentes en la mezcla perenne (MP).

Los parámetros de fertilidad química del suelo estudiados no mostraron grandes variaciones entre los diferentes tratamientos al final del experimento (Tabla 2). No obstante, cabe destacar la disminución significativa del contenido de materia orgánica de la parcela del tratamiento "no laboreo", del 2,3 % en 2005 al 1,9% en 2008. Asimismo, el contenido en Fósforo Olsen disminuyó en todos los tratamientos, aunque en ningún caso de manera significativa. Sin embargo, tales descensos, que oscilaron entre el 17 y el 28%, son destacables debido a que los niveles de este nutriente se encuentran por debajo de los recomendados en todas las parcelas.

El área foliar total de las vides varió de forma significativa entre años. No obstante, y aunque la presencia de cubiertas herbáceas redujo el vigor de las plantas de vid, estas di-

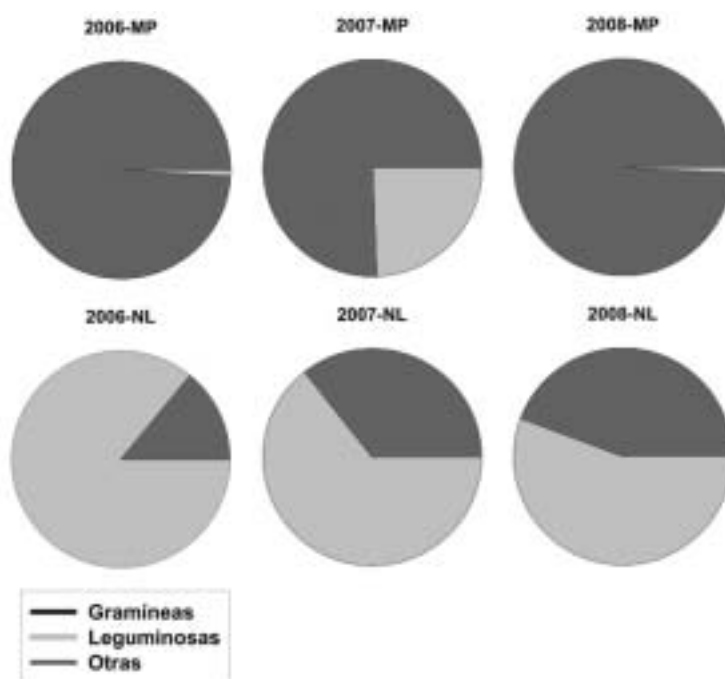


Figura 2. Evolución de la composición (porcentaje de gramíneas, leguminosas y otras especies) de la cubierta vegetal en los tratamientos "mezcla perenne" (MP) y "no laboreo" (NL) a lo largo del experimento.

**Tabla 1 Producción total de biomasa seca de la cubierta herbácea en los tratamientos mezcla perenne (MP) y no laboreo (NL).**

Año	Tratamiento	Biomasa total (g/m <sup>2</sup> )
2006	PM	41,1 <sup>a</sup> ± 3,62
	NT	49,5 <sup>a</sup> ± 29,68
2007	PM	74,7 <sup>a</sup> ± 15,19
	NT	40,6 <sup>a</sup> ± 10,31
2008	PM	259,4 <sup>b</sup> ± 13,41
	NT	204,7 <sup>b</sup> ± 9,76

ferencias no resultaron ser significativas ninguno de los tres años estudiados. Por el contrario, sí que se observaron diferencias significativas en la producción de uva, siendo ésta menor en las parcelas con cubierta vegetal (MP y NL) que en la parcela con laboreo tradicional en 2007 (Tabla 3). Si bien las diferencias fueron en el mismo sentido en 2006 y 2008, éstas no resultaron ser significativas. Los parámetros de calidad estudiados mostraron pocas diferencias, siendo éstas únicamente significativas en 2007, año en el que el contenido en polifenoles fue mayor en NL y MP que en el laboreo tradicional.

**Tabla 2 Fertilidad química del suelo al inicio (diciembre 2005) y al final (diciembre 2008) del experimento en cada tratamiento. Materia orgánica (%), carbono oxidable, nitrógeno total (%), fósforo Olsen (ppm) y potasio intercambiable (ppm).**

Tratamiento	Fecha de muestreo	Materia orgánica (%)	Nitrógeno (%)	Fósforo (ppm)	Potasio (ppm)
Mezcla perenne	dic-05	2,4 <sup>b</sup> ± 0,43	0,18 <sup>a</sup> ± 0,040	15,4 <sup>ab</sup> ± 2,65	373,3 <sup>a</sup> ± 52,62
	dic-08	2,3 <sup>b</sup> ± 0,08	0,19 <sup>a</sup> ± 0,006	11,1 <sup>a</sup> ± 1,41	363,8 <sup>a</sup> ± 29,07
No laboreo	dic-05	2,3 <sup>b</sup> ± 0,25	0,18 <sup>a</sup> ± 0,030	16,5 <sup>ab</sup> ± 3,51	379,6 <sup>a</sup> ± 62,64
	dic-08	1,9 <sup>a</sup> ± 0,10	0,17 <sup>a</sup> ± 0,004	13,7 <sup>a</sup> ± 1,51	363,8 <sup>a</sup> ± 19,59
Laboreo tradicional	dic-05	2,3 <sup>b</sup> ± 0,28	0,21 <sup>a</sup> ± 0,030	19,5 <sup>b</sup> ± 4,25	363,8 <sup>a</sup> ± 56,39
	dic-08	2,2 <sup>ab</sup> ± 0,13	0,18 <sup>a</sup> ± 0,008	15,5 <sup>ab</sup> ± 1,73	372,8 <sup>a</sup> ± 27,97

**Tabla 3. Producción unitaria de uva y calidad del mosto**

Año	Tratamiento	Producción de uva (Kg/planta)	Sólidos solubles °Brix	pH	Polifenoles totales (A <sub>280</sub> )
2006	MP	1,03 <sup>a</sup> ± 0,20	24,1 <sup>bcd</sup> ± 0,89	4,00 <sup>c</sup> ± 0,05	26,5 <sup>bcd</sup> ± 3,84
	NL	1,13 <sup>a</sup> ± 0,16	24,7 <sup>d</sup> ± 0,74	4,04 <sup>c</sup> ± 0,08	25,0 <sup>d</sup> ± 2,07
	LT	1,37 <sup>ab</sup> ± 0,29	24,9 <sup>cd</sup> ± 0,56	4,13 <sup>c</sup> ± 0,04	24,7 <sup>bcd</sup> ± 2,56
2007	MP	1,12 <sup>a</sup> ± 0,31	21,5 <sup>a</sup> ± 0,71	3,45 <sup>a</sup> ± 0,07	24,6 <sup>cd</sup> ± 2,91
	NL	1,61 <sup>abc</sup> ± 0,32	22,7 <sup>abc</sup> ± 0,42	3,32 <sup>a</sup> ± 0,04	19,1 <sup>abc</sup> ± 1,67
	LT	3,11 <sup>d</sup> ± 0,49	22,1 <sup>ab</sup> ± 0,66	3,36 <sup>a</sup> ± 0,05	16,8 <sup>a</sup> ± 1,22
2008	MP	2,64 <sup>cd</sup> ± 0,46	20,6 <sup>a</sup> ± 1,11	3,81 <sup>b</sup> ± 0,08	17,6 <sup>a</sup> ± 1,22
	NL	2,57 <sup>cd</sup> ± 0,42	21,7 <sup>a</sup> ± 0,77	3,77 <sup>b</sup> ± 0,04	18,6 <sup>ab</sup> ± 0,71
	LT	2,92 <sup>bcd</sup> ± 0,68	22,0 <sup>ab</sup> ± 0,50	3,75 <sup>b</sup> ± 0,04	16,7 <sup>a</sup> ± 1,08

## DISCUSIÓN

La evolución de las cubiertas herbáceas, tanto la mezcla perenne como la compuesta por vegetación arvense, estuvo ampliamente determinada por las variaciones interanuales de la precipitación y su distribución, lo que asimismo determinó los efectos de las propias cubiertas sobre el crecimiento vegetativo de la vid, la producción de uva y su calidad. Por otra parte, los efectos de las cubiertas herbáceas sobre la fertilidad química del suelo fueron poco aparentes a pesar de la elevada presencia de leguminosas en la mezcla perenne, lo que pudo deberse a la brevedad del período de estudio para este tipo de parámetros.

El incremento de la biomasa de la mezcla perenne es indicativo de una buena aptitud de la especies seleccionadas para la autosiembra (en el caso de especies anuales) como de la elevada supervivencia y rebrote de las especies perennes (*Dactylis glomerata* var. Currie). Así, en ensayos similares realizados en Montpellier, se observó que las cubiertas monoespecíficas del genotipo Kasbah de *D. glomerata*, disminuyeron su grado de cobertura significativamente después del segundo año tras la siembra (Voltaire, F., comunicación personal). No obstante, también es destacable la elevada precipitación primaveral registrada durante 2007 y 2008. En este sentido, el gran incremento de la biomasa de *D. glomerata* en 2008, pudo, en buena parte, ser consecuencia de la precipitación registrada durante el último tercio de la primavera, cuando las especies leguminosas ya se habían agostado.

De forma similar a lo observado en la mezcla perenne, el incremento de biomasa de la vegetación arvense puede ser atribuido a un efecto combinado de la climatología propicia de 2007 y 2008 y del incremento del banco de semillas que probablemente tuvo lugar tras el cese de todo tipo de laboreo.

De acuerdo con lo apuntado anteriormente, los efectos de las cubiertas herbáceas sobre el crecimiento y la producción de las vides varió entre años, variación que estuvo relacionada tanto con la biomasa producida por las cubiertas, y por tanto con el grado de competencia que éstas ejercieron, como, principalmente, con la distribución de la precipitación primaveral. Así, la ausencia de efectos destacables en 2008 fue debida a la inusual precipitación registrada en mayo y junio de ese año; no en vano se registraron las mayores producciones de uva y la mayor producción de área foliar de las vides en todos los tratamientos. No obstante, los efectos observados durante los otros dos años de estudio se caracterizaron por una excesiva reducción de la producción de uva sin que esto se viera acompañado por un incremento sustancial de la calidad del mosto. Resultados igualmente contradictorios han sido descritos en otros estudios similares (Celette *et al.*, 2005; Monteiro y Lopes, 2007).

Como conclusión, cabría señalar que, si bien el uso de cubiertas vegetales en viñedos mediterráneos puede resultar útil como herramienta de gestión del vigor de las vides y del control de vegetación arvense, es necesario adecuar el tipo de especies a cada zona particular con el fin de evitar una excesiva competencia por el agua entre la cubierta y las vides.

## Agradecimientos

Este trabajo forma parte de los proyectos UE INCO-PERMED PL509140 y CYCIT AGL2005-06927-CO2-01/AGR. Los autores agradecen el apoyo y facilidades ofrecidas por los viñedos "Hereus de Ribas" de Consell, Mallorca.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CELETTE, F.; WERY, J.; CHANTELLOT, E.; CELETTE, J.; GARY, C., 2005. Below ground interactions in a vine (*Vitis vinifera* L.)- tall fescue (*Festuca arundinacea* Shreb.) intercropping system: water relations and growth. *Plant and Soil*, **276**, 205-217.
- MONTEIRO, A.; LOPES, C.M., 2007. Influence of cover crop water use and performance of vineyard in Mediterranean Portugal. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, **121**, 336-342.

- MORLAT, R.; JACQUET, A., 2003. Grapevine root system and soil characteristics in a vineyard maintained long-term with or without inter-row sward. *American Journal of Enology and Viticulture*, **54**, 1-7.
- OIV, 1990. Recueil des méthodes internationales d'analyse des vins et des moûts. *In: Organisation Internationale de la Vigne et du Vin*, París (Francia), pp 641-658.
- PORTA, J.; LÓPEZ-ACEVEDO, M.; RODRÍGUEZ, R., 1986. Técnicas y experimentos en edafología. Col·legi Oficial d'Enginyers Agrònoms de Catalunya, Barcelona (España). 282 pp.

## THE USE OF PERENNIAL HERBACEOUS COVER CROPS IN MEDITERRANEAN VINEYARDS

### SUMMARY

The aim of this experiment was to study the use of perennial herbaceous cover crops in Mediterranean vineyards, paying special attention to the cover crops evolution and on their effects on soil fertility, grapevine vegetative growth, yield and grape quality. The experiment was carried out over three consecutive years in an organic vineyard (cv. Manto Negro) in central Mallorca, Spain. Three treatments over three cover cropping rows per treatment were established: perennial grasses (*Dactylis glomerata*) and legumes mixture (PM), no tillage i.e. with permanent resident vegetation (NT) and traditional tillage or ploughed soil (TT). Herbaceous biomass production, soil fertility, grapevine leaf area, grape yield and must quality were estimated.

The perennial mixture showed a high cover density and perenniality, with an increase of graminaceous species along time. The effects on grapevine performance suggests that although it was useful to reduce vegetative vigour, yield reduction and slight quality improvement force to a cover crops adjustment in order to reduce competition for water and thus avoiding these boomerang effects.

**Key words:** *Dactylis glomerata*, grape quality, perennial mixtures, soil fertility.



## RESPUESTA AL ABONADO, ACOLCHADO Y RAMONEO DE TRES ARBUSTOS FORRAJEROS EN AMBIENTES SEMIÁRIDOS

M.E. RAMOS FONT, A.B ROBLES, J. RUIZ-MIRAZO y J.L. GONZÁLEZ REBOLLAR \*

### RESUMEN

Los arbustos forrajeros constituyen una fuente de alimentación importante para el ganado extensivo o semiextensivo en los ambientes semiáridos. Este estudio evalúa el comportamiento de tres especies leñosas (*Atriplex halimus*, *Dorycnium pentaphyllum* y *Olea europaea* cv. Marteño) implantadas con fines forrajeros, en secano, a las que se aplicaron distintos tratamientos: 1) abono orgánico, 2) abono orgánico + acolchado con plástico y, 3) control. Dos años después de la plantación, la mitad de las plantas fueron ramoneadas por ganado ovino en invierno. Los resultados indican que el abono orgánico y/o el acolchado con abono orgánico favorecen el aumento del fitovolumen y la altura de *O. europaea* y *A. halimus* durante los dos primeros años, aunque no existen diferencias entre ambos tratamientos, mientras que *D. pentaphyllum* no muestra diferencias respecto al control. *D. pentaphyllum* y *A. halimus*, al contrario que *O. europaea*, tuvieron una buena respuesta frente al pastoreo y, después de 6 meses desde el pastoreo, no mostraban diferencias de fitovolumen entre las plantas ramoneadas y las no ramoneadas, o incluso, el desarrollo era mejor en las ramoneadas. Por tanto, recomendamos la plantación de *A. halimus* y *D. pentaphyllum*, con abonado orgánico, para mejorar la oferta forrajera en los ambientes semiáridos.

**Palabras clave:** *Atriplex halimus*, *Dorycnium pentaphyllum*, ganado ovino, *Olea europaea* cv. Marteño, fitovolumen.

### INTRODUCCIÓN

En los ambientes semiáridos mediterráneos, la producción de pastos herbáceos está limitada debido a la distribución de las lluvias, principalmente, pero, también al régimen de temperaturas. Esto determina que exista dos períodos en los que los pastos herbáceos son muy escasos: el invierno y el verano, lo que compromete la alimentación del ganado extensivo y semiextensivo durante dichos períodos. Las rastrojeras de cereal y, en menor medida, de leguminosas son capaces de aportar la alimentación necesaria durante casi todo el período estival en muchas zonas ganaderas en los ambientes semiáridos. Sin embargo, el invierno es el período más crítico, ya que los únicos elementos disponibles serían los *riciales* y la vegetación de monte. Por este motivo, los arbustos forrajeros constituyen un gran recurso para el ganado especialmente durante esta época, pero también durante el verano.

---

\* Estación Experimental del Zaidín (CSIC) C/ Profesor Albareda, 1; 18006 Granada

Los arbustos forrajeros presentan un sistema radicular profundo y extenso que les permite explorar un gran volumen de suelo para buscar la humedad suficiente. Además, los arbustos perennifolios están disponibles para el ganado durante todo el año. Existen una gran variedad de especies arbustivas con buenas aptitudes forrajeras y que han sido estudiados y utilizados con éxito en los ambientes semiáridos (Papanastasis *et al.*, 2008). Este estudio compara el comportamiento de tres arbustos forrajeros (*Atriplex halimus* L., *Dorycnium pentaphyllum* Scop. y *Olea europaea* L.cv. Marteño) a los que se aplicó diferentes prácticas culturales (abono orgánico, abono orgánico y acolchado, y control) y diferentes estrategias de pastoreo (con pastoreo y sin pastoreo).

## MATERIAL Y MÉTODOS

El experimento se llevó a cabo en la finca Los Morales (Huéscar, Granada), que tiene una altitud de 1000 m, una temperatura media de 13° C y una precipitación media anual de 460 mm. A finales de febrero de 2006 se plantaron 90 individuos de 2 savias de cada una de las siguientes especies: *Atriplex halimus*, *Dorycnium pentaphyllum* y *Olea europaea* cv. Marteño. El marco de plantación fue de 2 x 4 m, y cada planta recibió unos 5 l de agua tras el trasplante.

En febrero de 2007, a cada individuo se le asignó al azar uno de los tratamientos descritos a continuación:

- 1.– Acolchado con plástico + 300 g de abono orgánico (P+A): cada planta fue abonada con 300 g de abono y a continuación, se colocó un plástico alrededor del tronco, de un radio de 50 cm, aproximadamente, y posteriormente, fue cubierto con tierra.
- 2.– 300 g de abono orgánico (A): cada planta fue abonada con 300 g de abono orgánico.
- 3.– Control (C): no se le aplicó nada.

Tras la aplicación de estos tratamientos, cada planta fue regada con 5 l de agua.

Por otro lado, en febrero de 2007 se efectuó una poda a todos los pies de *A. halimus* y *D. pentaphyllum*, a una altura de unos 50 cm, para fomentar la producción de ramas laterales. En enero de 2008 se pastorearon (CP) con oveja segureña la mitad de los arbustos de cada una de las especies y tratamientos, mientras que la otra mitad, no fueron pastoreados (SP).

El seguimiento de la plantación se realizó en primavera, verano (estos últimos datos se perdieron debido a un fallo informático) y otoño de 2007, e invierno y verano de 2008, mediante el estudio de la supervivencia y la medición de la altura (cm), del diámetro menor (cm), diámetro mayor (cm), y del fitovolumen (calculado como el producto de la altura por el diámetro mayor y por el diámetro menor) de cada una de las plantas.

La altura y el fitovolumen fueron analizados para cada especie mediante un análisis de la varianza. Se analizaron por separado los datos anteriores a la aplicación del pastoreo (primavera y otoño de 2007) y los posteriores a la aplicación del pastoreo (invierno y verano de 2008). En el primer caso, se utilizó un ANOVA de dos vías considerando como factores: la fecha de muestreo (primavera y otoño de 2007) y el tratamiento (P+A, A y C). En el segundo caso, se empleó un ANOVA de tres vías con los siguientes factores: fecha de muestreo (invierno y verano de 2008), tratamiento (P+A, A y C) y pastoreo (con y sin).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los arbustos forrajeros utilizados en este estudio mostraron un comportamiento diferente frente a los distintos tratamientos aplicados, debido a sus diferentes características ecofisiológicas.



Para *A. halimus*, la supervivencia fue muy alta para todas las fechas de muestreo y tratamientos, incluso del 100% para el tratamiento P+A (Tabla 1). La altura aumentó notablemente desde primavera de 2007 hasta otoño de 2007, aunque permaneció inalterada desde invierno de 2008 hasta verano de 2008 (Tabla 1). En la primera fecha de muestreo, las plantas del tratamiento de abono orgánico mostraron una mayor altura, aunque este hecho no se vio reflejado en diferencias significativas en el fitovolumen. Sin embargo, en la segunda fecha, se aprecia un menor desarrollo del tratamiento control, tanto en altura como en fitovolumen (Tabla 1).

En las dos últimas fechas de muestreo, aquellas plantas con tratamiento control y pastoreadas mostraron una altura y/o un fitovolumen menor (Tabla 1), no habiendo diferencias entre los tratamientos del abono y el acolchado plástico. Este hecho puede deberse a que tras el pastoreo la planta queda debilitada y un aporte de nutrientes favorece su recuperación. Por otro lado, la acción del pastoreo no se ve reflejada en la fecha de muestreo inmediatamente posterior a su aplicación (I-08) debido a que las ovejas consumían sólo las hojas sin tocar prácticamente las ramas, por lo que no se aprecian cambios en el fitovolumen ni en la altura. Sin embargo, se puede observar que en verano de 2008, existe una tendencia de aumento de altura y fitovolumen en aquellas plantas que fueron pastoreadas. En estudios anteriores realizados por nuestro grupo (Ruiz-Mirazo *et al.*, 2007), se pudo observar cómo las plantas pastadas de *A. halimus*, en condiciones semiáridas, recuperaban su fitovolumen en pocos meses y cómo su capacidad de rebrote no se vio alterada.

Tabla 1. Supervivencia (%), altura (cm) y fitovolumen (cm<sup>3</sup>) de una plantación de *Atriplex halimus* para 4 fechas de muestreo y 3 tratamientos

Fecha de muestreo	Tratamiento	Supervivencia	Altura	Fitovolumen
P-07	P+A	100	43,8 <sup>d</sup>	93.976 <sup>c</sup>
	A	96,6	54 <sup>c</sup>	135.794 <sup>c</sup>
	C	96,7	46,6 <sup>cd</sup>	85.444 <sup>C</sup>
O-07	P+A	100	135 <sup>a</sup>	2.724.679 <sup>a</sup>
	A	96,6	136 <sup>a</sup>	2.645.131 <sup>a</sup>
	C	96,7	121 <sup>b</sup>	1.780.664 <sup>b</sup>
I-08	P+A/SP	100	141 <sup>a</sup>	2.618.556 <sup>c</sup>
	P+A/CP	100	140 <sup>a</sup>	2.697.813 <sup>c</sup>
	A/SP	96,6	139 <sup>a</sup>	2.724.905 <sup>c</sup>
	A/CP	96,6	135 <sup>a</sup>	2.277.492 <sup>c</sup>
	C/ SP	96,7	134 <sup>a</sup>	2.251.343 <sup>c</sup>
	C/ CP	96,7	119 <sup>b</sup>	1.637.100 <sup>c</sup>
V-08	P+A/SP	100	130 <sup>ab</sup>	4.529.516 <sup>ab</sup>
	P+A/CP	100	142 <sup>a</sup>	5.409.812 <sup>a</sup>
	A/SP	96,6	130 <sup>ab</sup>	4.224.540 <sup>b</sup>
	A/CP	96,6	144 <sup>a</sup>	5.109.374 <sup>ab</sup>
	C/ SP	96,7	137 <sup>a</sup>	4.705.604 <sup>ab</sup>
	C/ CP	96,7	131 <sup>ab</sup>	4.171.894 <sup>b</sup>

P-07: Primavera 2007; O-07: Otoño 2007; I-08: Invierno 2008; V-08: Verano 2008. P+A: plástico +abono orgánico; A: abono orgánico; C: control. SP: sin pastoreo; CP: con pastoreo. Las diferentes letras muestran diferencias significativas (test LSD, p-valor < 0,05) dentro de una columna en el análisis de P-07 y O-07, por un lado, y de I-08 y V-08, por otro.

En *Dorycnium pentaphyllum* la supervivencia fue muy alta, e idéntica en todos los tratamientos y fechas de muestreo (Tabla 2), lo que refleja la gran adaptación de esta especie a las condiciones de plantación. La altura y el fitovolumen aumentaron notablemente entre la primavera y el otoño de 2007, aunque en ningún caso se observaron diferencias significativas entre los tratamientos (Tabla 2). Del mismo modo, entre invierno y verano de 2008 se pudo apreciar un aumento notable de la altura y del fitovolumen, aunque en este caso, el control con pastoreo mostró valores ligeramente menores, y no siempre significativos, de altura y fitovolumen (Tabla 2). Al igual que en el caso anterior, esto podría indicar de la necesidad de un aporte de abono cuando las plantas son pastoreadas.

Finalmente, *Olea europaea* obtuvo valores de supervivencia algo más bajos que las otras dos especies para el control (90%) en todos los muestreos (Tabla 3). Este descenso de supervivencia en el control podría deberse a que se trata de una especie cultivada, adaptada a la utilización de prácticas agronómicas como el abonado periódico, y, en ocasiones, el riego. Además, es una especie arbórea de crecimiento lento, por lo que el aumento de altura y fitovolumen entre primavera y otoño de 2007 fue más moderado que para las otras dos especies (Tabla 3). El tratamiento con abono orgánico favoreció el desarrollo en las primeras etapas. El aumento de fitovolumen entre invierno y verano de 2008 también fue moderado (Tabla 2). En este caso, el pastoreo dio lugar a una disminución de la altura y el fitovolumen tanto en invierno como en verano de 2008, respecto a aquellas plantas que no fueron pastoreadas. Por tanto, como ya es conocido, esta especie resultó ser la menos adaptada al pastoreo de las tres estudiadas.

Tabla 2. Supervivencia (%), altura (cm) y fitovolumen (cm<sup>3</sup>) de una plantación de *Dorycnium pentaphyllum* para 4 fechas de muestreo y 3 tratamientos

Fecha de muestreo	Tratamiento	Supervivencia	Altura	Fitovolumen
P-07	P+A	96,7	48,4 <sup>a</sup>	60.638 <sup>a</sup>
	A	96,7	49,8 <sup>a</sup>	80.109 <sup>a</sup>
	C	96,7	48,5 <sup>a</sup>	70.038 <sup>a</sup>
O-07	P+A	96,7	87,1 <sup>b</sup>	518.479 <sup>b</sup>
	A	96,7	85 <sup>b</sup>	545.868 <sup>b</sup>
	C	96,7	86,7 <sup>b</sup>	440.556 <sup>b</sup>
I-08	P+A/SP	96,7	87 <sup>dc</sup>	739.251 <sup>c</sup>
	P+A/CP	96,7	89 <sup>dc</sup>	449.428 <sup>c</sup>
	A/SP	96,7	87 <sup>dc</sup>	616.877 <sup>c</sup>
	A/CP	96,7	81 <sup>dc</sup>	568.225 <sup>c</sup>
	C/ SP	96,7	99 <sup>cd</sup>	694.983 <sup>c</sup>
	C/ CP	96,7	78 <sup>c</sup>	342.274 <sup>c</sup>
V-08	P+A/SP	96,7	121 <sup>ab</sup>	1.906.638 <sup>a</sup>
	P+A/CP	96,7	131 <sup>a</sup>	1.879.008 <sup>a</sup>
	A/SP	96,7	110 <sup>c</sup>	1.520.790 <sup>ab</sup>
	A/CP	96,7	114 <sup>bc</sup>	1.785.809 <sup>ab</sup>
	C/ SP	96,7	130 <sup>a</sup>	1.915.023 <sup>a</sup>
	C/ CP	96,7	110 <sup>c</sup>	1.369.311 <sup>b</sup>

P-07: Primavera 2007; O-07: Otoño 2007; I-08: Invierno 2008; V-08: Verano 2008. P+A: plástico+abono orgánico; A: abono orgánico; C: control. SP: sin pastoreo; CP: con pastoreo. Las diferentes letras muestran diferencias significativas (test LSD, p-valor < 0,05) dentro de una columna y entre P-07 y O-07, por un lado, y entre I-08 y V-08, por otro.

*A. halimus*, *D. pentaphyllum* y *O. europaea* cv. Marteño son tres recursos forrajeros leñosos que comparten las siguientes características: 1) están adaptadas a los ambientes semiáridos, 2) tienen una gran tolerancia al frío, 3) poseen buenas cualidades forrajeras (Gallego Martínez y Pérez Sempere, 1993), 4) están disponibles todo el año. Sin embargo, no todas toleran el pastoreo por igual ni tienen las mismas exigencias en cuanto a las prácticas culturales. De hecho, *O. europaea* no es una especie recomendable para su pastoreo directo puesto que su capacidad de rebrote está bastante limitada.

## CONCLUSIONES

A la luz de los resultados obtenidos podemos concluir que la aplicación del acolchado junto con el abonado orgánico no presenta ninguna ventaja frente al uso del abonado orgánico en solitario. Por otro lado, el abonado favorece la recuperación de la altura y del fitovolumen de las plantas tras el pastoreo.

Las especies más adaptadas al pastoreo resultaron ser *A. halimus* y *D. pentaphyllum*, sin embargo, desaconsejamos la utilización de *O. europaea* cv. Marteño como arbusto forrajero por su baja capacidad de recuperación tras un episodio de ramoneo.

## Agradecimientos

Queremos agradecer al Patronato Rodríguez Penalva por habernos facilitado las instalaciones, el ganado y el personal para la realización de este trabajo; a Juan Andrés Cardoso y Elsa Varela por su apoyo en las tareas de campo.

Tabla 3. Supervivencia (%), altura (cm) y fitovolumen (cm<sup>3</sup>) de una plantación de *Olea europaea* para 4 fechas de muestreo y 3 tratamientos

Fecha de muestreo	Tratamiento	Supervivencia	Altura	Fitovolumen
P-07	P+A	96,7	60,9 <sup>b</sup>	41.193 <sup>b</sup>
	A	100	69,5 <sup>ab</sup>	44.812 <sup>b</sup>
	C	90,0	60,8 <sup>b</sup>	37.227 <sup>b</sup>
O-07	P+A	96,7	73,1 <sup>a</sup>	131.445 <sup>a</sup>
	A	100	72 <sup>a</sup>	105.705 <sup>a</sup>
	C	90,0	68,1 <sup>ab</sup>	111.776 <sup>a</sup>
I-08	P+A/SP	96,7	70,1 <sup>abc</sup>	148.422 <sup>bc</sup>
	P+A/CP	96,7	61,5 <sup>bc</sup>	58.359 <sup>cd</sup>
	A/SP	100	76,4 <sup>ab</sup>	135.270 <sup>bc</sup>
	A/CP	100	62,7 <sup>bc</sup>	55.313 <sup>cd</sup>
	C/ SP	90,0	68,3 <sup>abc</sup>	89.751 <sup>c</sup>
	C/ CP	90,0	57,2 <sup>c</sup>	80.278 <sup>c</sup>
V-08	P+A/SP	96,7	79,7 <sup>a</sup>	270.684 <sup>a</sup>
	P+A/CP	96,7	65,2 <sup>bc</sup>	184.647 <sup>ab</sup>
	A/SP	96,7	82,6 <sup>a</sup>	213.103 <sup>ab</sup>
	A/CP	96,7	70,3 <sup>abc</sup>	152.115 <sup>bcd</sup>
	C/ SP	90,0	76,3 <sup>ab</sup>	203.128 <sup>ab</sup>
	C/ CP	90,0	64,3 <sup>bc</sup>	195.682 <sup>ab</sup>

P-07: Primavera 2007; O-07: Otoño 2007; I-08: Invierno 2008; V-08: Verano 2008. P+A: plástico+abono orgánico; A: abono orgánico; C: control. SP: sin pastoreo; CP: con pastoreo. Las diferentes letras muestran diferencias significativas (test LSD, p-valor < 0,05) dentro de una columna y entre P-07 y O-07, por un lado, y entre I-08 y V-08, por otro.

Este trabajo forma del proyecto “Manejo ecológico de pastos y recursos ganaderos en cultivos arbolados de del sudeste español: una experiencia de gestión integrada en los altiplanos de Granada”, financiado por la Empresa Pública de Desarrollo Agrario y Pesquero de la Junta de Andalucía. Asimismo, fue financiado por una beca FPU concedida a M.E. Ramos Font.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- GALLEGO MARTÍNEZ, L., PÉREZ SEMPERE, J.I. (Eds). 1993. *Producción ovina y caprina*. Universidad de Castilla La Mancha, 675 pp. Albacete.
- PAPANASTASIS, V.P.; YIAKOULAKI, M.D.; DECANDIA, M.; DINI-PAPANASTASI, O. 2008. Integrating woody species into livestock feeding in the Mediterranean areas of Europe. *Animal Feed Science and Technology*, **140**, 1–17. 226-233.
- RUIZ-MIRAZO RUIZ-MIRAZO J., ROBLES A.B., RAMOS M.E., CARDOSO J.A., VARELA E., y GONZÁLEZ REBOLLAR J.L. 2007. Efecto del pastoreo sobre una plantación de *Atriplex halimus* L. En: *Los sistemas forrajeros: entre la producción y el paisaje*. Eds. M. Pinto, A. Aizpurua, A. Albizu, A. Aldezabal, S. Mendarte, R. Ruiz). Guipuzcoa, 226-233.

## RESPONSE TO FERTILIZER, MULCHING AND BROWSING OF THREE FODDER SHRUBS IN SEMIARID ENVIRONMENTS

### SUMMARY

Fodder shrubs are important food sources for extensive or semi-extensive livestock in semiarid environments. This study evaluates the behavior of three woody species (*Atriplex halimus*, *Dorycnium pentaphyllum* and *Olea europaea* cv. Marteño), used for fodder purposes, in rainfed conditions, under different treatments: 1) organic fertilizer, 2) plastic mulch plus organic fertilizer, and 3) control. Two years after planting, half of the plants were grazed by sheep in winter. The results indicate that organic fertilizer and/or plastic mulch plus organic fertilizer increase phytovolume and height in plants of *O. europaea* and *A. halimus* in the first year, although there are not differences between both treatments, while *D. pentaphyllum* did not show differences compared to control. *D. pentaphyllum* and *A. halimus*, unlike *O. europaea*, had a good response to grazing and, after 6 months from the time of grazing, there were no differences in phytovolume between grazed and non grazed plants, or even, it was greater in the grazed ones. Therefore, we recommend planting *A. halimus* and *D. pentaphyllum*, with organic fertilizer, to increase fodder sources in semiarid environment.

**Keywords:** *Atriplex halimus*, *Dorycnium pentaphyllum*, sheep, *Olea europaea* cv. Marteño, phytovolume.

## RENDIMIENTO PRODUCTIVO Y COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL ARBUSTO FORRAJERO *TITHONIA DIVERSIFOLIA* EN UNA ZONA DEL VALLE DEL CAUTO, CUBA

D. VERDECIA<sup>1</sup>, J. RAMÍREZ<sup>1</sup>, R. BODAS<sup>2</sup>, I. LEONARD<sup>1</sup>, F.J. GIRÁLDEZ<sup>2</sup>, S. ANDRÉS<sup>2</sup>, A. SANTANA<sup>1</sup>, R. HERRERA<sup>3</sup> y S. LÓPEZ<sup>2</sup> \*

### RESUMEN

El objetivo de este experimento fue estudiar los efectos de la estación del año y de la edad del rebrote de la planta subarborescente *Tithonia diversifolia* sobre la producción, la composición química y la digestibilidad *in vitro* del forraje obtenido. Para ello se diseñó un experimento en el que los tratamientos consistieron en dos épocas del año (periodo seco o de lluvias) y tres edades de rebrote (60, 120 y 180 días). Se determinó la composición química y la digestibilidad *in vitro* del forraje obtenido. Se observó un aumento de la producción de MS y de los contenidos en fibra a medida que aumentaba la edad del rebrote, con valores máximos a los 180 días. El contenido de proteína y la digestibilidad *in vitro* de la MS disminuyeron con la edad de rebrote, con valores máximos a los 60 días. Los contenidos de fenoles y de taninos fueron más elevados en el forraje recogido durante el periodo lluvioso. La edad del rebrote tuvo un marcado efecto sobre la composición química y la digestibilidad de *Tithonia diversifolia*, especialmente durante el periodo lluvioso, observándose una disminución en la calidad nutritiva del forraje al aumentar la edad del rebrote.

**Palabras claves:** arbusto tropical, digestibilidad, composición química, taninos

### INTRODUCCIÓN

Las zonas tropicales se caracterizan por una importante biodiversidad de plantas vasculares, pudiendo observarse un gran número de especies vegetales por unidad de superficie. A pesar de esta riqueza, muchas de estas plantas, en particular especies arbóreas y arbustivas, apenas se utilizan como alimento para el ganado. Tradicionalmente, son pocas las especies vegetales que se utilizan como forrajes para los animales, si bien se ha sugerido que la sostenibilidad de los sistemas de producción animal en climas cálidos depende, en parte, de hacer uso de los diferentes recursos biológicos locales. Por ello sería importante intensificar la utilización de recursos forrajeros alternativos para los animales (Roggero et

<sup>1</sup> Centro de Estudio de Producción Animal, Universidad de Granma, Cuba.

<sup>2</sup> Instituto de Ganadería de Montaña (CSIC-ULE), Finca Marzanas S/N, 24136, Grulleros (León), España.

<sup>3</sup> Instituto de Ciencia Animal, Apdo. 24, San José de las Lajas, La Habana, Cuba. \* [s.lopez@unileon.es](mailto:s.lopez@unileon.es)

al. 1996). Para ello, sería necesario conocer el valor nutritivo de estas especies como alimento para el ganado. Dada la diversidad de especies vegetales, es conveniente estudiar y recomendar especies forrajeras para entornos agro-ecológicos específicos, teniendo en cuenta principalmente su valor nutritivo. *Tithonia diversifolia* es una dicotiledónea subarborescente de la familia de las *Asteraceae*, con características nutricionales interesantes para su consideración como potencial alimento para los rumiantes (Ríos, 1997). El objetivo del presente trabajo fue estudiar el efecto de la edad de rebrote y de la época del año sobre el rendimiento y la composición química de *Tithonia diversifolia*.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Para el estudio se utilizó una superficie de media hectárea en un suelo Vertisol (Instituto de Suelos, 1999) localizada en el valle del Cauto (Cuba), en la que un año antes del comienzo del estudio se había plantado la especie arbustiva *Tithonia diversifolia*. No se aplicaron abonados de corrección. En la zona predomina un clima tropical relativamente húmedo, y el estudio se llevó a cabo durante los períodos seco (de Noviembre a Abril, con una precipitación media de 252 mm y un rango de temperaturas entre 18 y 31 °C) y lluvioso (de Mayo a Octubre, con una precipitación media de 738 mm y un rango de temperaturas entre 21 y 33 °C) de los años 2006 y 2007. Los tratamientos consistieron en tres edades de rebrote (60, 120 y 180 días) y dos épocas del año (seca o de lluvias). Se empleó un diseño de bloques al azar, con cuatro réplicas (4 parcelas en cada una de las cuales se realizaron los muestreos en cada época del año y para cada edad de rebrote).

Al inicio de cada período (seco o lluvioso) se realizó un corte a 15 cm del suelo de las plantas de *Tithonia diversifolia*. Posteriormente, dentro de cada parcela se recogieron al azar 10 plantas en cada una de las edades de rebrote (60, 120 y 180 días, de forma que el estado de desarrollo varió desde un estado de crecimiento vegetativo a los 60 días hasta un estado de floración a los 180 días). Se desecharon las plantas de mayor y menor tamaño, y del resto se seleccionaron, manualmente, las hojas, los pecíolos y los tallos con un diámetro inferior a 2 cm (considerada en conjunto la biomasa útil susceptible de ser consumida por los animales). Se mezcló todo el material seleccionado y se obtuvo una muestra homogénea y representativa de la biomasa útil que se secó en una estufa de aire forzado durante 72 horas a 65°C para determinar el contenido de materia seca (MS), la composición química y la digestibilidad *in vitro*. La proteína bruta (PB) se analizó mediante el método Kjeldahl AOAC (1995). Los contenidos de fibra neutro detergente (FND), fibra ácido detergente (FAD) y lignina ácido detergente (LAD) se determinaron según lo descrito por Goering y Van Soest (1970).

Para la determinación de la digestibilidad *in vitro* de la MS seca se siguió el protocolo ANKOM, utilizando un incubador Daisy<sup>II</sup>®, (ANKOM Technology, Fairport, NY-USA). Se incubaron las muestras con líquido ruminal, obtenido a partir de ovejas canuladas, durante 48 h a una temperatura de 39 °C en el incubador Daisy<sup>II</sup>® con agitación circular constante. Al final de la incubación las bolsas se lavaron con agua fría para detener la fermentación, se realizó una extracción a 100 °C con detergente neutro y se secaron en estufa de aire forzado a 105 °C. El análisis de los fenoles totales (FT) y los taninos totales se realizó mediante el método de Folin-Ciocalteu, antes y después del tratamiento de los extractos con polivinilpolipirrolidona (PVPP) según lo descrito por Makkar (2003), mientras que los taninos condensados totales (TCT), taninos condensados libres (TCL) y taninos condensados ligados a la fibra (TCLF) se determinaron utilizando el método nButanol/HCl/Fe<sup>3+</sup> de Porter *et al.* (1986). Los datos fueron sometidos a un análisis de varianza según un diseño factorial cruzado 3x2 (3 edades de rebrote y 2 estaciones), utilizando el programa estadístico STATISTICA 6.1 para Windows. La comparación de las medias se realizó mediante la prueba de rangos múltiples de Tukey.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la *Tabla 1* se observa que la producción de biomasa total y de MS aumentó con la edad del rebrote, aunque la producción de biomasa útil en el periodo lluvioso no estuvo afectada por la edad de rebrote. Los aumentos en producción de biomasa deben atribuirse a un mayor periodo para el crecimiento de la planta, con lo que alcanza un mayor porte y un mayor grado de desarrollo. Este crecimiento afecta, sobre todo, a las partes más leñosas, lo que explica que no siempre se observe un aumento en la biomasa útil a pesar de prolongar la edad de rebrote.

*Tabla 1. Rendimiento de *Tithonia diversifolia* (biomasa total y útil, y rendimiento en MS; expresados en t/ha) en los dos periodos del año (lluvioso y seco)*

Edad de rebrote(días)	Periodo	Biomasa total (t / ha)	Biomasa útil (t / ha)	Rendimiento MS (t MS / ha)
60	Lluvioso	40,2	26,2	7,3
	Seco	28,1	20,8	5,6
120	Lluvioso	65,5	27,5	15,3
	Seco	52,5	27,3	13,9
180	Lluvioso	87,2	27,0	23,9
	Seco	72,1	31,6	21,6
EEM		1,13	0,66	1,39

EEM = error estándar de la media

Los contenidos de PB y celulosa disminuyeron con la edad de crecimiento, de modo que los valores más altos se observaron a los 60 días durante el periodo seco. Por otra parte, los contenidos de FND, FAD y de LAD aumentaron significativamente con la edad hasta los 180 días, siendo los valores más altos en el periodo seco. La disminución en el contenido en proteína con la edad de rebrote estaría relacionada con la edad de rebrote de las plantas; a medida que ésta es mayor aumenta la proporción de tallos y disminuye la de hojas, que es la fracción con un contenido de PB más elevado. En todo caso, hay que destacar que los valores de PB fueron siempre superiores a 14% y en algunos casos a un 25%. Otros factores como la disponibilidad de agua y de nitrógeno del suelo también pueden afectar a este parámetro.

A mayor edad de rebrote, hay un mayor desarrollo de los tejidos de sostén y una mayor proporción de tallos en la biomasa útil, con lo que aumenta el contenido en pared celular vegetal y disminuye la proporción del contenido celular (Nogueira Filho *et al.* 2000). Las diferencias pueden acentuarse en el periodo lluvioso, ya que al aumentar la disponibilidad de agua y de nitrógeno en el suelo se acelera el crecimiento vegetal. Los estudios de Vanlauwe *et al.* (2005) reflejan valores de la lignina para la especie en estudio muy por debajo de los presentados en este trabajo probablemente como consecuencia, entre otros factores, de las condiciones climáticas donde se desarrolla la planta y del nitrógeno disponible en el suelo.

Los contenidos en proteína, fibra y compuestos fenólicos (taninos) están dentro del rango de los valores publicados por otros autores (García *et al.*, 2008a; Medina *et al.*, 2009) para esta misma especie arbustiva.

La digestibilidad fue menor cuanto mayor fue la edad de rebrote, observándose valor más alto a los 60 días en el periodo seco, coincidiendo con los resultados observados por La O *et al.* (2008) utilizando técnicas de digestibilidad *in vitro* y de degradabilidad *in situ*. La disminución de la digestibilidad *in vitro* de la MS a medida que se incrementa la edad de la planta se asocia a la lignificación de la pared celular.

**Tabla 2. Composición química (materia seca, MS; proteína bruta, PB; fibra neutro detergente, FND; fibra ácido detergente, FAD; lignina ácido detergente, LAD, celulosa y hemicelulosa) de la biomasa útil de *Tithonia diversifolia* en los dos periodos del año (lluvioso y seco)**

Edad	Periodo	MS (%)	PB (%)	FND (%)	FAD (%)	LAD (%)
60	Lluvioso	18,2	27,5	40,4	24,1	7,2
	Seco	19,8	29,0	43,7	27,7	6,6
120	Lluvioso	23,4	22,1	45,4	26,3	15,2
	Seco	26,5	26,1	46,8	29,7	16,1
180	Lluvioso	27,4	14,3	47,6	31,4	21,0
	Seco	29,4	18,1	50,5	32,1	18,7
EEM		0,85	1,11	0,71	0,66	1,66

EEM = error estándar de la media

**Tabla 3. Digestibilidad in vitro de la MS (DIV) y contenido en taninos, fenoles totales (FT), taninos condensados totales (TCT), taninos condensados libres (TCL) y taninos condensados ligados a la fibra (TCLF) de la biomasa útil de *Tithonia diversifolia* en los dos periodos del año (lluvioso y seco)**

Edad	Periodo	DIV (g/kg)	Taninos (g/kg MS)	FT (g/kg MS)	TCT (g/kg MS)	TCL (g/kg MS)	TCLF (g/kg MS)
60	Lluvioso	753	0,56	6,2	14,2	2,91	11,3
	Seco	786	2,17	5,4	10,5	1,68	8,8
120	Lluvioso	746	5,36	12,4	13,6	4,11	9,5
	Seco	767	1,44	5,8	11,1	1,70	9,4
180	Lluvioso	715	3,07	7,4	14,6	3,77	10,8
	Seco	728	3,08	6,5	13,1	2,98	10,1
EEM		4,6	0,317	0,49	0,35	0,192	0,18

EEM = error estándar de la media

Los contenidos en taninos condensados aumentaron significativamente con la edad del rebrote, mostrando valores más altos a los 180 días durante el período lluvioso. García *et al.* (2008b) sugirieron que el contenido de taninos puede estar afectado por factores ambientales tales como el estrés hídrico de la planta y Romero *et al.* (2000) observaron que la concentración de fenoles y taninos condensados en arbustos tropicales aumentaba durante el periodo lluvioso. En todo caso, hay que destacar que los contenidos en taninos de *Tithonia* se sitúan por debajo de los detectados en otras plantas arbustivas tropicales (Wambui *et al.* 2006), por lo que cabe esperar que no afecten a la ingestión voluntaria y la digestibilidad del forraje (Ramírez-Rivera *et al.* 2010).

## CONCLUSIONES

La edad de rebrote tuvo un marcado efecto sobre la producción, composición química y digestibilidad de *Tithonia diversifolia*, más acentuado en el período lluvioso, donde se produjo una reducción de la calidad nutritiva. Los niveles de compuestos fenólicos y taninos están por debajo de los valores medios descritos en otros arbustos tropicales, lo que sugiere que podría considerarse una especie forrajera de interés en la alimentación animal para países tropicales.

## Agradecimientos

Trabajo realizado con financiación del Programa de Cooperación Interuniversitaria e Investigación Científica de la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (Proyecto AECID A/023167/09).



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AOAC. 1995. Official Methods of Analysis.. 16th Ed. Ass. Off. Anal. Chem. Washington, D.C.
- GARCÍA, D.E.; MEDINA, M.G.; COVA, L.J.; SOCA, M.; PIZZANI, P.; BALDIZÁN, A.; DOMÍNGUEZ, C.E., 2008a. Aceptabilidad de follajes arbóreos tropicales por vacunos, ovinos y caprinos en el estado Trujillo, Venezuela. *Zootecnia Tropical*, **26**, 191-196.
- GARCÍA, D.E.; WENCOMO, H.B.; GONZÁLEZ, M.E.; MEDINA, M.G.; COVA, L.J.; SPENGLER, E I., 2008b. Evaluación de diecinueve ecotipos de *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit basada en la calidad nutritiva del forraje. *Zootecnia Tropical*, **26**, 9-18.
- GOERING, M.K.; VAN SOEST, P.J., 1970. *Forage Fiber Analysis (apparatus, reagents, procedures and some applications)*. Agricultural Handbook No. 379, USDA, Washington DC, USA.
- INSTITUTO DE SUELOS (1999): *Nueva Versión de Clasificación Genética de los Suelos de Cuba*. AGRINFOR, 64 pp. La Habana, Cuba.
- LA O, L.O.; VALENCIAGA, G.D.; RUIZ, V.T.E.; RUIZ, B.O.; CASTILLO, C.Y.; GONZÁLEZ, G.H.; RODRÍGUEZ, M.C.; HERNÁNDEZ, D.A.; CHONGO, G.B.; ARZOLA, A.C.; CAIRO S.J., 2008. Efecto de la edad de corte en la capacidad fermentativa *in vitro* y la dinámica de degradación ruminal *in situ* de *Tithonia diversifolia*. *Zootecnia Tropical*, **26**, 243-247.
- MAKKAR, H.P.S., 2003. *Quantification of tannins in tree and shrub foliage. A laboratory manual*. Kluwer Academic Publishers, 102 pp. Netherlands.
- MEDINA, M.; GARCÍA, D.; GONZÁLEZ, M.; COVA, L.; MORATINOS, P., 2009. Variables morfo-estructurales y de calidad de la biomasa de *Tithonia diversifolia* en la etapa inicial de crecimiento. *Zootecnia Tropical*, **27**, 121-134.
- NOGUEIRA FILHO, J.C.M.; FONDEVILA, M.; BARRIOS-URDANETA, A.; GONZÁLEZ-RONQUILLO, M., 2000. *In vitro* microbial fermentation of tropical grasses at an advanced maturity stage. *Animal Feed Science and Technology*, **83**, 145-147.
- PORTER, L.; HRSTICH, L.; CHAN, B., 1986. The conversion of procyanidins and prodelphinidins to cyanidin and delphinidin. *Phytochemistry*, **25**, 223-230.
- RAMÍREZ-RIVERA, U.; SANGINÉS-GARCÍA, J.A.; ESCOBEDO-MEX, J.G.; CEN-CHUC, F.; RIVERA-LORCA, J.A.; LARA-LARA, P.E., 2010. Effect of diet inclusion of *Tithonia diversifolia* on feed intake, digestibility and nitrogen balance in tropical sheep. *Agroforestry Systems*, **80**, 295-302.
- RÍOS, I., 1997. Botón de oro *Thithonia diversifolia* (Hemls.) Gray. En: Árboles y arbustos forrajeros utilizados en alimentación animal como fuente proteica. 2ª Edición. Colciencias – CIPAV. Cali, Colombia. pp. 115-126.
- ROGGERO, .P.; BELLON, S.; ROSALES, M., 1996. Sustainable feeding systems based on the use of local resources. *Annales de Zootechnie*, **45**, 105-118.
- ROMERO, C.; PALMA, J.; LÓPEZ, J. 2000. The influence of grazing on the concentration of total phenols and condensed tannins in *Gliricidia sepium* in the dry tropics. *Livestock Research for Rural Development*, **12**, 12-18.
- VANLAUWE, B.; GACHENGO, C.; SHEPHERD, K.; BARRIOS, E.; CADISCH, G.; PALM, C., 2005. Laboratory validation of a resource quality-based conceptual framework for organic matter management. *Soil Science Society of America Journal*, **69**, 1135-1145.
- WAMBUI, C.C.; ABDULRAZAK, S.A.; NOORDIN, Q., 2006. The effect of supplementing urea treated maize stover with *Tithonia*, *Calliandra* and *Sesbania* to growing goats. *Livestock Research for Rural Development*, **18** (64). <http://www.lrrd.org/lrrd18/5/abdu18064.htm>.

## YIELD AND CHEMICAL COMPOSITION OF THE SHRUB *TITHONIA DIVERSIFOLIA* IN "EL VALLE DEL CAUTO", EAST REGION OF CUBA

### SUMMARY

The aim of the present study was to determine the effect of season and plant age on yield, chemical composition and *in vitro* digestibility of the shrub *Tithonia diversifolia*. The experiment was carried out according to a design with two seasons (dry and rainy season) and three growth ages (60, 120 and 180 days). Samples were collected in each season after each growth age, dried and analyzed to determine chemical composition, tannin contents and *in vitro* digestibility. Yield (total biomass and total dry matter) and fibre contents increased with plant growth age, with greatest values after 180 days. Conversely, crude protein content and digestibility decreased with plant growth age, with greatest values after 60 days of growth. Tannins tended to be higher in the rainy than in the dry season. It was concluded that plant growth age had a significant effect on chemical composition and digestibility of the browsing material of this shrub species, especially during the rainy season, with a steady decline in nutritional quality as the plant reached a more advanced maturity stage.

**Key words:** tropical shrub, chemical composition, digestibility, tannins.

# CONTRIBUCIÓN DE LAS CUBIERTAS PERMANENTES DE ESPECIES DE LEGUMINOSAS A LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS EN UN OLIVAR CASTELLANO-MANCHEGO

A.J. HERNÁNDEZ<sup>1</sup> y J. PASTOR<sup>2</sup>

## RESUMEN

Se exponen resultados de un ensayo realizado durante quince años en un territorio semiárido: la Finca Experimental de "La Higuera" (CSIC) Sta. Olalla (Toledo). Se trata del empleo de cubiertas vegetales en un suelo de olivar de secano, que había permanecido desnudo y degradado durante más de 40 años. El manejo ha propiciado el desarrollo de las leguminosas existentes en el banco de semillas (*Ornithopus compressus* y *Astragalus pelecinus* esencialmente), y el enriquecimiento con ecotipos tempranos de trébol subterráneo. Las estrategias de manejo han minimizado, en parte, la competencia por el agua de las herbáceas con respecto a los olivos. Las ayudas de estas cubiertas a los servicios del ecosistema están vinculadas principalmente a "servicios de base", mediante su contribución a los ciclos de nutrientes, en especial C y N (los resultados revelan que aumentaron sus niveles en suelo); también contribuyen a los "servicios de suministro" (aumento de la biodiversidad vegetal, aunque modulada por la climatología anual); a los "servicios de regulación" (de pérdida por erosión del suelo, manifestada por la buena cobertura vegetal desarrollada); finalmente contribuyen a los "servicios culturales" (estéticos esencialmente, por la ausencia de suelos desnudos en el paisaje de secano).

**Palabras clave:** leguminosas pascícolas, conservación de suelos, C, N, ambientes semiáridos.

## INTRODUCCIÓN

La gestión de los cultivos leñosos mediterráneos de secano, está dirigida fundamentalmente a que los suelos contengan el máximo posible de agua a finales de primavera para poder superar el estío, siguiendo el principio de que a más agua disponible para el cultivo en este periodo, mayor es la productividad, pero también la degradación de los suelos por haber permanecido desnudos. Ello nos ha llevado a implementar cubiertas vegetales en un olivar. Ahora bien, pasar de unos tipos de uso del suelo a otros que permitan ir haciendo más sostenible este cultivo, implica poder dedicar bastante tiempo a la investigación de las estrategias necesarias para este fin.

La opción por cubiertas vegetales estables con predominio de leguminosas en un olivar del territorio manchego ha contemplado tanto el estudio del comportamiento de algunas de estas especies con distinta fenología y con autosiembra en el sistema, una vez de sembradas al co-

<sup>1</sup> Dpto. de Ecología, Edificio Ciencias, Campus Universidad de Alcalá, Madrid.

<sup>2</sup> CCMA, MNCN, CSIC, Serrano 115, dpdo. 28006 Madrid.

mienzo del experimento, como el conocer la respuesta del banco de semillas de las parcelas con cubiertas de vegetación arvense (“malas hierbas”). Los buenos resultados obtenidos al respecto (Hernández *et al.*, 2000, 2001; Pastor *et al.*, 2000, 2003), permitieron poder diseñar una estrategia de manejo de estas cubiertas fundamentada en el manejo de los flujos de C y de N, así como de la diversidad vegetal para la conservación de suelo, de la biodiversidad y del agua en un agroecosistema mediterráneo semiárido. La presentación de los últimos resultados es el objetivo que nos proponemos en este trabajo con el fin de poder valorar dichas cubiertas desde el marco de los servicios ecosistémicos (Gómez-Baggeth y de Groot, 2007).

## MATERIAL Y MÉTODOS

El ensayo experimental se lleva a cabo en la Finca de la Higuera, CSIC (Sta. Olalla, Toledo), en un territorio semiárido, de lluvias irregulares y frecuentemente torrenciales, que favorecen fenómenos de escorrentía y pérdida de suelo (Hernández *et al.*, 1997). El diseño ha sido de bloques al azar con tres repeticiones para cada cubierta: (a) cubiertas con tréboles subterráneos: una mezcla de los cultivares Nungarin, Daliak y Esperance de *Trifolium subterraneum* fue sembrada en otoño del 1º año, a razón de 15 Kg. /ha; todas las semillas se sembraron previamente inoculadas con *Rhizobium trifolii* y los tréboles se han ido autosembrando en los años sucesivos; (b) cubiertas de veza: esta leguminosa comercial sembrada cada año en otoño y en el momento de la floración se realiza su siega mecánica con desbrozadora, al tiempo que se dejan temporalmente los restos vegetales sobre el suelo antes de ser enterrados a mediados de la primavera; (c) cubiertas de vegetación arvense: procedente del banco de semillas, a la mitad de la primavera de cada año se realiza su siega mecánica con desbrozadora y los restos vegetales se dejan sobre el suelo. Estos manejos han sido comparados con el no-laboreo empleando herbicidas (glifosato, simazina y diurón) y el “laboreo convencional” (manejo habitual en la zona empleado como parcelas-testigo). Los diferentes pasos metodológicos seguidos, así como el estudio de las variables edáficas, se describen en Hernández *et al.* (2005) y Pastor y Hernández (2008). Los análisis químicos de los suelos se realizan según Hernández y Pastor (1989) y los estadísticos mediante análisis de la varianza usando el paquete estadístico SPSS v. 18.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Comenzamos por mostrar en la *tabla 1* los datos relativos a la riqueza de las especies de leguminosas que han sido inventariadas en cada una de las primaveras correspondientes al manejo realizado en las parcelas con cubiertas de vegetación arvense, ya que reflejan las leguminosas que crecen espontáneamente en este olivar.

Puede observarse, cómo al llegar al cuarto año (que corresponde al 5º año sin intervención en el suelo de las parcelas con cubiertas), se dispone de una alta riqueza en estas especies. Los datos de cobertura que cada una de ellas alcanza corresponden al valor máximo observado en las tres parcelas con este tratamiento. Este último resultado, unido a la cobertura que presentan tanto en estas parcelas como en las sembradas con trébol (*tabla 2 y 3*), son considerados importantes en relación a un manejo de rotación de las mismas. Es decir, que debemos disponer de un período de tiempo no menor a 5 años sin levantar la cubierta, a fin de asegurarnos buena riqueza de leguminosas en el sistema.

La evaluación del recubrimiento de la vegetación en las parcelas con cubiertas estables se ha realizado en primavera y otoño, por ser dos momentos críticos relacionados con la erosión de los suelos desnudos en clima mediterráneo de tipo semiárido como es el caso, y como lo realizan también para las cubiertas de olivares andaluces (Guzmán y Foraster, 2007; Rodríguez *et al.*, 2007). No obstante, hemos considerado solamente los datos de primavera porque es cuando están presentes las leguminosas, además de ser en estas fechas el momento en que coinciden con los finales de los ciclos fenológicos de la mayoría de las especies arvenses del territorio.

Tabla 1. Riqueza de leguminosas (media del n° total) y porcentajes máximos de sus respectivos recubrimientos en parcelas de vegetación arvense

Leguminosas	Año										
	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°	9°	10°	11°
Riqueza (n° total sp.)	7	8	8	9	10	10	12	10	8	10	12
<i>Ornithopus compressus</i>	+	6	16	61	32	55	35	43	12	25	10
<i>Astragalus pelecinus</i>	+	4	14	32	10	37	23	22	9	18	6
<i>Trifolium arvense</i>	+	5	4	5	2	3	2	1	1	4	1
<i>Lupinus angustifolium</i>	+	1	1	3	+	2	2	1	+	1	1
Otras leguminosas *	2	7	16	10	3	9	13	5	2	3	5

*Lathyrus angulatus*, *T. angustifolium*, *T. cernuum*, *T. glomeratum*, *T. hirtum*, *T. subterraneum*, *T. tomentosum*, *Trigonella polyceratia*, *Vicia lutea*, *V. sativa*. + significa presencia solamente.

Tabla 2. Cubierta media de plantas y suelo desnudo (%) en las parcelas de vegetación arvense

Cubiertas	1°	3°	5°	7°	9°	11°
Vegetación arvense	47	57	92	97	93	90
Suelo desnudo	53	43	8	3	7	10

Tabla 3. Cubierta media de plantas (*T. subterraneum* y vegetación arvense) y suelo desnudo (%) en las parcelas del trébol subterráneo

Cubiertas de <i>T. subterraneo</i>	1°	3°	5°	7°	9°	11°
<i>Trifolium subterraneum</i>	16	34	33	69	51	30
Vegetación arvense	34	44	58	61	43	51
Suelo desnudo	50	22	9	3	6	19

Sin duda estos resultados están sujetos a las fluctuaciones en el régimen de precipitación como puede observarse en la figura 1. Una de las principales características en lo que a la climatología de los últimos años ha sido su variabilidad e irregularidad con respecto a los patrones de comportamiento climático de las series históricas de los años anteriores como hemos publicado en Hernández *et al.* (2005). Por ello es ilustrativa esta figura, en la que se puede observar la fluctuación de la precipitación en el año agrícola correspondiente a los años 12 y 13 del ensayo). Y, lógicamente el régimen de precipitación anual conlleva variaciones que se acusan en el perfil edáfico de las parcelas. Así, la humedad que se ha venido monitorizando a diferentes profundidades del perfil (0-10, 10-20 y 20-40 cm) en los distintos tratamientos (Hernández *et al.*, 1995; Pastor *et al.*, 2007), acusa variaciones en este parámetro. No obstante, aunque no es posible en la dimensión de este trabajo detenernos en la exposición y comentario de los resultados de que disponemos al respecto, podemos decir que el manejo realizado de las cubiertas vegetales no impide competencia por el agua cuando los olivos la necesitan.

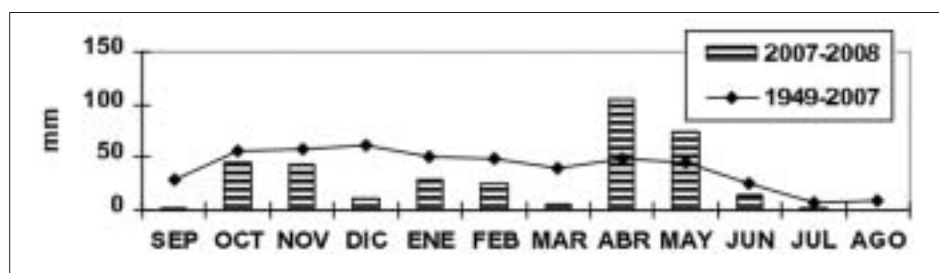


Figura 1. Evolución de la precipitación (mm) según datos de la finca

La implantación de una mezcla de cultivares de trébol subterráneo, cuyos principales resultados fueron expuestos en Pastor y Hernández (2003), nos lleva a considerar este tipo de cubierta como adecuada, si juzgamos también los resultados obtenidos a lo largo de los años (*tabla 3*). Sin embargo el empleo de veza no nos proporciona los resultados que cabrían esperar al ser esta leguminosa bastante utilizada en cubiertas vegetales para los olivares andaluces (Rodríguez *et al.*, 2007; Guzmán y Foraster, 2007), al menos si tenemos en cuenta los objetivos de nuestro trabajo en relación a la contribución de esta leguminosa a los servicios ecosistémicos de este olivar. Nuestra afirmación se basa en la menor aportación de N total al suelo (*tabla 5*), si bien la aportación de nitratos es la mejor de las cubiertas (*tabla 6*). Por otra parte, también es inferior el aporte de C orgánico al suelo (*tablas 6 y 7*), incluso teniendo en cuenta los manejos habituales de laboreo y no laboreo.

**Tabla 5. Niveles de N total (%) en el suelo. Análisis de la varianza para detectar la existencia de diferencias significativas o no, entre el 1º y el 12º año de experimentación**

Año	Vegetación arvense	Veza	T. subterráneo	Laboreo	No Laboreo
1º	0,019 ± 0,001a	0,016 ± 0,003 a	0,017 ± 0,001a	0,016 ± 0,003 a	0,012 ± 0,002 a
12º	0,054 ± 0,008 b	0,036 ± 0,004 b	0,069 ± 0,021b	0,034 ± 0,002 b	0,041 ± 0,007 b

La existencia de letras diferentes en las columnas indica la existencia de diferencias significativas al 95%

Los resultados conseguidos durante los años del ensayo de campo, nos llevan en primer lugar a contemplar un manejo de rotación de las cubiertas de vegetación arvense y de las sembradas con trébol subterráneo a otras partes del olivar que permanece con suelo todavía desnudo, una vez que se hayan implementado durante un período de 4 o 5 años. Ello permitiría no exportar beneficios al exterior del sistema y seguir manteniendo una considerable riqueza de leguminosas.

Por otra parte, los tipos de manejo de ambas cubiertas, con las labores referidas en el apartado de Material y métodos, no resultan perjudiciales respecto a una competencia excesiva por el agua entre las herbáceas y el cultivo leñoso, desde el punto de vista de la sostenibilidad del sistema y al mantenimiento de la diversidad de flora arvense (Alonso y Guzmán, 2006). Y, por último, exponemos en la *tabla 8* aquellos servicios que, a partir de los resultados expuestos, pensamos que aportan estas cubiertas en la perspectiva del olivar como ecosistema.

**Tabla 6. Valores correspondientes a las parcelas en el 12º año de experimentación (medias y desviaciones típicas para porcentajes de C y N y de mg/kg para nitritos y nitratos)**

Manejo	pH	C	N	NO <sub>2</sub>	NO <sub>3</sub>
T. subterráneo	6,4 ± 0,1	1,78 ± 0,23	0,130 ± 0,016	3,9 ± 1,6	25,5 ± 8,4
Veg. arvense	6,5 ± 0,2	1,76±0,23	0,174±0,045	2,9±0,3	33,8± 8,6
Veza	5,6±0,2	0,41±0,04	0,035±0,002	1,5±0,6	46,7±27,9
Labrado	6,7±0,01	0,47±0,07	0,031±0,002	2,3±1,1	22,6±11,7
No Laboreo	5,8±0,2	0,42±0,06	0,041 ± 0,007 b	1,8±0,4	50,4±21,0

**Tabla 7. Niveles de C orgánico (%) en el suelo. Análisis de la varianza para detectar la existencia de diferencias significativas o no, entre el 1º y el 12º año de experimentación**

Año	Vegetación arvense	Veza	Trébol subterráneo	Laboreo	No Laboreo
1º	0,21 ± 0,06 a	0,20 ± 0,05 a	0,22 ± 0,09 a	0,23 ± 0,03 a	0,28 ± 0,04 a
12º	0,53 ± 0,15 b	0,36 ± 0,04 b	0,67 ± 0,20 b	0,38 ± 0,03 b	0,44 ± 0,06 b

Tabla 8. Servicios aportados por las cubiertas vegetales de leguminosas a un olivar manchego de secano

	Servicios	Funciones	Manejos
– Relacionados con la conservación del agua en el suelos	– Regulación hídrica	– Regulación de flujos en épocas primaverales y otoñales	– No laboreo
– Relacionados con la conservación del suelo  – Mejora de la estructura de la capa superficial edáfica	– Control de la erosión  – Mejora de agregados	– Retención de elementos finos – Evitar la eutrofización de cauces superficiales – Aporte de nutrientes al suelo – Aporte de M.O.	– Utilización de siega mecánica a ras de superficie sin quebrantar la estructura edáfica
– Relacionados con la conservación de la biodiversidad	– Recursos vegetales – Aumento de microorganismos simbióticos en raíces – Refugio de especies animales	– Proporcionar ecotipos de especies de pasto adaptados a condiciones semiáridas – Posibilitar la fijación de N atmosférico – Mejora de los flujos del N y del C – Hábitat para poblaciones residentes y migratorias de microfauna edáfica	– Corte de la cubierta cuando haya iniciado la fase de semilla las leguminosas
– Relacionados con la sociedad	– No utilización de herbicidas – No gastos económicos en herbicidas y fertilizantes	– Mejor estética paisajística – Sostenibilidad económica	

## CONCLUSIONES

Las leguminosas de las cubiertas ensayadas en un olivar de territorio semiárido de la provincia de Toledo están adaptadas al tipo de suelo y clima, pero deben de ser manejadas con criterios ecológicos: conocimiento de la autoecología de las especies y rotaciones de las cubiertas después de estabilizarse la sucesión ecológica. Sin regar, podemos controlar con las estrategias de manejo de las cubiertas, las inclemencias climáticas, en la medida de lo posible. En una agricultura de secano se minimiza así la erosión del suelo desde los primeros momentos de estas cubiertas, debido esencialmente al recubrimiento alcanzado de las leguminosas de porte rastro, así como de los restos de las mismas que permanecen en el suelo durante la época de estiaje. Finalmente diremos que las cubiertas de leguminosas contribuyen de manera eficaz a mantener algunos de los servicios importantes del olivar como ecosistema.

## Agradecimientos

Al Proyecto POI109-0179-2859 de la JCClAM.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALONSO, A.M. y GUZMÁN, G. 2006. Evaluación comparada de la sostenibilidad agraria en el olivar ecológico y convencional. *Agroecología*, **1**, 63-73.
- GÓMEZ-BAGGTHUM, E. y de GROOT, R. 2007. Capital natural y funciones de los ecosistemas: explorando las bases ecológicas de la economía. *Ecosistemas*, **16**(3). Septiembre <http://www.revistaecosistemas.net>
- GUZMÁN, G.; FORASTER, L. 2007. *Manejo de la cubierta vegetal en el olivar ecológico en*

- Andalucía: siembra de leguminosas entre calles*. Informe Anual. Junta de Andalucía.
- HERNÁNDEZ, A. J.; PASTOR, J. 1989. Técnicas analíticas para el estudio de las interacciones suelo-planta. *Henares, Rev. de Geol.*, **3**, 67-102.
- HERNÁNDEZ, A. J.; ESTALRICH, E.; MÍNGUEZ, A.; PASTOR, J., 1997. Incidencia de las cubiertas herbáceas en la conservación de suelos y en la humedad edáfica de agrosistemas semiáridos. *Edafología*, **2**, 153-159.
- HERNÁNDEZ, A. J.; LACASTA, C.; PASTOR, J., 2000. Hacia la sostenibilidad del olivar sobre sustratos arcósicos por medio del manejo de cubiertas de leguminosas. En: *Actas Ecoliva 2000*, Jaén, 7 pp. (CD).
- HERNÁNDEZ, A. J., PRIETO N., PASTOR J. 2001. Management of an olive crop in a semiarid environment using sown or resident leguminous covers. In: *Conservation Agriculture, a Worldwide challenge*. L. García-Torres, J. Benitez and A. Martínez-Vilela (eds.). ECAF and FAO, European Conservation Agriculture Federation, Madrid, Spain, 419-423.
- HERNÁNDEZ, A. J.; LACASTA, C.; PASTOR, J. 2005. Effects of different management practices on soil conservation and soil water in a rainfed olive orchard. *Agriculture Water Management*, **77**, 232-248.
- PASTOR, J.; LACASTA, C.; HERNÁNDEZ, A. J., 2000. Evaluación de las cubiertas vegetales en el olivar de una zona semiárida del centro de España. *Edafología*, **7 (2)**, 165-175.
- PASTOR J.; HERNÁNDEZ A. J., 2003. Empleo de cubiertas de trébol subterráneo en olivar y viñedo frente al laboreo y no laboreo en estos agrosistemas. En: *Pastos, desarrollo y conservación*. Robles-Cruz. A.B. *et al.* (Eds.). C. Agricultura y Pesca, J<sup>a</sup> de Andalucía, Granada, 721-727.
- PASTOR, J. BENÍTEZ, M; HERNÁNDEZ, A. J., 2007. Cubiertas vegetales en olivar y viñedo: balance de 10 años en relación al agua del suelo y su monitorización. En: *Tecnologías emergentes. Agroingeniería 2007*, Albacete. (CD) pp.1-16.
- PASTOR, J.; HERNÁNDEZ, A. J. 2008. Ingeniería ecológica para un olivar de secano: manejo de la biodiversidad vegetal e interés de cultivares de trébol subterráneo en el marco del cambio climático. CD Actas del VIII Congreso SEAE sobre "*Cambio climático, biodiversidad y desarrollo rural sostenible*". J. M<sup>a</sup> Egea Fernández (Coord.). SEAE.
- RODRIGUEZ, A.; ORDOÑEZ, R.; GIL, J. (Coords). 2007. *Cubiertas vegetales en el olivar*. Ed. Junta de Andalucía.

## CONTRIBUTION OF PERMANENT COVERS OF LEGUME SPECIES TO ECOSYSTEM SERVICES IN AN OLIVE GROVE FROM CASTILLA-LA MANCHA

### SUMMARY

This work presents the results of a test conducted for fifteen years in a semiarid area: "La Higuera" farm (CSIC) in Santa Olalla (Toledo). It is the use of cover in a rainfed olive grove soil, which had been bare, degraded and very depleted in organic matter and N, for over 40 years. The management has been promoting the development of legumes from the seed bank (*Ornithopus compressus* and *Astragalus pelecinus*) and the enrichment of subterranean clover ecotypes. Management strategies have minimized competition for water with crops. The contributions of these covers to ecosystem services are linked to: i) "basic services", as they contribute to nutrient cycling, specially C and N (results showed an increase of their levels in soils); ii) "supply services" (increase of plant biodiversity, although modulated by the annual weather); iii) "regulation services" (of loss by soil erosion, manifested by the good developed cover); iv) eventually, covers contribute to "cultural services" (essentially aesthetic, the absence of bare soil in the dry landscape).

**Key words:** wild legume ecotypes, soil conservation, C, N, semiarid environments.



# OPTIMIZACIÓN SEGÚN CRITERIOS ECONÓMICOS DEL DISEÑO DE SISTEMAS SILVOPASTORALES EN ÁREAS AGRÍCOLAS ABANDONADAS DE GALICIA

M. PASALODOS-TATO<sup>1</sup>, T. PUKKALA<sup>2</sup>, A. RIGUEIRO<sup>3</sup>, E. FERNÁNDEZ<sup>3</sup> y R. MOSQUERA<sup>3</sup>

## RESUMEN

Tradicionalmente, el principal objetivo de la gestión forestal en Galicia ha sido la producción maderera debido a la alta productividad de sus bosques. Sin embargo, factores como el riesgo de incendio y la necesidad de obtener beneficios del bosque a más corto plazo hacen recomendable la consideración de nuevas alternativas, como es el caso de los sistemas silvopastorales. La integración del uso ganadero en el monte además de diversificar los productos y beneficios a obtener, disminuye el riesgo de incendio, favoreciendo el control del combustible. No obstante, existen pocos estudios que analicen la rentabilidad económica de este tipo de sistemas. El objetivo de este artículo es analizar diferentes alternativas silvopastorales desde el punto de vista económico en suelos agrícolas abandonados y posteriormente reforestados con *Pinus radiata* D. Don. La técnica empleada se basa en la combinación de un algoritmo optimizador y un simulador de crecimiento del arbolado y del pasto. Los resultados muestran que los esquemas más rentables se obtienen con densidades de plantación iniciales de 1500 árboles por hectárea y dos claras. En todos los casos de estudio, las rotaciones son más cortas que en el caso de esquemas para producción meramente maderera.

**Palabras clave:** *Pinus radiata*, optimización, simulación, rentabilidad económica

## INTRODUCCIÓN

Los sistemas silvopastorales presentan claras ventajas que hacen de ellos una opción de manejo muy atractiva en comparación con el manejo forestal tradicional enfocado solamente a la producción maderera. En primer lugar, la multiplicidad de productos que pueden obtenerse de este tipo de sistemas hace de los sistemas silvopastorales una opción económicamente más segura bajo la fluctuación de los mercados que la gestión tradicional orientada a la producción maderera. Además, este tipo de sistemas ofrecen la ventaja adi-

---

<sup>1</sup> INIA, Departamento de Selvicultura y Gestión Forestal, Carretera de La Coruña km 7,5 28040 - Madrid (España). [pasalodos.maria@inia.es](mailto:pasalodos.maria@inia.es)

<sup>2</sup> University of Eastern Finland, P.O.Box111, FIN-80101 Joensuu, Finland. [timo.pukkala@uef.fi](mailto:timo.pukkala@uef.fi)

<sup>3</sup> Universidad de Santiago de Compostela, Escuela Politécnica Superior, Departamento de Producción Vegetal, Campus universitario s/n, 27002 Lugo, Spain.

cional de generar beneficios más tempranos que los esquemas tradicionales productores de madera. Por otra parte, las quemadas realizadas como mejora de pastos en comarcas ganaderas han provocado que el pastoreo haya sido relacionado con la ocurrencia de incendios forestal. Sin embargo, cuando el pastoreo se integra en la gestión forestal en un sistema silvopastoral, puede, no solo reducir la ocurrencia de incendios forestales sino también reducir el riesgo de incendio mediante la disminución de la biomasa en el monte.

Nuestro estudio se basa en el análisis de sistemas silvopastorales establecidos en suelos agrícolas abandonados. El establecimiento del sistema silvopastoral se realiza mediante plantación de los árboles y siembra simultánea de una pradera. Por lo tanto, existe producción de pasto adecuado para alimentar ganado de tipo ovino desde el primer año (Rigueiro *et al.*, 2002).

A pesar de las ventajas mostradas por los sistemas silvopastorales, este tipo de sistemas son difíciles de gestionar debido a la falta de información relativa a la manera en que la producción de pasto se ve afectada por el desarrollo del arbolado. El factor clave del éxito de este tipo de sistemas es alcanzar un compromiso entre las dos producciones (madera y pasto) porque ambos usos son solamente compatibles bajo ciertas circunstancias, cuando el estrato superior (árboles) permite que la luz alcance el estrato inferior (pasto). Es por esto que resulta necesario adquirir información relativa a aquellas circunstancias bajo las cuales la producción de pasto es posible.

Por lo general, la fracción de cabida cubierta es la variable utilizada para establecer los límites para la producción de pasto (Knowles *et al.*, 1999). Así, en la literatura se encuentra que con una fracción de cabida cubierta superior al 50% no existe producción de pasto (Rigueiro *et al.*, 1998). Como la fracción de cabida cubierta es una variable difícil de medir en el campo y no está disponible en los inventarios de manera habitual, uno de los objetivos de este trabajo es modelizar la relación existente entre la producción de pastos y las características de la masa arbórea, utilizando variables de masa que sean fáciles de medir en el campo o fácilmente predecibles en planificación forestal. El uso de este tipo de modelo, en combinación con el modelo de crecimiento y producción del arbolado, permite predecir la rentabilidad del sistema. Por otra parte, teniendo en cuenta que tanto la densidad de la masa forestal como la gestión del sistema silvopastoral dependerán de los objetivos de gestión del propietario (Burner y Brauer, 2003), es necesario establecer una función objetivo. En este caso nos centramos en la rentabilidad económica. Por lo tanto el objetivo de este estudio es analizar la rentabilidad económica de los sistemas silvopastorales establecidos en terrenos agrícolas abandonados.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Casos de estudio

Como el objetivo de este estudio es analizar la rentabilidad de los sistemas silvopastorales, se decidió poner a prueba diferentes opciones. En primer lugar se emplearon como la calidad de estación para el pino radiata dos índices de sitio diferentes, es decir, 29 y 25 metros a los 20 años. En segundo lugar analizamos también diferentes densidades de plantación: 500, 1500 y 2500 árboles ha<sup>-1</sup>. En total, representan un conjunto de seis masas forestales diferentes. En cada masa probamos diferente número de claras (0-2) y diferentes precios de pasto con el fin de obtener también información sobre diferentes condiciones de mercado.

### Simulación del crecimiento

Para simular el desarrollo de las masas siguiendo diferentes esquemas selvícolas, se

utilizó el modelo desarrollado por Castedo-Dorado *et al.* (2007) para masas regulares de *P. radiata* en Galicia. En este modelo, las condiciones iniciales de la masa arbolada se definen mediante por tres variables de estado (número de árboles por hectárea, área basimétrica y altura dominante), y se utilizan para estimar el volumen total y comercial de la masa para una edad determinada.

Para simular la producción de pasto influenciada por el desarrollo de la masa arbórea se ha ajustado un modelo que predice la producción de pasto en función del índice de sitio y del área basimétrica de la masa. Para el ajuste de este modelo de regresión, se emplearon datos de un experimento en el Castro de Riberas de Lea, en el que se midieron los árboles y la producción de pastos en un sistema silvopastoral. El ensayo consistió en diferentes parcelas establecidas en terrenos con una calidad de estación diferente y empleando dos densidades diferentes de plantación (833 y 2 500 árboles.ha<sup>-1</sup>). El pasto sembrado fue una mezcla de *Lolium perenne* L., *Dactylis glomerata* L., *Trifolium repens* y *Trifolium pratense*. El modelo de regresión ajustado para este estudio tiene la siguiente expresión:

$$\ln grass = 0.09SI - 0.12G - 1,25 \quad (1)$$

dónde *grass* es la producción anual (M.S.) de pasto (t ha<sup>-1</sup>), *SI* es el índice de sitio correspondiente a la masa arbolada de *Pinus radiata* (m) y *G* es el área basimétrica (m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>) de la masa de radiata.

### Función objetivo

Hemos considerado que la rentabilidad económica es el objetivo final de estos sistemas, por lo tanto, el valor esperado del suelo (*SEV*) se utilizó como variable objetivo. El *SEV* se calcula como el valor neto actual (*NPV*) de todos los beneficios que se obtengan en el futuro:

$$SEV = \frac{NPV}{1 - \frac{1}{(1+r)^T}} \quad (2)$$

donde *NPV* es el valor actual neto de un turno de corta, *r* es la tasa de interés y *T* es el turno de corta (años). La expresión para el *NPV* es:

$$NPV = \sum_{t=0}^T \frac{Im_t + Ip_t - Gm_t - Gp_t}{(1+r)^t} \quad (3)$$

donde *Im<sub>t</sub>* y *Ip<sub>t</sub>* son los ingresos y *Gm<sub>t</sub>* y *Gp<sub>t</sub>* son los gastos derivados de la producción de madera y pasto en el año *t*, respectivamente.

### Parámetros económicos

Los parámetros económicos necesarios para el cálculo del *SEV* son los precios de la madera, los precios del pasto, la tasa de descuento y los costes de tratamiento. Para los datos de precio de la madera de los precios se utilizaron los siguientes: 90 € m<sup>-3</sup> para la madera de calidad I, 50 € m<sup>-3</sup> para la calidad II de la madera y 18 € m<sup>-3</sup> para la calidad III de la madera. Para los precios del pasto consideramos 200 € t<sup>-1</sup> basándonos en los estudios llevados a cabo por el Departamento de Producción Vegetal de la Universidad de Santiago de Compostela. Este precio del pasto se varió en ± 50% para analizar el efecto de las fluctuaciones del mercado. Por lo tanto, los precios considerados fueron de 100, 200 y 400 € t<sup>-1</sup>. La tasa de descuento utilizada fue de 3%.

## Método de optimización

El algoritmo de optimización empleado fue el método de búsqueda directa de Hooke y Jeeves (1961). El método de búsqueda directa compara cada solución de prueba con las mejores obtenidas hasta ese momento.

## RESULTADOS

Tras realizar las optimizaciones para 6 masas forestales diferentes (2 índices de sitio y 3 densidades de plantación distintas) bajo tres escenarios diferentes de precios de pasto (100, 200 and 400 € t<sup>-1</sup>) y considerando tres esquemas diferentes de claras (0, 1 y 2 claras), escogimos los esquemas que proporcionan el *SEV* máximo. Estos esquemas óptimos son los correspondientes a 1 clara para densidades iniciales de 500 pies por hectárea para los dos índices de sitio analizados, mientras que para las densidades de 1500 y 2500 pies el esquema más rentable es el que incluye dos claras. Otra consideración importante es que las densidades de plantación de 1.500 árboles ha<sup>-1</sup> son las que proporcionan mayores ingresos, salvo el caso de que el precio de la hierba sea 400 € t<sup>-1</sup>, donde la densidad de plantación más rentable es de 500 árboles ha<sup>-1</sup> con una clara cuando el índice de sitio es de 25. Para el índice de sitio 29, la mejor opción es la de no plantar árboles y sustituir el sistema silvopastoral por un pastizal. En la figura (1) se muestran los esquemas óptimos para diferentes precios del pasto, así como para la situación de control cuando no hay pasto y se considera que el sistema sigue un esquema orientado únicamente a la producción maderera.

Los esquemas selvícolas que mejoran su rentabilidad en mayor medida con el establecimiento de los pastos herbáceos son los que tienen la densidad de plantación más baja, de 500 árboles ha<sup>-1</sup>. En estos casos la mejora puede ser de hasta 20, 50 y 100% para precios de pasto de 100, 200 y 400 € t<sup>-1</sup>, respectivamente. En los esquemas con densidad de la masa inicial de 1500 árboles, el *SEV* no crece tanto, sólo el 15% cuando el precio de la hierba es de 200 € t<sup>-1</sup>, pero cuando el precio de la hierba se eleva a 400 € t<sup>-1</sup> el *SEV* puede aumentar en un 40%. Por el contrario, cuando el precio cae a 100 € t<sup>-1</sup>, el aumento de la rentabilidad de estos esquemas es de sólo un 2-3%. El caso más desfavorable es para las densidades de 2500 árboles donde el precio del pasto de 200 € t<sup>-1</sup> puede aumentar el *SEV* un 4-7% y un 25-29% cuando el precio es de 400 € t<sup>-1</sup>. Por otra parte, en condiciones de descenso del precio del pasto, el *SEV* puede disminuir un 6.4% y por lo tanto los esquemas silvopastorales no son rentables con dichas densidades de plantación.

Los turnos selvícolas disminuyen con la inclusión de los ingresos proporcionados por el pastoreo. Esta disminución puede ser hasta un 20% de la duración del turno en los sistemas sin pastoreo.

## DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en relación a los esquemas selvícolas óptimos para las distintas densidades iniciales de plantación son los esperables, ya que cuanto más densas son las masas, mayor número de claras requieren. Pero otros resultados deben ser comentados. En primer lugar los esquemas con densidades de plantación de 2500 árboles por hectárea nunca son la mejor alternativa, ni siquiera cuando analizamos esquemas orientados a la producción de madera en los que el pastoreo es ignorado. Resulta interesante este resultado, ya que además, las masas tan densas presentan también ciertas dificultades desde el punto de vista práctico, como la dificultad de mecanización de operaciones forestales como las claras y los desbroces con densidades de plantación elevadas.

Con la implantación de sistemas silvopastorales la obtención de beneficios económicos en mucho más temprana que en aquellos esquemas selvícolas meramente orientados

a la obtención de madera. Como consecuencia, los turnos óptimos se reducen. Este efecto es mucho más notable con valores altos del precio del pasto. Sin embargo parece que no es rentable realizar claras con el fin de aumentar la producción de pasto. Quizás bajo otras circunstancias, por ejemplo cuando el riesgo de incendio es considerado, la realización de claras fuertes que aumenten el período de pastoreo puedan resultar rentables. Teniendo en cuenta que el riesgo de incendio disminuye los turnos óptimos con el fin de evitar situaciones de riesgo para la masa arbolada (Pasalodos-Tato *et al.*, 2009), sería interesante conocer en qué medida los esquemas silvopastorales óptimos reaccionarían a la inclusión del riesgo de incendio, tanto en términos de reducción del turno de corta como en la realización de claras que potencien la producción de pasto. Estas cuestiones serán analizadas en siguientes estudios.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BURNER, D.M.; BRAUER, D.K., 2003. Herbage response to spacing of loblolly pine trees in a minimal management silvopasture in southeastern USA. *Agroforestry systems* **57**, 69-77.
- CASTEDO-DORADO, F.; DIÉGUEZ-ARANDA, U.; ÁLVAREZ GONZÁLEZ, J.G., 2007. A growth model for *Pinus radiata* D. Don stands in north-western Spain. *Annals of Forest Sciences* **64**, 453-465.
- HOOKE, R.; JEEVES, T.A. 1961. "Direct Search" solution of numerical and statistical problems. *Journal of the Association for Computing Machinery* **8**: 212-229.
- KNOWLES, R.L.; HORVATH, G.C.; CARTER, M.A.; HAWKE, M.F., 1999. Developing a canopy closure model to predict overstorey/understorey relationships in *Pradiata* silvopastoral systems. *Agroforestry systems* **43**, 109-19
- PASALODOS-TATO, M.; PUKKALA, T.; CASTEDO-DORADO, F., 2009. Models for the optimal management of *Pradiata* D. Don in Galicia (north-western Spain) under risk of fire. *Allgemeine Forst und Jagdzeitung*, **180 (11/12)**, 238-249.
- RIGUEIRO, A.; SILVA, F.J.; RODRÍGUEZ, R.; CASTILLÓN, P.A.; ÁLVAREZ, P.; MOSQUERA M.R.; GONZÁLEZ, M.P., 1998. *Manual de sistemas silvopastorales*. Universidad de Santiago de Compostela (eds).
- RIGUEIRO RODRÍGUEZ, A.; MOSQUERA LOSADA, M.R.; ROMERO FRANCO, R.; GONZÁLEZ HERNÁNDEZ, M.P.; VILLARINO URTIAGA, J.J.; LÓPEZ DÍAZ, M.L., 2002. *25 años de investigación en Galicia (NW España) sobre sistemas silvopastorales en prevención de incendios forestales*. EPS, Universidad de Santiago de Compostela.

## OPTIMIZATION ACCORDING ECONOMIC CRITERIA OF THE DESIGN OF SILVOPASTORAL SYSTEMS IN AGRICULTURAL ABANDONED LANDS IN GALICIA

### SUMMARY

Traditionally, timber production has been the main objective of forest management in Galicia because of the high productivity of its forests. However, factors such as the risk of fire and the need to obtain benefits sooner recommend considering new alternatives. Silvopastoral systems are an example of this. Integration of grazing in the forest in addition to diversify the products and benefits to be obtained reduces the risk of fire, favoring the fuel control. However, there are few studies analyzing the economic viability of these systems. The aim of this paper is the analysis of silvopastoral systems from the economic point of view on abandoned agricultural land planted with *Pinus radiata* D. Don. The technique used is based on the combination of an optimization algorithm and a simulator of the growth of trees and grass. The results show that the most

profitable schedules are obtained with initial planting densities of 1 500 trees per hectare and two thinnings. In all the study cases, the rotations are shorter than in the case of purely timber production schedules.

**Keywords:** *Pinus radiata* , simulation, economic profitability

# EFECTO DEL TIPO DE FERTILIZANTE SOBRE EL PH, LA PRODUCCIÓN Y EL CONTENIDO EN POTASIO Y FÓSFORO EN UN SISTEMA SILVOPASTORAL DE *PINUS PINASTER* AITON

M.R. MOSQUERA-LOSADA, V. ARGIBAY y A. RIGUEIRO-RODRÍGUEZ \*

## RESUMEN

El empleo de sistemas silvopastorales y el uso lodos de depuradora urbana en agricultura están promovidos en la actualidad a escala europea. Una de las principales ventajas del uso de sistemas silvopastorales en terrenos forestales de Galicia es el empradizamiento del sotobosque que reduce el riesgo de incendios. Este empradizamiento se produce, entre otras causas, por las prácticas de fertilización que confieren ventajas competitivas a las especies herbáceas en comparación con las arbustivas. En los últimos años se está elevando el uso de lodos de depuradora urbana como fertilizante en Galicia debido a su más que aceptable contenido en nutrientes y el encarecimiento de los abonos inorgánicos. El valor fertilizante del residuo depende del proceso de estabilización al que es sometido una vez se genera en la depuradora. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto del lodo de depuradora urbana tratado mediante digestión anaerobia, compostaje y secado térmico sobre los cambios químicos que se producen en el suelo (pH), así como, la producción y la calidad de pasto en comparación con los tratamientos de control (no fertilización y fertilización mineral) en un sistema silvopastoral establecido en terreno agrícola abandonado repoblado con *Pinus pinaster* Aiton y donde se estableció una pradera. Los resultados mostraron que el lodo compostado incrementó el pH, pero no modificó la producción de pasto debido a la falta de precipitaciones acaecida en los años de estudio. Sin embargo, el aporte de lodo compostado mejoró los niveles de fósforo y potasio en el pasto, mientras que el lodo peletizado incrementó la concentración de potasio en mayor medida en el pasto en comparación con los otros tratamientos.

**Palabras clave:** abono mineral, lodo anaeróbico, lodo compostado, lodo peletizado.

## INTRODUCCIÓN

Los sistemas silvopastorales son un tipo de manejo del territorio potenciado por la Unión Europea en el último documento de desarrollo rural a través de pagos directos. El manejo adecuado de este tipo de sistemas debe optimizar la producción conjunta de pasto y arbolado de tal forma que se incremente la rentabilidad por unidad de superficie a la vez que

---

\* Departamento de Producción Vegetal. Escuela Politécnica Superior. Universidad de Santiago de Compostela. 27002- Lugo. [mrosa.mosquera.losada@usc.es](mailto:mrosa.mosquera.losada@usc.es) [antonio.rigueiro@usc.es](mailto:antonio.rigueiro@usc.es)

se reducen los posibles efectos negativos sobre el medio ambiente (Mosquera-Losada *et al.*, 2010).

Una de las actividades más frecuentes realizadas por el gestor último del territorio en este tipo de sistemas es la fertilización (Mosquera-Losada *et al.*, 1999). Una fertilización adecuada debe suministrar al cultivo o cultivos que se establecen sobre un suelo un nivel de nutrientes que permita su adecuado desarrollo del mismo. En general, una vez realizado el análisis de suelo y conocidos los requerimientos del cultivo, el tipo de abono a aportar debe ser decidido en base al precio del fertilizante. En los últimos años el encarecimiento de los fertilizantes minerales o inorgánicos ha conducido a muchos agricultores a la búsqueda de alternativas más económicas y de fácil disponibilidad. Los lodos de depuradora urbana son un tipo de residuo cuya producción se ha incrementado mucho en los últimos años como consecuencia de la implementación de la Directiva Europea 91/271/CEE. En Galicia, la dispersión de los núcleos de población (que suponen el 50% de todos los de España) hace que el acceso a este tipo de residuos esté garantizado y que su destino mayoritario sea el uso agrícola. Además del cálculo de la dosis a aportar basado en la disponibilidad edáfica de nutrientes y las necesidades del cultivo, el empleo de lodos de depuradora urbana debe tener en cuenta la tasa de mineralización del residuo, que depende del tipo de estabilización llevada a cabo durante el proceso final de acondicionamiento del lodo (EPA, 1994). En general, las formas de estabilización de este residuo promovidas para su uso en agricultura son la digestión anaeróbica y el compostaje por su grado de estabilización que generan menor contaminación por nitratos que la estabilización mediante digestión aerobia. Sin embargo, estos procesos conducen a la producción de lodos con elevados niveles de agua que incrementan los costes de transporte y almacenamiento. Es por ello que el secado térmico o la peletización es un proceso que se emplea cada vez más en grandes ciudades al final de la línea de estabilización de lodos. Además es importante destacar que debido al mayor contenido en metales pesados de los lodos que de los suelos el uso de este residuo como fertilizante está regulado en España por el Real Decreto 1310/1990 que establecen unos valores límite de concentración de metales pesados en el suelo y en el lodo.

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto del lodo de depuradora urbana estabilizado mediante digestión anaerobia, compostaje y secado térmico (peletizado), sobre los cambios químicos que se producen en el suelo, así como, la producción y la calidad de pasto en un sistema silvopastoral establecido con *Pinus pinaster* Aiton, la especie forestal que más territorio ocupa en Galicia.

## MATERIAL Y MÉTODOS

El ensayo se estableció en una finca agrícola abandonada ubicada a una altitud de 550 m sobre el nivel del mar en la localidad de Baltar (A Pastoriza, Lugo). El estudio se inició en el año 2004 con las labores de preparación de la finca a las que le siguió en diciembre del año 2004 el establecimiento de una pradera mediante siembra a voleo de *Dactylis glomerata* L. var. Artabro ( $12,5 \text{ kg ha}^{-1}$ ), *Lolium perenne* L. var. Brigantia ( $12,5 \text{ kg ha}^{-1}$ ) y *Trifolium repens* L. var. Huia ( $4 \text{ kg ha}^{-1}$ ). En febrero del año 2005 se plantó planta de *Pinus pinaster* Aiton en contenedor a una densidad de 1333 pies por hectárea (marco de plantación de 3 x 2,5 m).

El ensayo siguió un diseño de bloques al azar con 3 repeticiones y 5 tratamientos distribuidos en unidades experimentales rectangulares de  $120 \text{ m}^2$ , cada una con 25 árboles (5x5 pies). Los tratamientos establecidos fueron: (a) no fertilización (NF); (b) fertilización mineral (MIN) durante los tres años de duración de la experiencia, y que consistió en la aplicación de  $500 \text{ kg ha}^{-1}$  de 8:24:16 al principio de la estación de crecimiento (primavera); (c) fertilización con lodo digerido anaeróbicamente (ANA) con un aporte total de  $320 \text{ kg N}$



ha<sup>-1</sup> antes de la siembra del pasto; (d) aplicación de lodo compostado (COM) con un aporte total de 320 kg N ha<sup>-1</sup> antes de la siembra del pasto y (e) aplicación de lodo desecado y peletizado (PEL) que implica una aportación de 320 kg N ha<sup>-1</sup>, repartido de forma que se aplican 134 kg N ha<sup>-1</sup> antes de la siembra del pasto en el año 2004 y 93 kg N ha<sup>-1</sup> a finales de los años 2005 y 2006. Todos los lodos cumplían con los requerimientos normativos para su empleo en agricultura (*Tabla 1*).

**Tabla 1 Propiedades químicas de los lodos empleados en este estudio y límites normativos establecidos por la directiva europea 86/278 y española R.D. 1310/1990.**

Los límites dependen del pH del suelo receptor (límite mínimo: pH<7, límite máximo: pH>7)

Parámetros	Lodo anaeróbico	Lodo compostado	Lodo peletizado	Límites normativos
Dry matter (%)	29,47	65,19	95,4	
pH	7,25	7,28	7,25	
N (g kg <sup>-1</sup> )	26,2	8,8	35,5	
P (g kg <sup>-1</sup> )	21,4	3,9	10,7	
K (g kg <sup>-1</sup> )	1,9	2,7	1,8	
Ca (g kg <sup>-1</sup> )	6,0	49,8	60,6	
Mg (g kg <sup>-1</sup> )	4,5	14,7	12,4	
Na (g kg <sup>-1</sup> )	1,0	0,4	0,7	
Fe (g kg <sup>-1</sup> )	19,6	12,8	141,5	
Cr (mg kg <sup>-1</sup> )	92,3	3,9	16,6	1000-1500
Cu (mg kg <sup>-1</sup> )	238,5	121,2	136,1	1000-1750
Ni (mg kg <sup>-1</sup> )	69,5	95,3	91,9	300-400
Zn (mg kg <sup>-1</sup> )	1752,3	753,1	1130,4	2500-4000
Cd (mg kg <sup>-1</sup> )	14,4	<0,01	<0,01	20-40
Pb (mg kg <sup>-1</sup> )	281,1	104	58,5	750-1200
Mn (mg kg <sup>-1</sup> )	248,3	90,5	108,8	

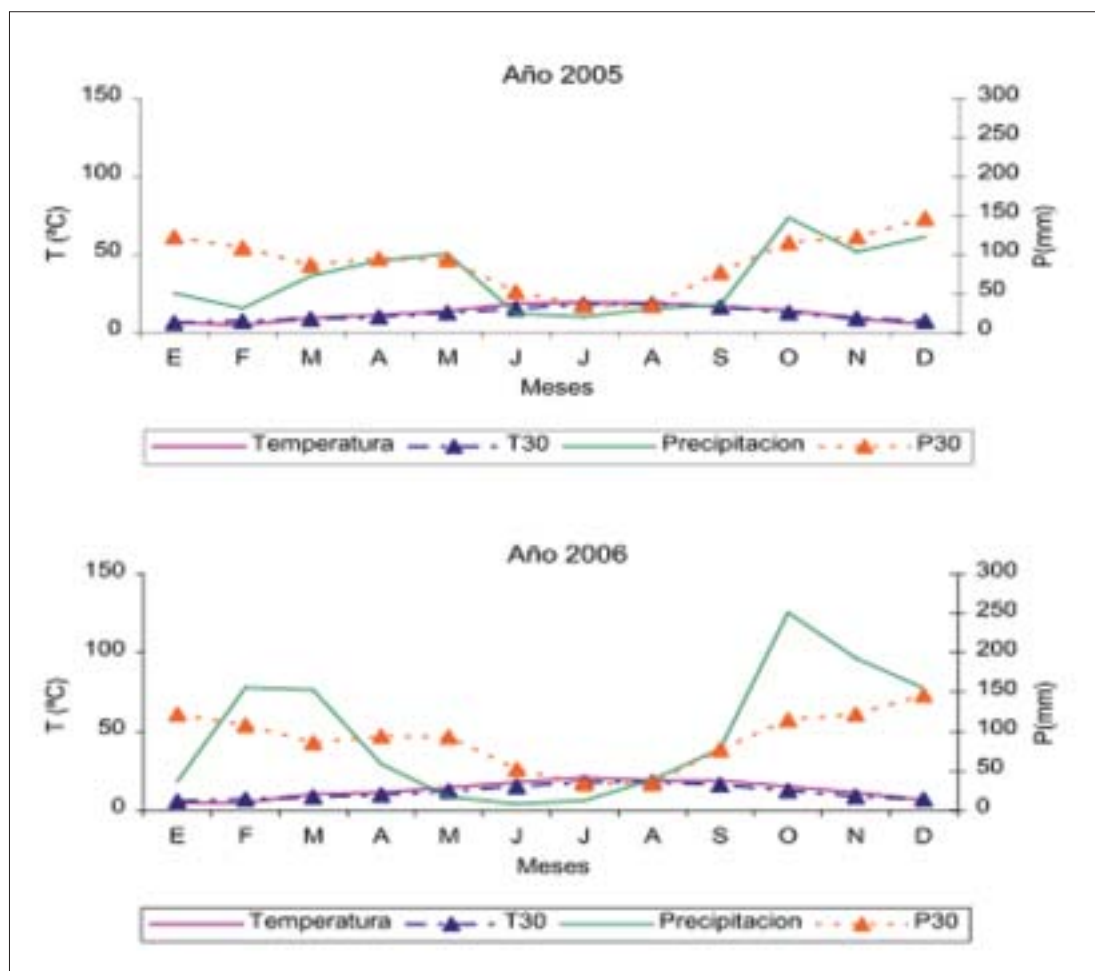
Los lodos de depuradora urbana estabilizados por medio de tratamientos de digestión anaerobia, compostaje y secado térmico fueron facilitados por las plantas depuradoras de aguas residuales de Lugo, Valladolid y Madrid, respectivamente. El cálculo de las cantidades necesarias de lodo se realizó en función del porcentaje de N total y el contenido en materia seca del lodo (EPA, 1994).

Las muestras de suelo se recogieron a principios de los años 2006 y 2007 mediante el empleo de una sonda a una profundidad de 25 cm (R.D. 1310/1990). En el laboratorio, el pH del suelo se determinó en KCl (Gutián y Carballás, 1976). Para determinar la producción de pasto se recogieron en agosto y diciembre del año 2005 y en junio y diciembre del año 2006 cuatro muestras de pasto por parcela de forma aleatoria mediante el empleo de un cuadrado de superficie 0,3 x 0,3 m<sup>2</sup>, cortando la hierba con una cizalla manual a pilas y dejando una altura residual de unos 2,5 cm aproximadamente. Posteriormente, dos de las muestras fueron secadas durante 48 horas a 60 °C y pesadas para estimar la producción de pasto. La concentración de potasio del pasto fue determinada mediante digestión por microondas y posterior espectrofotometría de absorción atómica (CEM, 1994), mientras que el fósforo fue analizado después de realizar una digestión Kjeldhal, determinándose por colorimetría mediante el uso de un autoanalizador de flujo continuo TRAACS 800+.

Los datos obtenidos se analizaron mediante el empleo de ANOVA y las diferencias entre medias fueron mostradas por el test LSD utilizando el paquete estadístico SAS (SAS, 2001).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la *figura 1* se puede observar el diagrama ombrotérmico de los años 2005 y 2006 en comparación con la media de los últimos 30 años. Tanto el año 2005 como el año 2006 resultaron presentar escasas precipitaciones, ya que en el año 2005 la precipitación media mensual fue menor mes a mes a la precipitación media mes a mes de los últimos 30 años, si exceptuamos los meses de Mayo y Octubre en que este valor fue ligeramente superior. En el año 2006 esta situación se invirtió en los períodos de febrero a abril y de septiembre a diciembre, pero hubo una sequía muy prolongada por la escasez de lluvias entre mayo y septiembre.



*Figura 1:* Diagramas ombrotérmicos de la zona de estudio, donde T: temperatura media mensual (°C), P: precipitación media mensual (mm), T30: temperatura media durante los 30 últimos años y P30: precipitación media durante los 30 últimos años.

Los valores del pH en KCl en el año 2006 y 2007 resultaron verse significativamente afectados por los tratamientos aplicados ( $p < 0,05$ ). En general, todas las parcelas mostraron un pH ácido (inferior a 7) independientemente del tratamiento. Tanto en el año 2006 como en el año 2007 nos encontramos que el aporte de lodo compostado incrementó los niveles de pH en KCl en el suelo de forma significativa (*Figura 2*) lo que se puede justificar por los mayores aportes de calcio con el lodo compostado ( $183,58 \text{ kg Ca ha}^{-1}$ ) en comparación con el lodo anaeróbico ( $9,05 \text{ kg Ca ha}^{-1}$ ) y el lodo peletizado ( $77,67 \text{ kg Ca ha}^{-1}$ ) ya

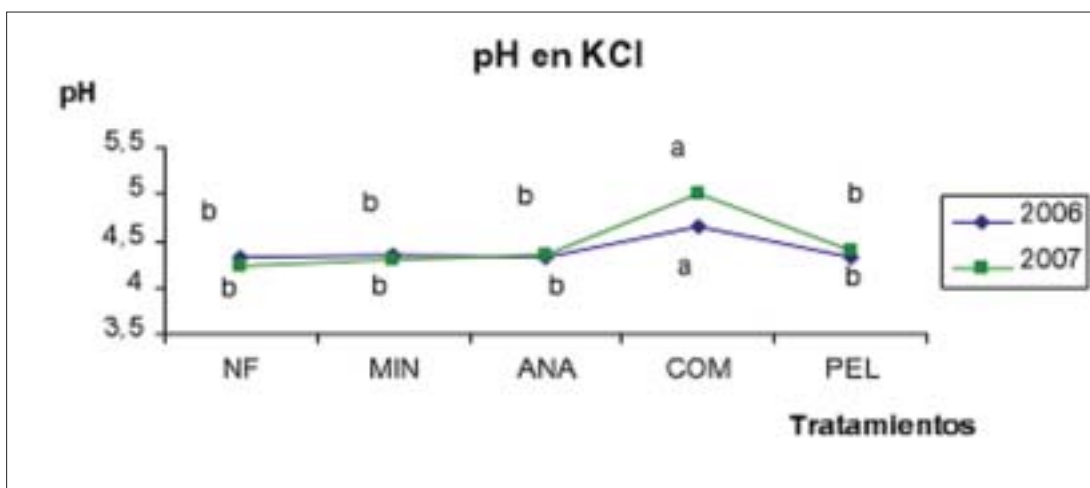


Figura 2: Relación de pH medido en agua (superior) y pH medido en KCl (inferior) en el año 2006 y 2007. Donde: NF: no fertilización, MIN: mineral; ANA: lodo anaeróbico; COM: lodo compostado y PEL: lodo peletizado. Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos dentro de cada año

que la concentración de calcio es mayor en el lodo compostado y las dosis a aportar del residuo estabilizado mediante compostaje es superior a la necesaria con los otros tipos de lodo (Mosquera-Losada *et al.*, 2010; EPA, 1994). Resultados similares fueron encontrados en la zona en estudios desarrollados en praderas (Fernández-Sconcia, 2008) y en sistemas silvopastorales establecidos con *Fraxinus excelsior* (Rigueiro-Rodríguez *et al.*, 2010).

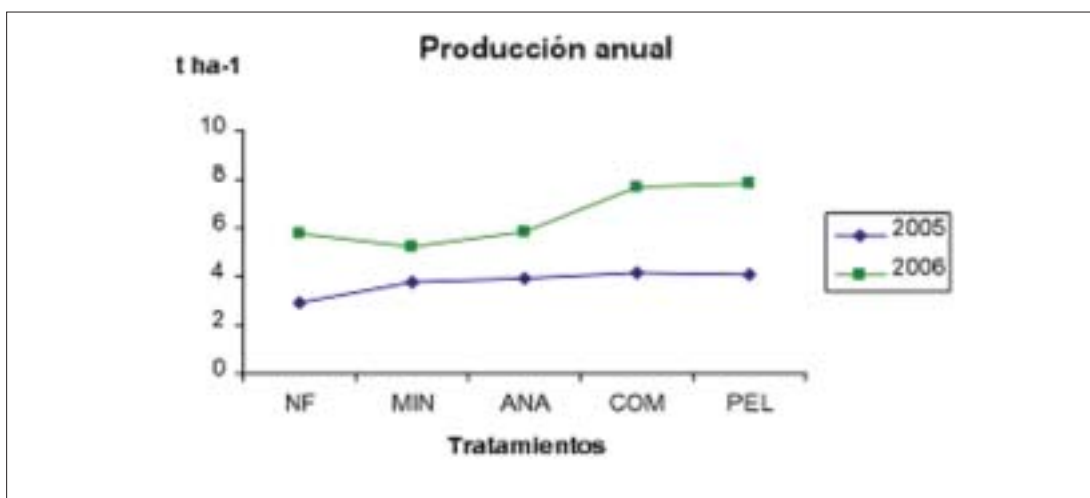


Figura 3: Producción anual de pasto, expresada t h-1, obtenida en cada tratamiento realizado durante los años 2005- 2006. Donde: NF: no fertilización, MIN: mineral; ANA: lodo anaeróbico; COM: lodo compostado y PEL: lodo peletizado.

En la figura 3 puede verse la producción anual de pasto en la que se comprueba que no hay diferencias significativas entre tratamientos debido probablemente a las condiciones meteorológicas del año de estudio, que limitaron el crecimiento del pasto y por lo tanto la respuesta a la fertilización aportada. La mala distribución de la precipitación sobre todo la asociada a los meses estivales, ya ha sido descrita como uno de los principales limitantes de la producción de pasto de la zona española (Mosquera-Losada *et al.*, 1999).

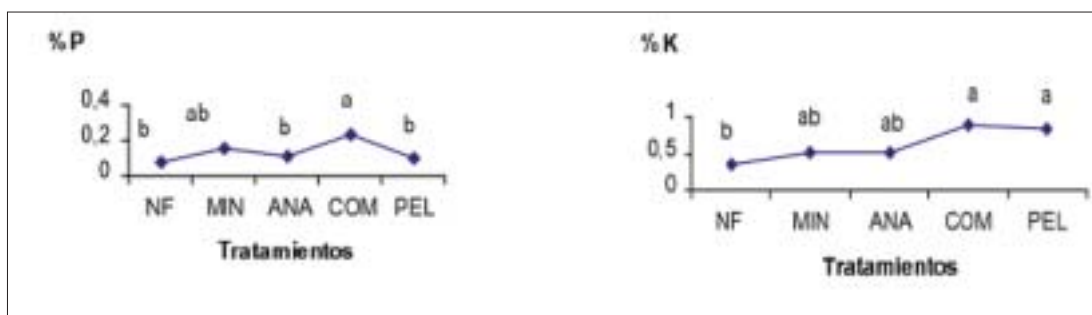


Figura 4: Niveles de fósforo y potasio en el otoño del año 2006. Donde: NF: no fertilización, MIN: mineral; ANA: lodo anaeróbico; COM: lodo compostado y PEL: lodo peletizado.

Los niveles de fósforo y potasio en el pasto se vieron mejorados por el aporte de lodo compostado, tratamiento que presentaba los valores más altos de pH y que provocó una mejora de la disponibilidad de los nutrientes en comparación con el testigo. El aumento de pH en los suelos ácidos incrementa la disponibilidad de fósforo (Mosquera *et al.* 1999). El lodo peletizado también mejoró los niveles de potasio en pasto, quizás por su distribución dosificada que evitó su pérdida por lavado.

## CONCLUSIONES

De los tipos de lodo usados en este estudio, el lodo compostado es el que incrementa en mayor medida el pH del suelo y los niveles de fósforo y potasio en el pasto cuando las condiciones meteorológicas así lo permiten.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CEM, 1994. *Microwave digestion applications manual*. CED. San Francisco ( USA).
- EPA (Environmental Protection Agency), 1994. *Land application of sewage sludge. A guide for land appliers on the requirements of the federal standards for the use and disposal of sewage sludge, 40 CFR Part 503*. Environment Protection Agency, 105 pp. Washington, DC (USA).
- FERNÁNDEZ-SCONCIA, A., 2008. *Empleo de lodo de depuradora urbana estabilizado mediante digestión anaeróbica, compostaje y secado térmico como fertilizante en praderas*. Proyecto fin de carrera. Escuela Politécnica Superior de Lugo. Universidad de Santiago de Compostela (Spain).
- GUITIÁN, F.; CARBALLÁS, T., 1976. *Técnicas de análisis de suelos*. Ed. Pico Sacro, 288 pp. Santiago de Compostela (Spain).
- MOSQUERA-LOSADA, M.R.; MUÑOZ-FERREIRO, N.; RIGUEIRO-RODRÍGUEZ, A., 2010. Agronomic characterisation of different types of sewage sludge: Policy implications. *Waste Management* **30**, 492-495
- MOSQUERA-LOSADA, M. R.; RIGUEIRO-RODRÍGUEZ, A., GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ A., 1999. *Ecología y manejo de praderas*. Ed. Ministerio de Agricultura, pesca y alimentación, 199 pp. Santiago de Compostela (Spain).
- RIGUEIRO-RODRÍGUEZ, A., FERREIRO-DOMÍNGUEZ, N.; MOSQUERA-LOSADA, M.R., 2010. The effects of fertilization with anaerobic, composted and pelletized sewage sludge on soil, tree growth, pasture production and biodiversity in a silvopastoral system under ash (*Fraxinus excelsior* L.) *Grass and Forage* **65(2)**, 248-259.
- SAS, 2001. *SAS/Stat User´s Guide: Statistics*. Ed. SAS Institute Inc. Cary, NC (USA).
- WHITEHEAD, D.C., 1995. *Grassland Nitrogen*. CAB International, 416 pp. Wallingford (UK).

## EFFECT OF THE FERTILIZER TYPE ON SOIL PH, PRODUCTION, AND THE CONCENTRATION OF PHOSPHOROUS AND POTASSIUM IN A PINUS PINASTER AITON SILVOPASTORAL SYSTEM

### SUMMARY

Nowadays, silvopastoral system implementation and the use of sewage sludge as fertilizer in agriculture are promoted by European Directives. One of the main advantages of the use of silvopastoral systems in forestlands of Galicia is the establishment of an herbaceous understorey, which reduces fire risk. The herbaceous layer is promoted by fertilization practices performed in this kind of systems, which enhances herbaceous species competitiveness when compared with shrubby species. In the last years, the use of sewage sludge as fertilizer in Galicia is increasing due to its acceptable nutrient content and the increase of inorganic fertilizer prices. The fertilizer value of sewage sludge depends on the stabilisation process that takes place in the waste management plant. This study aims at evaluating the effect of different stabilised types of sewage sludge (anaerobic, composting and pelletization) on the soil pH, pasture production and quality compared with two control treatments (lack of fertilization and mineral fertilization) in a silvopastoral system established in an abandoned agricultural land afforested with *Pinus pinaster* Aiton after pasture sowing. Main results showed that composted sewage sludge increased soil pH but did not modify pasture production due to the lack of precipitation happened during the evaluated years. However, composted sewage sludge inputs improved the levels of phosphorous and potassium in the pasture, while pelletized sludge increased the potassium pasture compared with the other treatments.

**Keywords:** inorganic fertilizer, anaerobic digestion, composting and pelletization.



# EFFECTOS DE LA GESTIÓN DEL SISTEMA SILVOPASTORAL DEL MONTE PINAR GRANDE (SORIA) SOBRE LA PRODUCCIÓN DE HONGOS SILVESTRES COMESTIBLES

F. MARTÍNEZ-PEÑA<sup>1</sup>, R. ALONSO PONCE<sup>1</sup>, J. ALDEA<sup>1</sup>, T. ÁGREDA<sup>1</sup>, L.M. FERNÁNDEZ-TOIRÁN<sup>2</sup> y S. ROIG<sup>3</sup>

## RESUMEN

El 95% de las plantas vasculares se asocian simbióticamente con especies fúngicas. Los hongos silvestres comestibles constituyen en muchas regiones una fuente creciente de recursos económicos que, convenientemente gestionados, favorecen el desarrollo rural de áreas forestales deprimidas. Los avances científicos de los últimos años permiten perfeccionar los criterios selvícolas y culturales de forma que se mejore y conserve la producción y diversidad fúngica de nuestros montes. La gestión de un sistema silvopastoral y en particular, la gestión pascícola, debe considerar los efectos sobre la comunidad fúngica de forma que se optimicen todos los beneficios socioeconómicos y ecológicos del sistema. El trabajo sintetiza la experiencia acumulada en 16 años de estudio en el sistema silvopastoral del monte Pinar Grande (Soria).

**Palabras clave:** gestión forestal, pascicultura, pastoreo en montes arbolados,

## INTRODUCCIÓN

### Importancia del recurso fúngico

El 95% de las plantas vasculares viven asociados simbióticamente con especies fúngicas. Estos hongos proporcionan grandes beneficios a los árboles, ya que facilitan la captación de agua y nutrientes, generan de hormonas de crecimiento o protegen frente a patógenos (Smith y Read, 1997). La importancia económica y social alcanzada por los hongos forestales en los últimos años ha generado una fuerte demanda social de información alrededor de este recurso forestal (Boa, 2004). En algunas regiones como Castilla y León, la producción media potencial generada por los hongos silvestres comestibles se ha valorado en 91 millones de €/año, pudiendo llegar a triplicarse este valor en años buenos. En la actualidad, la recolección de setas implica al 54% de la población rural, estimándose en años de buena producción una generación potencial de rentas de 65 millones de euros (Martínez-Peña *et al.*, 2007). En Cataluña se ha constatado que el valor esperado del suelo de algu-

<sup>1</sup> Centro de Investigación Forestal de Valonsadero, JCYL. Apdo. correos 175. 42080 Soria.

<sup>2</sup> Escuela Universitaria de Ingenierías Agrarias, Universidad de Valladolid, Campus Duques de Soria, 42005 Soria.

<sup>3</sup> ECOGESFOR. Universidad Politécnica de Madrid. 28040 Madrid

nos montes generado por el recurso micológico es entre cuatro y diez veces superior al generado por las cortas de madera (Palahí *et al.* 2009). Resulta por tanto pertinente proponer y transmitir a los gestores forestales criterios de manejo de los bosques que tengan en cuenta las condiciones ideales de desarrollo tanto de plantas vasculares como de los hongos silvestres, especialmente en un contexto de cambio climático.

### Factores que condicionan la fructificación

Son numerosos e interrelacionados los factores que condicionan la presencia y fructificación de las diferentes especies fúngicas. Se trata tanto de variables bióticas ligadas principalmente a la fitocenosis, como abióticas relacionadas fundamentalmente con el edafoclima, el suelo y la fisiografía (Martínez Peña *et al.*, 2004; Bonet *et al.*, 2010). La composición, la edad y la estructura de las formaciones vegetales determinan el cortejo fúngico, ya que las plantas constituyen los hábitats y fuentes de energía para la mayoría de las especies de hongos que siempre presentan algún grado de especificidad por el hospedante o el tipo de sustrato (Wästerlund y Ingelög, 1981; Termorshuizen y Schaffers, 1991).

Paralelamente, en el suelo se producen notables variaciones, tanto en el nivel de nutrientes de las raíces (Strullu, 1991), como en la temperatura (Ballard, 2000), la capacidad de retención de agua y la porosidad (Jones *et al.*, 2003). Todos estos cambios tienen una influencia notable sobre los organismos del suelo, provocando variaciones en la abundancia y diversidad fúngica (Wästerlund y Ingelög, 1981; Peredo *et al.*, 1983; Kranabetter *et al.*, 2005) y por tanto en todos los procesos ecológicos en los que se ven implicados. Otras variables edáficas relativas a la química, física y estructura del suelo, pueden ser limitantes para muchos hongos, como ocurre con *Tuber melanosporum* (Reyna Domenech, 2007).

La fisiografía, principalmente por sus efectos sobre el edafoclima y la fitocenosis, condiciona la presencia de muchos hongos. Así, *Hygrophorus marzuolus*, especie orófila, prefiere las topografías de ladera, evitando las áreas de vaguada con encharcamiento (Altelaarrea Martínez y Martínez-Peña, 2007). Finalmente, el impacto humano derivado de la contaminación, la sobreexplotación del recurso, el pastoreo, entre otros, pueden determinar la composición de dichas micocenosis (Termorshuizen y Schaffers, 1991).

### Gestión pascícola y producción fúngica

La gestión encaminada a la promoción de especies herbáceas (con vistas al aprovechamiento ganadero, por ejemplo) pueden constituir un severo inconveniente para la producción fúngica, ya que se trata en su mayoría de plantas no ectomicorrícicas (Wiensczyk *et al.*, 2002). Estas actuaciones pueden conllevar además la regresión de especies arbustivas ectomicorrícicas o debilitar las conexiones entre masas arbóreas adyacentes que facilitan dichos matorrales, con la consecuente pérdida de productividad fúngica en el ecosistema. Si las actuaciones (adehesamientos, roturaciones, etc.), además, se realizan de manera brusca, serán aún más perniciosas para la comunidad micorrícica, ya que no tendrá tiempo para encontrar nuevos hospedantes.

Una excepción a ello lo constituyen los pastizales orientados a la producción de hongos saprobios de alto interés comercial como *Pleurotus eryngii* o *Calocybe gambosa* (Oria De Rueda *et al.*, 2008), cuyo aprovechamiento es perfectamente compatible con el ganadero. De hecho, como ocurre con especies de los géneros *Agaricus* o *Coprinus*, puede incluso verse beneficiado por una intensa actividad ganadera, ya que un pasto eficazmente controlado permite un mejor desarrollo de los carpóforos y facilita su recogida.

En todo caso, las intervenciones encaminadas a la creación de rasos en una masa arbolada para fomentar el pastizal deberán tener carácter discontinuo y en pequeñas superficies (del orden de 1 ha o inferiores), lo cual favorece la diversidad de ambientes foresta-



les, que a su vez mantiene simultáneamente una fuente de inóculo suficiente para sostener la producción y contribuye a la promoción de la diversidad fúngica de manera poco onerosa (Oria De Rueda *et al.*, 2008).

Aunque no es una práctica muy habitual en el medio forestal, la aplicación de fertilizaciones nitrogenadas han demostrado o no tener influencia sobre la producción de carpóforos de hongos ectomicorrícicos de interés económico o bien tenerla negativa (Oria De Rueda *et al.*, 2008; Termorshuizen, 1993). Sin embargo, para algunas especies de poco valor económico (*Paxilus involutus*, *Lactarius rufus* y algunas especies de la familia *Thelephoraceae* y *Corticaceae*) la fertilización sí parece haber tenido efectos positivos (Peter *et al.*, 2001).

## MATERIAL Y MÉTODOS

La labor del CIF Valonsadero se ha centrado durante casi dos décadas, entre otros aspectos, en la valoración de la productividad micológica y la diversidad de carpóforos (véase, por ejemplo, Ortega-Martínez y Martínez-Peña 2008). El dispositivo experimental cubre todas las clases de edad de masas de *Pinus pinaster* y *Pinus sylvestris*, y abarca tanto el área de la comarca de Pinares de Almazán como la de Pinares de Soria-Burgos.

Un perfecto representante de esta última es Pinar Grande, monte de utilidad pública de algo más de 12.000 ha situado en la parte septentrional del Sistema Ibérico. De orografía suave, se encuentra a una altitud entre 1097 y 1543 m. Los pinares de *Pinus sylvestris* constituyen el 70% del total de la masa y aparecen preferentemente en los fondos de los valles (cañadas) y en las laderas de umbría; las masas de *Pinus pinaster* ocupan las zonas de divisoria de cuencas y laderas de solana. El estrato arbustivo está constituido principalmente por brezales mesohigrófilos de *Erica vagans*, que forman manchas más o menos extensas en las zonas de vaguada. En las zonas cacuminales y parte alta de las laderas predominan los brezales de *Erica arborea* y *Erica australis*. Los suelos son pardos ácidos, ferrilúvicos o ferriargilúvicos, con pH ácido, textura de arenosa a franca-arenosa y escasas capacidad de retención de agua y fertilidad. La precipitación anual ronda los 800 mm y la temperatura media anual los 8°C. El aprovechamiento principal es la producción de madera para lo cual lleva 103 años ejecutándose el proyecto de ordenación forestal con turnos de corta de 100 años y periodos de regeneración de 20 años. El monte alberga una importante cabaña ganadera, principalmente bovina (con presencia caballar y ovino), con una superficie abierta al pastoreo continuo o libre de 6.500 ha (pastoreo en montes arbolados). El periodo de estancia varía entre los 9 y los 12 meses al año. Según datos de la última revisión del monte la carga ganadera oscila entre 11 y 12 UGM/km<sup>2</sup>, sin contar con las especies cinegéticas de corzo y jabalí.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Pinar Grande presenta una elevada diversidad de macromicetes epigeos, con un total de 119 taxones pertenecientes a 51 géneros, principalmente de la división Basidiomycota. Los géneros *Russula*, *Cortinarius*, *Tricholoma*, *Amanita*, *Collybia*, *Cystoderma*, *Hebeloma*, *Mycena* y *Suillus*, aportaron más del 50% de los taxones. El 60,5% de los taxones son micorrícicos y el 39,5% saprobios, lo que indica que estos bosques no presentan alteración en el sentido descrito por Fellner.

La producción media de carpóforos se ha estimado en 152 kg/ha, de los que el 93,4% correspondió a especies micorrícicas y el 6,6% restante a especies saprobias (Figura 1). El 98,2% de la biomasa fúngica fue aportada por una veintena de especies, entre las que se encuentran por orden de importancia productiva: *Boletus edulis* (26,6%), *Amanita muscaria* (8,6%), *Russula sardonia* (7,1%), *Suillus luteus* (6,9%) y *Lactarius deliciosus* (6,5%). Esta producción de carpóforos presenta una acusada variabilidad interanual, registrándose años 14 veces más productivos que otros (Martínez-Peña, 2008).

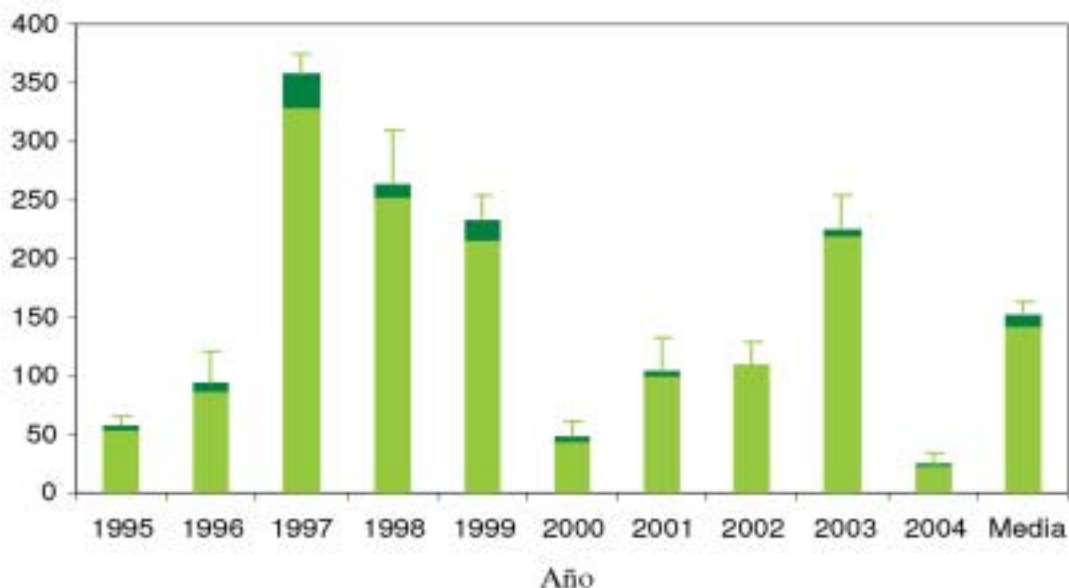


Figura 1. Producción media estratificada (kg/ha) del total de macromicetes, en las cañadas de Pinar Grande, para el decenio 1995-2004 y el año medio. En verde claro se representa la producción de micorrízicos y en verde oscuro los saprobios. Las barras de error representan la desviación típica de la media estratificada.

Pinar Grande se ordenó en 1907 y la gestión aplicada ha conducido en la actualidad a un mosaico de masas regulares. Desde los años 50 del siglo xx, el sistema de regeneración aplicado en estos bosques ha sido la corta a hecho, con movimiento de suelo y ayuda a la regeneración natural mediante siembras. Los laboreos del suelo fueron especialmente intensos en las zonas de vaguada (área de Las Cañadas), con el fin de favorecer el drenaje y reducir el encespedamiento que dificulta la regeneración (Lucas, 1995). Tras la corta a hecho, las raíces y micorrizas del estrato arbóreo dejan de ser funcionales y por ello se produce un descenso brusco en la producción de carpóforos micorrízicos (Kardell y Eriksson, 1987; Ohenoja, 1988). Parámetros como el tamaño de la corta, la proximidad a otras masas adultas adyacentes y la regeneración del área antes de la primavera posterior a la corta, resultan ser claves para la recuperación de la comunidad fúngica ectomicorrízica (Wiensczyk *et al.*, 2002).

Por otro lado, estos mismos autores (Wiensczyk *et al.*, 2002) han puesto de manifiesto la importancia de conservar en las cortas de regeneración aquellas plantas que puedan servir de refugio de inóculo de micorrizas y otros propágulos fúngicos, para los futuros regenerados que allí se establezcan. Se consideran plantas refugio de especial relevancia en esta zona, aquellas de las familias *Cistaceae*, *Ericaceae* y *Fagaceae*. Igualmente, señalan que la regeneración adelantada también funciona como refugio de propágulos fúngicos y no es conveniente su eliminación en los tramos de corta.

Los pastos herbáceos más productivos se localizan en las zonas de vaguada y están constituidos por herbáceas edafohigrófilas. La comunidad vegetal presenta un fuerte encespedamiento, con predominio de las plantas gramíneas cespitosas como *Nardus stricta* L., *Danthonia decumbens* (L.) DC., *Festuca gr. rubra* L., *Agrostis* spp., *Molinia caerulea* L., etc. Las leguminosas (*Trifolium* spp., *Lotus* spp.), aunque presentes, suelen ser escasas. La producción pascícola es relativamente alta, de unos 2.000-3.500 kg/ha·año de M.S. El ganado mejora las condiciones de palatabilidad de estos pastos, además de modificar su composición específica, lo que permite la entrada de especies de la clase *Molinio-Arrhenatheretea* más productivas y nutritivas.

La reducción consecutiva de la densidad arbórea en esta etapa y el efecto del pastoreo van configurando en muchas zonas, y en particular en las de vaguada, la formación de pastos herbáceos de buena producción, constituidos por herbáceas edafohigrófilas fuertemente encespadas con predominio de las plantas graminoides cespitosas. Como consecuencia, estas zonas albergan una importante cabaña ganadera, cuyos efectos sobre la comunidad fúngica son diversos. De una parte, el papel del ganado y fauna silvestre en general como vectores de propagación de muchos hongos ha sido puesto de manifiesto en numerosas ocasiones (Fogel y Trappe, 1978; Maser, 1978). Además, la presencia de ganado puede ser imprescindible para la existencia de determinadas especies de saprobios coprófilos. Por el contrario, el consumo de carpóforos por parte del ganado disminuye la producción micológica recolectable. En Pinar Grande esta producción consumida por el ganado alcanza el 7% del total para la especie de mayor interés, *B. edulis* (Ortega-Martínez y Martínez Peña, 2008), mientras que para *Lactarius deliciosus* oscila entre el 12 y 14 % de la producción total. Por último, una gran carga ganadera puede provocar un pisoteo excesivo del terreno, con consecuencias negativas sobre la producción de macrohongos (Egli *et al.*, 2006).

Finalmente, las técnicas de mejora de pastos también pueden tener notable influencia sobre la micocenosis y en especial sobre los hongos micorrícicos. Así, una enmienda caliza podría desplazar especies fúngicas acidófilas, como *Boletus edulis*, de gran importancia en este monte. De igual forma, como ya se ha comentado, la fertilización nitrogenada puede provocar un descenso de la producción fúngica a medio plazo (Termorshuizen, 1993).

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALTELARREA MARTÍNEZ, J.M., MARTÍNEZ-PEÑA, F., 2007. Dinámica de la producción de carpóforos, presión recolectora y aprovechamiento del hongo ectomicorrícico comestible *Hygrophorus marzuolus* en Pinar Grande (Soria). *Boletín Micológico de Fancal* **2**: 147-159.
- BALLARD, T.M., 2000. Impacts of forest management on northern forest soils. *For. Ecol. Manag.* **133**: 37-42.
- BOA E., 2004. *Wild edible fungi: a global overview of their use and importance to people*. FAO, Roma, 161 p.
- BONET J.A., PALAHÍ M., COLINAS C., PUKKALA T., FISCHER C.R., MIINA J., MARTÍNEZ DE ARAGÓN J. 2010. Modelling the production and species richness of wild mushrooms in pine forest of the Central Pyrenees in northeastern Spain. *Canadian Journal of Forest Research*. **40**: 347-356.
- EGLI S., PETER M., BUSER C., STAHEL W., AYER F., 2006. Mushroom picking does not impair future harvest - results of a long-term study in Switzerland. *Biological Conservation* **129**, 271-276.
- FOGEL R., TRAPPE, JM, 1978. Fungus consumption (mycophagy) by small animals. *Northwest Science* **52**: 1-31.
- JONES, M.D., DURALL, D.M., CAIRNEY, J.W.G., 2003. Ectomycorrhizal fungal communities in young forest stands regenerating after clearcut logging. *New Phytol.* **157**: 399-422.
- KRANABETTER, J.M., FRIESEN, J., GAMIET, S., KROEGER, P., 2005. Ectomycorrhizal mushroom distribution by stand age in western hemlock-lodgepole pine forests of northwestern British Columbia. *Can. J. For. Res.* **35**: 1527-1539.
- MARTÍNEZ DE ARAGÓN J, BONET JA., FISCHER CR., COLINAS C (2007) Productivity of ectomycorrhizal and selected edible saprotrophic fungi in pine forest of the pre-Pyrenees mountains, Spain: predictive equations for forest Management of mycological resources. *Forest Ecology and Management* **252**:239-256.
- MARTÍNEZ PEÑA F., RUBIO SÁNCHEZ A., SAN MARTÍN FERNÁNDEZ R., 2004. Modelización de producciones forestales no leñosas: aplicación a la fructificación de *Boletus edulis* Bull.:Fr en pinares de pino silvestre de Soria. *Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales*. Actas de la Reunión de Modelización Forestal 85-90.

- MARTÍNEZ-PEÑA, F., GÓMEZ CONEJO, R., ORTEGA-MARTÍNEZ, P., 2007. MICODATA - Sistema de información geográfica sobre la producción, aprovechamiento y ordenación del recurso micológico en Castilla y León. <http://www.micodata.es>.
- MASER, C., 1978. Fungal-small mammal interrelationships with emphasis on Oregon coniferous forests. *Ecology Society of America*, **59(4)**: 799-809.
- ORIA DE RUEDA J.A., DE LA PARRA B., OLAIZOLA J., MARTÍN P., MARTÍNEZ DE AZAGRA A., ÁLVAREZ A., 2008. Selvicultura micológica. En: *Compendio de Selvicultura Aplicada en España*, R. SERRADA, G. MONTERO, J.A. REQUE (Eds.), Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria, Madrid, 833-860.
- ORTEGA-MARTÍNEZ P., MARTÍNEZ PEÑA F., 2008. A sampling method for estimating sporocarps production of wild edible mushrooms of social and economic interest. *Sistemas y Recursos Forestales* **17**: 228-237.
- PALAHÍ M., PUKKALA T., BONET J.A., COLINAS C., FISCHER C.R., MARTÍNEZ DE ARAGÓN J., 2009. Effect of the inclusion of mushroom values on the optimal management of even-aged pine stands of Catalonia. *Forest Science* **55(6)**, 503-511.
- PEREDO, H., OLIVA, M., HUBER, A., 1983. Environmental factors determining the distribution of *Suillus luteus* fructifications in *Pinus radiata* grazing-forest plantations. *Plant Soil* **71**: 367-370.
- PETER M., AYER F., EGLI S., 2001. Nitrogen addition in a Norway spruce stand altered macromycete sporocarp production and below ground ectomycorrhizal species composition. *New Phytol* **149**: 311-325.
- REYNA DOMENECH, S., 2007. *Truficultura. Fundamentos y técnicas*. Mundiprensa, Madrid.
- SMITH S.E., READ DJ. 1997. *Mycorrhizal symbiosis*, 2<sup>nd</sup> edn. San Diego, CA, USA: Academic Press.
- STRULLU, D.G., 1991. *Les mycorhizes des arbres et plantes cultivées. Technique et Documentation*. Lavoisier, Paris.
- TERMORSHUIZEN, A.J., SCHAFFERS, A.P., 1991. The decline of carpophores of ectomycorrhizal fungi in stands of *Pinus sylvestris* L. in The Netherlands: possible causes. *Nova Hedwigia* **53**: 267-289.
- TERMORSHUIZEN, A.J., 1993. The influence of nitrogen fertilisers on ectomycorrhizas and their fungal carpophores in young stands of *Pinus sylvestris*. *For. Ecol. Manag.* **57**: 179-189.
- WASTERLUND, I., INGELÖG, T., 1981. Fruit body production of larger fungi in some young Swedish forests with special reference to logging waste. *For. Ecol. Manag.* **3**: 269-294.
- WIENSCZYK, A.M., GAMLET, S., DURALL, D.M., JONES, M.D., SIMARD, S.W., 2002. Ectomycorrhizae and forestry in British Columbia: A summary of current research and conservation strategies. *B. C. Journal of Ecosystems and Management*. Extension Note **2**: 2-20.

## EFFECTS OF THE MANAGEMENT OF THE SILVOPASTORAL SYSTEM OF PINAR GRANDE (SORIA) ON WILD EDIBLE MUSHROOMS PRODUCTION

### SUMMARY

95% of vascular plants are in symbiotic association with fungi. Wild edible mushrooms comprise in many regions a growing income which, properly managed, boost rural development in depressed areas. The latest scientific advances on the topic permit to enhance silvicultural criteria to improve and preserve fungal production and diversity. Managing silvopastoral systems must consider the effects that any treatment can have on the fungal community, aiming to optimize all the socioeconomic and ecological benefits of the system.

**Keywords:** forest management, pastoralism, forest grazing

## DESBROCES CON SIEMBRA PARA EL FOMENTO DEL CONEJO DE MONTE

F. GUIL<sup>1,2,\*</sup>, F. SILVESTRE<sup>1</sup>, R. MORENO-OPO<sup>1,2</sup>, M. MARTÍNEZ-JÁUREGUI<sup>3,4</sup>, M. FERNÁNDEZ-OLALLA<sup>3</sup>  
y S. AGUDÍN<sup>1</sup>

### RESUMEN

A pesar de que la gestión del hábitat para el fomento de las especies cinegéticas y las especies amenazadas es habitual, con frecuencia se llevan a cabo estrategias de mejora sin evaluar, posteriormente, si su efecto es positivo o no. El conejo de monte reúne ambas condiciones, la de especie cinegética y especie básica para la conservación de especies amenazadas del monte mediterráneo. Una de las prácticas más extendidas para la recuperación del conejo de monte es la realización de desbroces pero, hasta el momento, la información acerca de la eficacia de esta práctica es casi inexistente.

Para comprobar su validez se han analizado los datos de distintos proyectos de conservación de especies amenazadas. Los ensayos se han llevado a cabo en seis fincas con características ambientales y de gestión homogéneas, situadas en Sierra Morena. Se han efectuado ensayos de desbroce con siembra de cereal en un total 46 parcelas. En 25 de las 46 aumenta el conejo, en 15 no se encontraron diferencias y en 6 disminuyó. A la vista de los resultados obtenidos, concluimos que los desbroces con siembra de cereal proporcionan un recurso preferido por el conejo de monte y parece validado su efectividad para propiciar un aumento de sus poblaciones.

**Palabras clave:** conejo de monte, *Oryctolagus cuniculus*, desbroce, siembra de cereal

### INTRODUCCIÓN

El conejo de monte es considerado una especie clave en el funcionamiento de los ecosistemas mediterráneos (Delibes-Mateos *et al.*, 2007). Además, es una preciada pieza de caza menor. Su origen se sitúa en la Península Ibérica, donde gracias a su abundancia forma parte de la dieta de más de 30 especies (Delibes e Hiraldo, 1981). Algunas de las especies endémicas más amenazadas, como el águila imperial o el lince ibérico, coevolucionaron con el conejo (Ferrer y Negro, 2004) y basan su dieta en él.

En la segunda mitad del siglo xx, las poblaciones de conejo han experimentado fuertes

---

<sup>1</sup> Fundación CBD-Habitat. C/ Nieremberg nº 8, 28002, Madrid (España) <sup>2</sup> TRAGSATEC, Gerencia de Control Ambiental y Alimentario. C/Julián Camarillo nº6, 28037, Madrid (España) <sup>3</sup> E.T.S.I. Montes, Universidad Politécnica de Madrid. Paseo de las Moreras S/N, Ciudad Universitaria, 28040, Madrid (España) <sup>4</sup> CIFOR-INIA, Carretera de La Coruña, Km 7.5, 28040, Madrid (España) \* [francisco.guilcelada@gmail.com](mailto:francisco.guilcelada@gmail.com)

descensos en España. Se calcula que la abundancia actual de conejo en muchos lugares es un 10% de la existente antes de la irrupción de la mixomatosis (Virgós *et al.*, 2007). No obstante, este descenso no es achacable sólo a las enfermedades. El conejo se ha visto también afectado por los cambios en el medio originados por el despoblamiento rural (San Miguel, 2006), que ha supuesto una pérdida intensa de la diversidad estructural del monte. Atendiendo a los requerimientos ecológicos del conejo, el medio óptimo para la especie es un monte diverso, donde se intercalan estrechamente zonas de refugio y de alimentación. En este medio, el riesgo de predación sobre el conejo disminuye (Lombardi *et al.*, 2005). Los cambios en la gestión cinegética también han sido influyentes: aumento de la caza mayor, proliferación de las sueltas de perdices de granja y consiguiente abandono del control de predadores en muchas zonas (González, 2004).

En la actualidad, muchos de los espacios donde viven las especies amenazadas dependientes del conejo se dedican a la caza mayor (San Miguel, 2006; Moreno-Opo y Guil, 2007). Los requerimientos de las especies de caza mayor hacen que se haya favorecido un paisaje donde se separan netamente áreas de alimentación de áreas de refugio. Para solventar la pérdida de hábitat adecuado para el conejo, la gestión del medio se ha mostrado como una opción factible para el fomento del conejo (por ejemplo, quemas, Moreno y Villafuerte, 1995; siembras y fertilizaciones, San Miguel, 2006; exclusión de competidores, Catalán *et al.*, 2008). Una de las más utilizadas han sido los desbroces (Delibes-Mateos *et al.*, 2008), que frecuentemente se acompañan de una posterior siembra de cereal. Para ajustarse a los requerimientos del conejo, estos tratamientos se realizan en parcelas relativamente pequeñas, adecuadas a la topografía local y buscando una elevada relación perímetro-superficie (San Miguel, 2006). El objetivo es que el conejo disponga de alimento de calidad muy próximo a las áreas de refugio. Esto además puede favorecer a otras especies que, como el lince ibérico, emplean el interfaz pasto-matorral para cazar (Palomares *et al.*, 2001).

Este trabajo pretende evaluar la eficacia de los desbroces con siembra como una práctica para fomentar las poblaciones de conejo. La hipótesis de partida es que el tratamiento es efectivo si los conejos seleccionan preferentemente las áreas desbrozadas. Para ello, se han comparado los indicios de presencia de conejos en estas parcelas con parcelas control próximas a ellas. Además, se ha evaluado si alguna de las características de las zonas desbrozadas ha afectado a su selección.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Los desbroces con siembras objeto de este estudio se han llevado a cabo en seis fincas privadas de gran superficie (entre 503 y 2.425 hectáreas) de la Sierra Morena y sus estribaciones, en las provincias de Ciudad Real, Jaén y Albacete. Estas fincas quedan incluidas biogeográficamente en la subregión mediterránea occidental (Rivas-Martínez *et al.*, 2004) y se caracterizan por una litología ácida. El uso principal de las fincas es la caza mayor, aunque la mayor parte de las mismas tienen un aprovechamiento ganadero secundario. Estos usos originan un paisaje en el que las zonas de alimentación y de descanso para las piezas de caza mayor están netamente separadas. Las fincas se sitúan en zonas con abundancias de conejo bajas o muy bajas, de acuerdo con Guzmán *et al.* (2004).

Los desbroces se realizaron con grada de desfonde y, a continuación, se sembró cereal, para retrasar así la reinvasión por el matorral (Muslera y Ratera, 1993) y lograr el establecimiento duradero de paisajes en mosaico. Las actuaciones se han efectuado sobre un total de 46 parcelas, que tienen una superficie variable (de 625 m<sup>2</sup> a 10,79 ha;  $\bar{x}=0,93\pm 1,84$ ). El número de parcelas por finca ha variado entre 2 y 16. Estas actuaciones tienen diseños adaptados a la topografía del terreno, evitando zonas con pendientes ele-

vadas. Cuando la superficie de actuación era grande, se han realizado con alta relación perímetro a superficie y dejando manchas de matorral en su interior. Los desbroces se efectuaron en el mes de febrero de 2004 (n=17, en tres fincas), el mes de noviembre de 2004 (n=20, en tres fincas) y el mes de noviembre de 2005 (n=9, en una finca). Las siembras se han realizado durante los 15 días posteriores a los desbroces por medio de abonadora centrífuga. La dosis de siembra fue de 150 kg de cereal (cebada y avena) por hectárea. No se emplearon fertilizantes y las siembras no se cerraron al pastoreo de ungulados. Los tratamientos han sido homogéneos dentro de cada finca y entre fincas.

Cada parcela de actuación se comparó con una parcela control de similares características ecológicas antes del desbroce y que no distara más de 180 metros del borde del área desbrozada. Se elige esta distancia porque es la máxima recorrida por un conejo diariamente, por lo que en teoría un conejo podría desplazarse tanto a la parcela de actuación como a la control (Lombardi *et al.* 2003). En cada tipos de parcela se realizó un transecto a pie a velocidad constante, en el que se anotaban todos los cagarruteros encontrados (Guzmán *et al.*, 2004). El número de cagarruteros se dividió por la longitud recorrida en cada transecto ( $\bar{x}=0,32\pm0,18$  km) para obtener la frecuencia de cagarruteros ( $F_c$ , expresada como número de cagarruteros por kilómetro). Este seguimiento se realizó al final de la primavera en 2004, 2005 y 2006. En cada una de las parcelas se realizó el seguimiento en la primavera del año de la siembra. La diferencia en  $F_c$  observada entre una parcela de actuación y su parcela control asociada se estandarizó mediante una variable derivada que denominamos Preferencia (P), toma valores entre -1 y 1, y se calcula según la siguiente fórmula:  $P = (F_{c_{actuación}} - F_{c_{control}}) / (F_{c_{actuación}} + F_{c_{control}})$ .

Con el fin de explicar los distintos niveles de preferencia observados en las 46 zonas de estudio, se realizó una caracterización de las mismas en base a los siguientes cuatro parámetros:

- **Finca:** Esta variable describe una unidad de gestión única y unas características del medio propias (clima, suelo, etc.). Presenta seis niveles.
- **Año de evaluación:** Dada la variabilidad interanual de las poblaciones de conejo, el aprovechamiento realizado podía verse sujeto a diferencias. Se consideran así los años 2004, 2005 ó 2006.
- **Abundancia de conejo:** La abundancia de conejo puede intervenir en cómo éstos emplean el hábitat y se alimentan (Lombardi *et al.*, 2004). De forma complementaria, se diseñó una red de transectos en el entorno de las áreas tratadas para conocer la abundancia general de conejo en las fincas. Se evaluó de acuerdo con la metodología propuesta por Palomares *et al.* (2001) y se clasificaron las zonas en dos clases: cuando la abundancia de conejo en el transecto más cercano al desbroce en el momento de la evaluación es igual o superior a 0,5 conejos ha<sup>-1</sup> o se han efectuado sueltas de conejo, se considera perteneciente a la primera clase, mientras que si es inferior y no hay sueltas, pertenece a la segunda clase.
- **Morfología:** la morfología de las actuaciones puede incidir sobre el empleo que realizan los conejos (Moreno y Villafuerte, 1995). Las dividieron las zonas en dos clases: la primera incluye los desbroces que tienen una superficie igual o superior a 1 ha y al menos un 5% de cobertura de matorral dentro de cada parcela; la segunda agrupa a las restantes.

Todos los test estadísticos se han desarrollado en los entornos SPSS 15.0 y Statistica 7.0, empleándose el nivel de significación estándar ( $p < 0,05$ ). Para comprobar si existen diferencias en  $F_c$  entre parcelas de desbroce y parcelas de control se ha empleado un test no paramétrico de medidas pareadas: el test del signo-rango de Wilcoxon (Quinn y Keough, 2002). Para determinar qué características de las zonas intervienen en los niveles de pre-

ferencia se ha empleado un Modelo General de Efectos Mixtos (Quinn y Keough, 2002). Se realiza una transformación logarítmica de los valores de preferencia (variable dependiente) para lograr las asunciones del modelo ( $P' = \ln(P+1)$ ). Se consideran variables independientes el año, la finca, la abundancia de conejo y la morfología de la actuación. El año actúa como variable aleatoria, mientras que el resto de variables actúan como fijas. Las comparaciones múltiples se han llevado a cabo a través del test *post hoc* LSD de Fisher.

## RESULTADOS

Al comparar la frecuencia de cagarruteros (Fc) en parcelas de actuación y de control, encontramos que el conejo de monte emplea más intensamente las áreas desbrozadas que las áreas en las que no se actúa ( $Z=-3,89$ ;  $p<0,001$ ). De hecho, las parcelas de actuación obtuvieron un valor de Fc más elevado que las parcelas control en 25 de las 46 zonas. En seis casos, la Fc resultó inferior en las parcelas de actuación, en cinco zonas los valores fueron iguales entre parcelas. En las restantes diez zonas no se encontró ningún excremento de conejo en la parcela de actuación, ni tampoco en la de control.

Los resultados obtenidos muestran una amplia variabilidad entre fincas. En todas las fincas el promedio de frecuencia de cagarruteros es superior en las parcelas de actuación que en las parcelas control (Tabla 1), salvo para las parcelas de la finca 6 en 2006, donde sólo se encontraron 3 cagarruteros en un transecto empleado como control.

Tabla 1: Promedio de frecuencia de cagarruteros (Fc) por finca en las parcelas de actuación y control

Finca	Nº de parcelas	Año de evaluación	Fc actuación	Fc control	P	Desv. Est. P
1	4	2004	12,30	3,25	0,63	0,52
2	11	2004	7,41	2,69	0,25	0,9
3	2	2004	5,33	2,13	0,44	0,15
4	4	2005	35,32	7,24	0,76	0,27
5	10	2005	146,69	51,22	0,61	0,37
6	2006	80,72	68,28	0,27	0,62	
6	6	2005	5,35	2,14	-	-
3	2006	0	3,71	-	-	

De las cuatro características de las zonas (finca, año de evaluación, abundancia de conejo y morfología de la actuación) que se esperaba tuvieran un efecto estadísticamente significativo en los niveles de preferencia, sólo se observaron diferencias significativas entre fincas ( $F_{2,30}=5,51$ ;  $p=0,009$ ). En particular, las mayores diferencias fueron entre las fincas 4 y 6 ( $p=0,046$ ) y las fincas 5 y 6 ( $p=0,010$ ).

## DISCUSIÓN

A pesar de que es una de las actuaciones de fomento de caza menor más habitualmente efectuadas para el fomento del conejo, no existe bibliografía al respecto de la eficacia del desbroce. En este trabajo los resultados sugieren que el desbroce con siembra de cereal es una medida eficaz para crear espacios en el monte que son preferidos por el conejo, tal y como proponen algunos autores (García, 2005; Moreno y Villafuerte, 1995; San Miguel, 2006). Los resultados obtenidos sugieren que estos tratamientos pueden influir positivamente sobre las poblaciones de conejo, permitiendo una mayor presencia en las zonas tratadas. Por el contrario, y en un trabajo realizado a gran escala, donde se evalúan abundancias de conejo en 60 puntos del Sur peninsular, se estiman cambios en la presencia de co-



nejos con respecto a los resultados obtenidos en estos mismos en 1993 y se anotan las actuaciones de gestión que se llevan a cabo, la realización este tipo de actuaciones no se ha podido relacionar con variaciones en el tiempo de las poblaciones de conejo (Delibes-Mateos *et al.*, 2008).

La apertura de claros ya había sido propuesta como medida de gestión para fomento del conejo en un área singular como Doñana (Moreno y Villafuerte, 1995). Puesto que dicho estudio se refería a eliminación mediante quemas controladas no se pueden considerar directamente comparables a un tratamiento de desbroce con siembra, aunque tienen un objetivo semejante: abrir claros en zonas extensas de monte.

La tipología de desbroces que se han efectuado puede condicionar los resultados del trabajo, lo que puede originar que algunas de las características que se esperarían como significativas no lo hayan sido. A la hora de diseñar los tratamientos, se ha buscado en cada caso aumentar su efectividad desde los planteamientos apriorísticos de que son mejores desbroces pequeños frente a grandes áreas desbrozadas y que resultan tanto más eficaces cuanto mayor es su relación perímetro a superficie. De igual modo, cuando la superficie desbrozada aumenta se incrementa el porcentaje de superficie de matorral adecuado para el conejo que se dejaba dentro de la parcela. Quizá por ello no se hayan encontrado diferencias entre los diferentes tamaños de desbroces, los de más de una hectárea y los menores. Esta puede ser una de las razones que estén detrás de las diferencias con los resultados de Delibes-Mateos *et al.* (2008), que no encontraban relación entre la realización de desbroces y una mayor presencia de conejo. De forma general, la mayor parte de los desbroces realizados habitualmente no cumplen las premisas seguidas en este trabajo, puesto que tratan de aumentar la superficie pastable sin tener en cuenta la presencia del conejo. Por lo tanto, si se desean fomentar las poblaciones de conejo, los desbroces así realizados pueden facilitar el incremento de poblaciones de conejo en zonas semejantes.

## Agradecimientos

El presente trabajo se ha desarrollado con los datos procedentes de los proyectos LIFE02/NAT/E/8617 "Conservación del Lince Ibérico en Montes de Toledo-Guadalupe" y LIFE03/NAT/E/00050 "Conservación del Águila imperial, Buitre negro y Cigüeña negra", desarrollados por la Fundación CBD-Habitat en colaboración con la Junta de Extremadura, la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha y la Comunidad de Madrid y del LIFE02/NAT/E/8609 "Recuperación de las poblaciones de Lince ibérico en Andalucía"; desarrollado por la Junta de Andalucía con participación de la Fundación CBD-Habitat. Este trabajo no habría sido posible sin el equipo de campo compuesto por Ángel Arredondo, Francisco Leiva, Manuel Mata y Juan Francisco Sánchez.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CATALÁN, I.; RODRIGUEZ-HIDALGO, P.; TORTOSA, F.S. 2008. Is habitat management an effective tool for wild rabbit (*Oryctolagus cuniculus*) population reinforcement? *European Journal of Wildlife Research*, **54**(3), 449-453
- DELIBES, M.; HIRALDO, F. 1981. The rabbit as a prey in the Iberian Mediterranean ecosystem. *Proceedings of the First World Lagomorph Conference*, University of Guelph
- DELIBES-MATEOS, M.; REDPATH, S.M.; ANGULO, E.; FERRERAS, P.; VILLAFUERTE, R. 2007. Rabbits as a keystone species in southern Europe. *Biological Conservation* **131**(1), 146-159
- DELIBES-MATEOS, M.; FERRERAS, P.; VILLAFUERTE, R. 2008. Rabbit populations and game management: the situation after 15 years of rabbit haemorrhagic disease in central-western Spain. *Biodiversity and Conservation*, **17**, 559-574

- FERRER, M.; NEGRO, J.J. 2004. The near extinction of two large European predators: super specialists pay a price. *Conservation Biology* **18**(2), 344-349
- GONZÁLEZ, P. 2004. Un caso de cambio en el manejo de los recursos cinegéticos: la historia de la cría en cautividad de la perdiz roja en España. *Revista Española de Estudios Agrosociales y Pesqueros*, 204, 179-203
- GUZMÁN, J.N.; GARCÍA, J.F.; GARROTE, G.; PÉREZ DE AYALA, R.; IGLESIAS, C. 2004. *El lince ibérico (Lynx pardinus) en España y Portugal : censo-diagnóstico de sus poblaciones*. Organismo Autónomo Parques Nacionales, Madrid. 264 pp.
- LOMBARDI, L.; FERNANDEZ, N.; MORENO, S.; VILLAFUERTE, R. 2004. Habitat-related differences in rabbit (*Oryctolagus cuniculus*) abundance, distribution, and activity. *Journal of Mammalogy* **84**(1), 26-36.
- MORENO, S.; VILLAFUERTE, R.; DELIBES, M. 1996. Cover is safe during the day, but dangerous at night: the use of vegetation by European wild rabbits. *Canadian Journal of Zoology*, **74**, 1656-1660.
- MUSLERA, E.; RATERA, C. 1993. *Praderas y forrajes*. Mundi-Prensa, Madrid. 702 pp.
- RIVAS-MARTÍNEZ, S.; PENAS, A.; DÍAZ, T.E. 2004. Mapa Bioclimático de Europa. Disponible en <http://www.globalbioclimatics.org>
- SAN MIGUEL, A. 2006. *Manual de gestión del hábitat del lince ibérico (Lynx pardinus Temminck) y de su presa principal, el conejo de monte (Oryctolagus cuniculus L.)*. Fundación CBD-Habitat, Madrid. 263 pp.
- VIRGÓS, E.; CABEZAS-DIAZ, S.; MALO, A.; LOZANO, J. 2007. Is the endemic wild rabbit (*Oryctolagus cuniculus*) an endangered species in Spain? Sociological constrains in the conservation of species. *Biodiversity and Conservation*, **16** (12), 3489-3504.

## BUSH CLEARANCE WITH SOWING FOR WILD RABBIT ENHANCEMENT

### SUMMARY

Despite habitat management for game enhancement is a common practice, surveys for evaluating its effectiveness are scarce. Wild rabbit is both a game and a key species for preserving Mediterranean biodiversity. Bush clearance is a widespread practice for its enhancement, but its efficiency has rarely been evaluated.

We have analyzed data for several biodiversity conservation projects. The study area were 6 privately owned states in Sierra Morena (Spain), with homogeneous management and environmental characteristics. 46 plots with sowing alter bush clearance were evaluated. Wild rabbit has increased in 25 of 46, no differences were detected in 15 plots and in 6 plots the wild rabbit diminished. According to our results, bush clearance with sowing offers a positively selected resource and its effectiveness for augmenting wild rabbit populations is justified.

**Key words:** wild rabbit, *Oryctolagus cuniculus*, bush clearance, cereal sowing

# SELECCIÓN Y DESPLAZAMIENTO DE BELLOTAS Y HAYUCOS POR LA FAUNA EN UNA ANTIGUA DEHESA MIXTA DE ROBLES Y HAYAS: EFECTOS DE LA CALIDAD Y LOCALIZACIÓN DE LA SEMILLA

R. PEREA GARCÍA-CALVO<sup>1</sup>, A. SAN MIGUEL AYANZ<sup>1</sup> y L. GIL SÁNCHEZ<sup>1</sup>

## RESUMEN

Se analiza la selección y el desplazamiento de bellotas y hayucos por la fauna vertebrada según la calidad de la semilla (tamaño y estado sanitario) y su localización (hábitat y microhábitat) en una antigua dehesa mixta de robles y hayas. Grabaciones en video permitieron demostrar que el ratón de campo (*Apodemus sylvaticus*) fue el primero en encontrar y desplazar las semillas, seguido por aves y ungulados. Los vertebrados prefirieron bellotas a hayucos, semillas grandes a pequeñas y sanas a infestadas. Las semillas no preferidas por los roedores permanecieron en el suelo durante más tiempo, siendo más vulnerables a factores bióticos y abióticos. Las diferentes tasas de desplazamiento se debieron fundamentalmente a los microhábitats donde se localizaban las semillas y no tanto a los hábitats. Así, las mayores tasas de desplazamiento se produjeron en las zonas de matorral y claros con madera muerta. Sin embargo, bajo la copa de los árboles las tasas de desplazamiento fueron menores por falta de refugio para los roedores. Las bellotas y hayucos, antes destinados a la alimentación del ganado, han pasado a ser consumidas y dispersadas por la fauna vertebrada, siendo el ratón de campo su gran movilizador, con tal de que existan microhábitats adecuados (con refugio).

**Palabras clave:** tamaño semilla, infestación, *Quercus*, *Fagus sylvatica*, ratón de campo

## INTRODUCCIÓN

Los frutos de robles y hayas poseen un alto contenido energético y son muy apetecidos por la fauna, tanto invertebrada (p. ej. larvas de insectos) como vertebrada (ungulados, roedores y aves). Presentan una importante masa cotiledonar, lo que les convierte en frutos pesados de difícil dispersión por el viento, el agua u otros agentes abióticos. Como consecuencia, se hace imprescindible la ayuda de agentes bióticos capaces de dispersarlos. La dispersión de semillas disminuye la competencia entre los brinzales bajo la copa del árbol y resulta determinante en la estructura genética y demográfica de las formaciones vegetales (Vander Wall, 2001), siendo un proceso clave en la regeneración natural. Aunque algu-

---

<sup>1</sup> Departamento de Silvopascicultura. ETSI. Montes. Universidad Politécnica de Madrid. Ciudad Universitaria s/n. 28040. Madrid

nos vertebrados sólo consumen los frutos destruyendo por completo las semillas (predadores), otros contribuyen a su dispersión efectiva (dispersores).

La movilización de semillas por la fauna depende de muchos factores, incluyendo tanto sus características propias como variables ambientales. Las que contienen más energía o son más palatables resultan más atractivas para las especies de fauna (Pons y Pausas, 2007). Asimismo, las de mayor contenido energético (más grandes) están asociadas a un mejor establecimiento de la plántula (Bonat *et al.*, 2007; Perea *et al.*, 2011). Además, las semillas de mayor tamaño presentan unas distancias de dispersión mayores (Xiao *et al.*, 2005; Perea *et al.*, 2011). De este modo, se considera que el tamaño de la semilla es un factor determinante en la dispersión de las semillas de muchas especies arbóreas, incluidas las de la familia Fagaceae (Xiao *et al.*, 2005). Sin embargo, otros factores no tan estudiados pueden ocasionar variaciones importantes en la selección y desplazamiento de las semillas. El ataque de insectos es un fenómeno muy común dentro de los géneros *Quercus* y *Fagus*, y afecta a una buena parte de sus frutos (Crawley y Long, 1995; Branco *et al.*, 2002), llegando a alcanzar valores superiores al 70% en el área de estudio del presente trabajo (datos inéditos). El consumo de reservas de la semilla por parte de las larvas de insectos reduce no sólo la cantidad de energía disponible para la semilla sino también la palatabilidad de la misma (Muñoz y Bonat, 2008). Como consecuencia, las semillas infestadas tienden a ser rechazadas por los vertebrados consumidores de semillas (Crawley y Long, 1995). Asimismo, los frutos infestados por larvas de insectos presentan tasas de germinación más bajas y, por lo tanto, contribuyen con menor eficiencia al éxito reproductor del árbol en comparación con las semillas sanas (Bonat *et al.*, 2007). No obstante, una considerable proporción de semillas infestadas puede llegar a germinar (Branco *et al.*, 2002) y, de ese modo, la dispersión secundaria por vertebrados puede contribuir a la regeneración natural de estas especies arbóreas. Pero el desplazamiento de las semillas dependerá de la escala espacial y la estructura de la vegetación dominante (Hulme y Kollmann, 2005). Así, cada grupo de vertebrados puede presentar una mayor actividad dispersora o consumidora de semillas en determinados hábitats o microhábitats.

El presente trabajo examina las consecuencias de la calidad de las semillas de los robles (*Quercus pyrenaica* Will. y *Quercus petraea* Matt (Liebl.)) y del haya (*Fagus sylvatica* L.) en su selección y desplazamiento por parte de la fauna en una antigua dehesa mixta de robles y hayas que lleva acotada al pastoreo desde 1961. Los objetivos de este estudio son: (1) estimar la contribución de los diferentes grupos de fauna vertebrada (roedores, aves, ungulados) en el consumo/desplazamiento de las semillas; (2) determinar en qué grado la calidad de las semillas (especies, tamaño y estado sanitario) afecta la selección y desplazamiento de las semillas por la fauna; (3) examinar la influencia de la localización de la semilla (hábitat y microhábitat) en la selección y desplazamiento de bellotas y hayucos por la fauna.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Área de estudio

Este estudio se llevó a cabo en la Sierra de Ayllón, en el NE de la provincia de Madrid (3°30'W, 41°07'N), a unos 1400 m s.n.m., en un bosque mixto de robles (*Quercus petraea* y *Quercus pyrenaica*) y hayas (*Fagus sylvatica*). Como consecuencia del abandono al pastoreo en la década de 1960, el sistema actual comprende un mosaico de rodales mixtos y puros de densidad variable con una importante proporción de diámetros menores de 30 cm. Dentro del área de estudio se pudieron distinguir tres hábitats principales, a partir del inventario realizado en el año 2000 (Alonso, 2001): (1) bosque mixto de *Quercus pyrenaica* y *Quercus petraea* (380 pies/ha; área basimétrica de 22,2 m<sup>2</sup>/ha) con hayas dispersas (83

pies/ha; área basimétrica de 0,8 m<sup>2</sup>/ha) y sotobosque de *Erica arborea* L., *Rubus ulmifolius* Schott, *Rosa* sp. y *Genista florida* L. fundamentalmente; (2) bosque abierto de *Quercus pyrenaica* y *Quercus petraea* (74 pies/ha; área basimétrica de 2,4 m<sup>2</sup>/ha) inmerso en una matriz de arbustos perennifolios (*Adenocarpus hispanicus* (Lam.) DC y *Juniperus communis* L. fundamentalmente); (3) hayedo puro (848 pies/ha; área basimétrica de 18,0 m<sup>2</sup>/ha) con escaso sotobosque, tan solo pequeños grupos de acebo (*Ilex aquifolium* L.).

### Identificación de los consumidores de semillas

Para identificar a la fauna dispersora/predadora de semillas empleamos 2 cámaras de detección de movimiento con visión nocturna. Las cámaras se colocaron a 1,5 m de altura en un tronco de un árbol y a 3-4 m de distancia de un pequeño tablón de madera (60 x 7 cm) que contenía 10 bellotas de *Quercus pyrenaica*. Las cámaras se colocaron dentro de cada hábitat (tres puntos por hábitat) y fueron rotadas de su posición cada 13-16 días. Las cámaras estaban a 150-350 m de los puntos de ofrecimiento de las semillas (abajo explicados) para evitar atraer a los posibles consumidores a dichos experimentos de contabilización de semillas desplazadas. Las cámaras se colocaron durante los meses de octubre, noviembre y diciembre de 2007 y noviembre de 2008, coincidiendo con la caída natural de bellotas y hayucos.

### Experimento de selección y desplazamiento de semillas

Tres sitios de estudio (réplicas) se establecieron aleatoriamente dentro de cada hábitat. La distancia entre réplicas dentro del mismo hábitat fue de 200-250 m. Se consideraron tres microhábitats: (i) bajo la copa de un árbol sin cobertura de matorral (sólo hojarasca); (ii) bajo matorral perennifolio denso; (iii) en un claro del bosque, donde sólo existen restos de madera muerta y hierbas. Un total de 27 puntos (3 hábitats x 3 réplicas x 3 microhábitats/réplica). Cada punto contenía dos estaciones de ofrecimiento de semillas sobre el suelo: uno bajo protección de una malla (0,5 m x 0,5 m), levantada 3 cm sobre el suelo, que permitía la entrada sólo a micromamíferos (roedores) y otro punto sin ningún tipo de protección sobre el suelo (accesible para toda la fauna). Las estaciones de cada punto se encontraban separadas 3-5 m entre ellas. Cada estación contenía 27 semillas (colocadas aleatoriamente, una junto a otra). Las 27 semillas correspondían a las tres especies de estudio (*Quercus pyrenaica*, *Q. petraea* y *Fagus sylvatica*) con 9 semillas por especie. De las 9 semillas, 3 eran de buena calidad (semillas grandes y sanas), tres de calidad media (pequeñas y sanas) y tres de calidad baja (pequeñas e infestadas). Las semillas infestadas eran bellotas atacadas por gorgojos (*Curculio* sp., Col.: Curculionidae) y hayucos atacados por *Cydia fagiglandana* Zeller (Lep.: Tortricidae), mostrando ambos el agujero de salida de la larva. Las semillas sanas no mostraban agujero de ovoposición del adulto ni de salida de la larva y fueron puestas en agua, seleccionando como sanas sólo aquéllas que no flotaban en agua. El tamaño de la semilla se obtuvo a partir de la longitud (L) y anchura máxima (A) de la semilla, considerando la bellota como grande cuando  $375 < L \times A < 450 \text{ mm}^2$  y bellota pequeña cuando  $120 < L \times A < 150 \text{ mm}^2$ . Los hayucos se consideraron grandes cuando  $120 < L \times A < 150 \text{ mm}^2$  y pequeños cuando  $70 < L \times A < 100 \text{ mm}^2$ . Los experimentos se llevaron a cabo en octubre y noviembre de 2008, revisando diariamente las semillas que habían desaparecido de los puntos por un período de 20 días después de la puesta en campo de las semillas.

### Análisis de datos

Para el análisis de la movilización de semillas se emplearon Modelos Mixtos Generalizados (GLMM) con el software R 2.8.1. Se llevaron a cabo dos modelos, uno para

el primer día en que los vertebrados encontraron los puntos donde se ofrecieron las semillas (modelo M1) y otro para el último día del experimento (día 20; modelo M2). La variable respuesta fue siempre binaria (semilla seleccionada o no). Se consideró que las semillas fueron seleccionadas cuando fueron consumidas *in situ* o cuando desaparecieron del punto. Los factores aleatorios se expresaron en una estructura anidada (microhábitat dentro de réplica y réplica dentro de hábitat). Los factores fijos fueron calidad de la semilla, especie, hábitat, microhábitat y tipo de punto (con malla o sin malla). Las interacciones y términos menos significativos fueron eliminados para alcanzar el modelo mínimo adecuado.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se obtuvieron 82 vídeos donde el ratón de campo (*Apodemus sylvaticus* L.) fue el principal movilizador de semillas (76% de las grabaciones), seguido del arrendajo (*Garrulus glandarius* L.) con 8%, el carbonero común (*Parus major* L.) y el trepador azul (*Sitta europaea* L.), ambos con 6% y por último el corzo (*Capreolus capreolus* L.) con 4% de las grabaciones.

Las estaciones con malla y sin ella dentro del mismo punto fueron encontradas a la vez (el mismo día) en un 92% de los casos. La proporción de semillas que permanecieron en los puntos descendió en el primer día hasta 0,21 bajo malla y 0,29 en las estaciones sin malla. No hubo diferencias significativas entre malla y sin malla en el primer día pero sí al final del experimento (Tabla 1), con una movilización de semillas un 8% más en las estaciones sin malla. Así, los roedores encontraron y desplazaron rápidamente las semillas seleccionadas, mientras que el resto de vertebrados fue más lento, consumiendo/dispersando las semillas que fueron rechazadas por los roedores.

Los roedores seleccionaron primero las bellotas de *Q. pyrenaica*, luego las de *Q. petraea* y por último los hayucos, tanto para las semillas sanas como para las infestadas (Tabla 1). Además, las semillas sanas y grandes (alta calidad) fueron preferidas a las de calidad media y baja. Sin embargo, tras 20 días de experimento no hubo diferencias significativas entre las semillas grandes y pequeñas (Tabla 1). Las semillas preferidas por los roedores son dispersadas y enterradas individualmente (Perea *et al.*, 2011), protegiéndolas de la desecación y posible predación por ungulados y aves. Las semillas no preferidas por los roedores permanecen más tiempo sobre el suelo y así son más vulnerables tanto a los agentes bióticos (ungulados, ganado, bacterias, hongos) como a los factores abióticos (desecación y heladas). La vecería podría determinar si las semillas preferidas (bellotas) son favorecidas sobre las no preferidas (hayucos). Así, en un año de baja producción, las semillas preferidas serán recuperadas por los roedores de su lugar de enterramiento, siendo consumidas, mientras que las no tan preferidas permanecerán enterradas y podrán contribuir más eficientemente al reclutamiento de esta especie.

El hayedo puro presentó el menor número de semillas movilizadas, obteniéndose diferencias significativas con respecto a los otros dos hábitats (Tabla 1). Se desplazaron bajo la copa de los árboles menos semillas en comparación con los otros dos microhábitats (Tabla 1). Los roedores no dispersaron ninguna semilla bajo las hayas y sí lo hicieron bajo los robles. Bajo la copa de las hayas no existe vegetación arbustiva que proteja a los roedores y su actividad (incluida la alimentación) es, por tanto, muy pequeña o incluso nula. Sin embargo, otros grupos de la fauna sí seleccionaron semillas bajo la copa de las hayas aunque también lo hicieron en menor medida que otros hábitats y microhábitats. No hubo diferencias significativas entre los microhábitats de matorral y claro de bosque (con restos de madera muerta) pues ambos presentan suficiente refugio para que los roedores (principales movilizados) puedan desarrollar sus actividades alimentarias y así movilizar mayor cantidad de semillas y más rápidamente.

**Tabla 1. Resumen de los factores que afectan a la movilización de semillas el primer día que las bellotas y hayucos fueron encontrados por los vertebrados (modelo mixto M1) y tras 20 días de muestreo en campo (modelo mixto M2)**

Los valores de Z y P se obtuvieron con respecto al primer nivel del factor considerado

		M1. Primer día		M2. Último día	
		Z	P	Z	P
Especie	<i>Q. petraea</i>	-	-	-	-
	<i>Q. pyrenaica</i>	<b>3.22</b>	<b>0.001</b>	<b>3.29</b>	<b>&lt;0.001</b>
	<i>F. sylvatica</i>	<b>-6.21</b>	<b>&lt;0.001</b>	<b>-5.69</b>	<b>&lt;0.001</b>
Calidad semilla	Alta (GrandeySana)	-	-	-	-
	Media (PequeñaySana)	<b>-2.66</b>	<b>0.007</b>	-1.84	0.065
	Baja (PequeñayInfestada)	<b>-10.81</b>	<b>&lt;0.001</b>	<b>-10.11</b>	<b>&lt;0.001</b>
Hábitat	Robledal mixto	-	-	-	-
	Hayedo puro	<b>-2.59</b>	<b>0.009</b>	<b>-10.71</b>	<b>&lt;0.001</b>
	Robledal aclarado	0.25	0.800	-1.87	0.166
Microhábitat	Bajo copa	-	-	-	-
	Bajo matorral	<b>3.26</b>	<b>0.001</b>	<b>3.23</b>	<b>0.001</b>
	Claro de bosque	<b>2.07</b>	<b>0.038</b>	<b>2.06</b>	<b>0.039</b>
Tipo de punto	Sin malla (acceso a toda la fauna)	-	-	-	-
	Con malla (acceso solo a roedores)	1.20	0.230	<b>-3.28</b>	<b>0.001</b>
Interacciones	Calidad media: con malla	-	-	No existe	
	Calidad media: sin malla	<b>-2.03</b>	<b>0.042</b>		
	Bajo copa: Robledal mixto	-	-	-	-
	Bajo copa: Robledal aclarado	-2.59	0.800	-1.87	0.062
	Bajo copa: Hayedo puro	<b>-2.59</b>	<b>0.009</b>	<b>-10.71</b>	<b>&lt;0.001</b>

M1: AIC = 520.4; Devianza = 482.8. M2: AIC = 484.1; Devianza = 450.1

## CONCLUSIONES

Este trabajo muestra que la calidad de la semilla (especie, tamaño y estado sanitario) y la localización de las mismas (en diferentes hábitats y microhábitats) ocasiona que bellotas y hayucos sean movilizados/consumidos por diferentes grupos de vertebrados (dispersores potenciales o predadores) y a diferentes tiempos (velocidad de movilización), lo que repercute en la supervivencia de las semillas y en la regeneración natural de robles y hayas, cuyas pesadas semillas necesitan ser dispersadas por la fauna para evitar la competencia bajo copa y asegurar el flujo génico y la colonización de nuevos ambientes. Así, las bellotas y hayucos antes destinados a la alimentación del ganado han pasado a ser consumidas y dispersadas por la fauna vertebrada, siendo el ratón de campo (*Apodemus sylvaticus*) el gran movilizador de estas semillas con tal que existan microhábitats adecuados (con refugio) para estos roedores, como el matorral o los restos de madera muerta.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALONSO, J., 2001. *Inventario forestal del monte nº 89 del C.U.P. El Chaparral y La Solana*. Proyecto Fin de Carrera. Universidad Politécnica de Madrid. Documento inédito.
- BONAL, R.; MUÑOZ, A.; DÍAZ, M., 2007. Satiation of predispersal seed predators: the importance of considering both plant and seed level. *Evolutionary Ecology*, **21**, 367–380.

- BRANCO, M.; BRANCO, C.; MEROUANI, H.; ALMEIDA, M.H., 2002. Germination success, survival and seedling vigour of *Quercus suber* acorns in relation to insect damage. *Forest Ecology and Management*, **166**, 159-164.
- CRAWLEY, M.J.; LONG, C.R., 1995. Alternate bearing, predator satiation and seedling recruitment in *Quercus robur* L. *Journal of Ecology*, **83**, 683-696.
- HULME, P.E.; KOLLMANN, J., 2005. Seed predator guilds, spatial variation in post-dispersal seed predation and potential effects on plant demography. En: *Seed fate*. P.M. Forget *et al.* (Eds.). CABI Publishing, Wallingford, 9-30.
- MUÑOZ, A.; BONAL, R., 2008. Seed choice y rodents: learning or inheritance? *Behavioral Ecology and Sociobiology*, **62**, 913-922.
- PEREA, R.; SAN MIGUEL, A.; GIL, L., 2011. Leftovers in seed dispersal: ecological implications of partial seed consumption for oak regeneration. *Journal of Ecology*, **99**, 194-201.
- PONS, J.; PAUSAS, J.G., 2007. Rodent acorn selection in a Mediterranean oak landscape. *Ecological Research*, **22**, 535-541.
- VANDER WALL, S.B., 2001. The evolutionary ecology of nut dispersal. *Botanical Review*, **67**, 74-117.
- XIAO, Z.S.; ZHANG, Z.B.; WHANG, Y.S., 2005. Effects of seed size on dispersal distance in five rodent-dispersed Fagaceous species. *Acta Oecologica*, **28**, 221-229.

## SEED SELECTION AND REMOVAL OF ACORNS AND BEECHNUTS IN AN OLD MIXED OAK-BEECH DEHESA: EFFECTS OF SEED QUALITY AND LOCATION

### SUMMARY

We examine whether different guilds of foragers remove seeds differentially according to seed quality (tree-species, seed size and insect infestation) and seed location (habitat and microsite) in a mixed oak-beech forest after 50 years of grazing prohibition. Video recordings indicated that *Apodemus sylvaticus* was first to encounter seeds, followed by birds and ungulates. Foragers preferred acorns to beechnuts, large to small size and sound to infested. Seeds that were not preferred by rodents remained longer on the ground and were more vulnerable to biotic and biotic factors. A significant lower removal rate was observed under the tree canopy, but seed removal in forest gaps with deadwood cover was not different from the preferred microhabitat (under shrub cover). Seed removal differences among habitats are mostly due to the spatial distribution of rodent-preferred microhabitats. Besides, intra- and inter-specific differences in seed quality, such as seed size or insect infestation, influence seed removal (choice and speed), and therefore, natural regeneration and species composition.

**Key words:** seed size, insect infestation, *Apodemus sylvaticus*, *Fagus sylvatica*, *Quercus*.



# EVALUACIÓN DE LA PERCEPCIÓN DE LAS POBLACIONES LOCALES DE LOS CAMBIOS DE USOS DEL SUELO EN PAISAJES CULTURALES AGROSILVOPASTORALES EN DOS ZONAS DE DIFERENTE DESARROLLO

A.J. RESCIA y M.E. PÉREZ-CORONA \*

## RESUMEN

En las últimas décadas, los paisajes culturales mundiales han sido afectados por cambios rápidos que han alterado el delicado equilibrio ecológico-social que habían alcanzado a lo largo del tiempo debido en muchos casos a su capacidad de transformación y adaptabilidad (resiliencia). Parece probable que las consecuencias ecológicas, sociales y económicas de estos cambios muestren diferencias regionales relacionadas con el desarrollo de las sociedades. En el trabajo se estudiaron dos paisajes culturales en áreas económica y socialmente diferentes pero semejantes en carácter rural y uso tradicional de los recursos: 1. Pastos de montaña (Picos de Europa-España); 2. Sistema agrosilvopastoral tradicional (Chaco-Argentina). Se analizó la situación socioeconómica de las poblaciones, su percepción del medio, de sus cambios y de las causas de estos cambios mediante encuestas. En Picos los cambios en el paisaje se caracterizan por el abandono ganadero y la pérdida de pastos y heno, mientras que el Chaco los cambios están dirigidos por la pérdida de bosques debido al avance de la frontera agrícola. Los habitantes de las dos zonas conocen los cambios pero los perciben diferentemente aunque ambos implican la degradación de los ecosistemas nativos y seminaturales y la pérdida de su uso rentable. La restauración de estos paisajes recuperaría estos valores y contribuiría a evitar el abandono rural, el mantenimiento de bienes culturales y el flujo de servicios ecosistémicos.

**Palabras clave:** Paisajes multifuncionales, usos extensivos, servicios ecosistémicos, calidad de vida.

## INTRODUCCIÓN

La relación entre las actividades agrarias y el ambiente ha conducido a definir los paisajes culturales como sistemas socioecológicos (SSE) (Rescia *et al.*, 2010). Las poblaciones locales tienen un conocimiento ecológico del paisaje que forma parte de su herencia cultural y que llevó a un razonable equilibrio entre productividad y conservación. La persistencia de los SSE depende de su resiliencia (Walker *et al.*, 2006) que está amenazada por los rápidos cambios económicos y ambientales ocurridos en las últimas décadas. La disminución de la resiliencia de los paisajes culturales afecta al flujo de los bienes y servicios que ellos proveen.

---

\* Departamento de Ecología. Universidad Complutense de Madrid. 28040. Madrid.

En Europa la población rural ha ido disminuyendo desde los años 60 si bien programas de tipo marco (PAC) han acentuado este fenómeno. Una de sus consecuencias fue la extensificación del territorio junto con la intensificación de algunos usos, afectando al mantenimiento de los paisajes culturales. En países en vías de desarrollo los sistemas rurales extensivos se han basado en la baja densidad de población y la escasa transformación del paisaje lo que ha permitido un nivel de conservación razonable. Sin embargo en los últimos años el avance de la frontera agrícola y la deforestación han incrementado los fenómenos migratorios (Aide y Grau, 2004) y la transformación rápida del territorio. La percepción, actitud e implicación de las poblaciones hacia estos cambios y sus consecuencias pueden tener marcadas diferencias entre los países desarrollados y en vías de desarrollo. El objetivo del trabajo es comparar la percepción y actitudes de las poblaciones frente a los cambios del paisaje, en dos zonas con sistemas de explotación agrosilvopastoral pero diferente grado de desarrollo. Las zonas de estudio son: 1. Zona rural de montaña (Picos de Europa-España). 2. Sistema agrosilvopastoral (Región del Chaco-Formosa-Argentina).

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Zonas de estudio

La zona de estudio de Picos de Europa se caracteriza por un paisaje en mosaico de alta heterogeneidad como resultado de las variaciones en altitud, geomorfología, vegetación y uso del territorio. La ganadería extensiva ha sido el uso predominante en esta área hasta los años 70, pero la alta disponibilidad de recursos y la estacionalidad permitió un uso diversificado de los recursos según el gradiente altitudinal. Actualmente el principal problema del área es el abandono de la actividad ganadera debido a la emigración resultando en la pérdida de la heterogeneidad del paisaje y la vulnerabilidad socioeconómica de la población local.

La zona de estudio de Chaco-Formosa tiene una geomorfología llana y dominada por bosques subtropicales de *Prosopis* (algarrobo), *Aspidosperma* y *Schinopsis* (quebrachos) con alto valor como maderables. Los usos principales eran el ganadero y forestal y la agricultura de regadío por lo que el paisaje dibujaba una matriz forestal donde se insertaban los diferentes usos. Recientemente la presión sobre el bosque ha aumentado por el avance de la frontera agrícola y la población se ha empobrecido por la pérdida de la agricultura a pequeña escala.

### Recogida de datos

Los datos socioeconómicos, de percepción de la evolución histórica de los cambios de uso y la actitud de la población frente a estos cambios fueron recogidos en 18 núcleos rurales (55% del total) del municipio de Camaleño (Picos de Europa) mediante entrevistas. Se seleccionaron 60 personas lo que supuso al menos el 10% de los habitantes. En Formosa se realizaron 60 entrevistas en las localidades de Ibarreta y Comandante Fontana (Dpto. Patiño) y sus áreas de influencia. Debido a la baja densidad poblacional los entrevistados se seleccionaron para cubrir el mayor territorio. Las encuestas tenían 114 preguntas abiertas y cerradas.

### Análisis de datos

Se utilizó estadística descriptiva para caracterizar las poblaciones según la historia personal de los habitantes, su percepción de la naturaleza, y su situación socioeconómica y un análisis factorial en componentes principales (ACP) para determinar las variables (socioeconómicas y paisaje) que discriminan las poblaciones (SPSS 17.0).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los habitantes de Picos entrevistados son ganaderos (83%) y de elevada edad (53% de más de 61 años). Tienen un nivel intermedio de educación, más del 90% ha nacido en la zona y vive

en una casa tradicional en familias pequeñas. Los habitantes de Formosa son granjeros (77%), de una edad intermedia (61% de 31 a 50 años). Su educación es básica y el 90% ha nacido en la zona. Tienen familias grandes y viven en casas tradicionales pero precarias. Más del 40% de los habitantes entrevistados de Picos tienen ganado (vacuno de carne o leche principalmente). La agricultura es una actividad residual pero no como subsistencia (45%). La producción de productos tradicionales tiene alguna importancia. Valoran positivamente el turismo pero solo el 20% tiene relación directa con la actividad. En Formosa el ganado está más diversificado y tienen una relevante agricultura también diversificada. Un pequeño grupo obtiene productos con valor añadido (queso, miel) pero no están implicados en el turismo y solo un 25% lo aprueba (Tabla 1).

Tabla 1. Porcentaje de individuos que responden afirmativamente a las preguntas realizadas en las encuestas que se indican para el estudio en Picos y en Formosa

		Picos	Formosa
<b>Variables ecológicas</b>			
¿Valora positivamente el paisaje?	PAI	55.0	77.0
¿Valora positivamente la fauna?	FAU	35.0	82.0
¿Valora positivamente la vegetación?	VEG	40.0	73.8
¿Valora positivamente la fauna autóctona?	FAUC	50.0	75.4
¿Es importante la conservación de la naturaleza?	CONS	45.0	93.4
¿Son importantes las especies emblemáticas?	EMBL	40.0	90.2
¿Son importantes las especies endémicas?	ENDEM	36.7	90.2
Los responsables de la conservación son las poblaciones locales	POB	85.0	85.2
La responsable de la conservación es la figura de protección	PN	15.0	24.6
La responsable de la conservación es la administración local	LOCAL	41.7	65.6
La responsable de la conservación es la administración provincial	PROV	15.0	70.5
La responsable de la conservación es la administración nacional	NACIO	8.3	63.9
La responsable de la conservación es una entidad superior	SUPRA	10.0	14.8
¿Es importante conservar las especies emblemáticas?	PUMA	11.7	78.7
<b>Variables de uso del territorio</b>			
¿Le gusta el manejo tradicional?	TRAD	63.3	16.4
¿Le gusta el manejo tecnificado?	TEC	65.0	24.6
¿Ha cambiado el uso de la tierra?	CAMB	26.7	39.3
¿Se puede vivir con el manejo tradicional?	MTRAD	21.7	41.0
¿El manejo se ha intensificado en los últimos años?	INTENSIF	80.0	37.7
¿Adaptaría el uso más intensivo por ser más eficiente?	EFIC	26.7	73.8
¿Adaptaría el uso más intensivo por que es menos duro que el tradicional?	DURO	20.0	23.0
Lo adaptaría porque lleva menos tiempo	TIEMPO	3.3	23.0
¿No lo adaptaría porque la maquinaria es cara?	CARA	0.0	73.8
¿No lo adaptaría porque no es aplicable?	APLICAB	6.7	29.8
No, porque siempre lo hice sin máquinas	SINMAQU	3.3	44.3
Sé hacer mejor el manejo tradicional	EFICI	0.0	32.8
<b>Variables culturales</b>			
¿Es importante la arquitectura tradicional?	ARQ.	80.0	95.1
¿Son importantes las tradiciones?	CULT	93.3	95.1
<b>Variable socio-económicas</b>			
¿Quiere compensación económica por los daños causados por los animales?	COMP	25.0	60.7
¿Tienen ganado vacuno?	VAC	41.7	75.4
¿Tienen ganado caprino?	CAP	18.3	42.6

		Picos	Formosa
¿Tienen ganado ovino?	OVI	16.7	41.0
¿Tienen aves de corral?	AVE	11.7	68.9
¿Tienen ganado equino?	EQUINOS	6.7	68.9
¿Tienen cultivos?	CULTI	6.7	70.5
¿Tienen huerto?	HUE	45.0	70.5
¿Realizan cultivo forestal?	FOR	0.0	50.8
¿Hay zonas abandonadas?	ABA	51.7	8.2
¿Hacen queso?	QUE	3.3	21.3
¿Producen bebidas?	BEBI	1.7	26.2
¿Hacen miel?	MIEL	0.0	18.0
¿Tiene tractor?	TRACTOR	28.3	24.6
¿Tiene motosierra?	MOTO	10.0	36.1
¿Ha notado la emigración?	EMIG	100	96.7
¿Ha notado el abandono rural?	ABANRU	85.0	55.7
¿Es importante el tamaño del campo para que rinda?	TAMAÑ	13.3	50.8
¿Es importante ser propietario?	PROPIE	6.7	55.7
¿La próxima generación se mantendrá en el campo?	PROXGEN	0.0	27.9
<b>El turismo</b>			
¿Regentan establecimientos hoteleros?	HOT	6.7	1.6
¿Le parece bien el ecoturismo?	ECOTEB	85.0	13.1
¿Está involucrado en el turismo?	TUR	16.7	8.2
¿Le afecta el turismo?	TUR AFC	50.0	13.1
¿Le molestan los turistas?	TURMOL	31.7	11.5
¿Los turistas arruinan el paisaje?	PAISANEG	10.0	8.2
¿Los turistas disminuyen la tranquilidad?	TRANQNEG	15.0	13.1
¿Los turistas alteran la fauna?	FAUNANEG	10.0	13.1
¿Los turistas aumentan el tráfico?	TRAF	11.7	19.7
¿Los turistas cambian las costumbres?	COSTUMB	5.0	13.1
¿Los turistas general desechos?	DESHE	8.3	16.4
¿Apoya la mejora del área para el turismo?	INFRATUR	81.7	59.0
<b>Calidad de vida</b>			
Piensa que tienen buena calidad de vida	CALI	96.7	41.0
Mejoraría su calidad de vida con dinero	DINE	30.0	77.0
Mejoraría su calidad de vida con subsidios	SUBSI	33.3	62.3
Mejoraría su calidad de vida con infraestructuras	INFRAS	26.7	73.8
Mejoraría su calidad de vida con mas comercios	COMER	11.7	65.6
Mejoraría su calidad de vida con Internet	INTERNET	10.0	41.0
Mejoraría su calidad de vida con uso del territorio sin restricciones	USO	36.7	42.6
Mejoraría su calidad de vida con mas autoridades	AUTOR	38.3	21.3

Los habitantes de entrevistados de Picos de Europa perciben que el uso del territorio ha cambiado en los últimos años, transformando su sistema de uso de intensidad baja en un sistema intensivo pero pocos de ellos han formado parte de esta transformación (solo el 28% tiene tractor u otra maquinaria). En Formosa el 39% ha percibido cambios pero un porcentaje bajo lo ha relacionado con la intensificación (38%). Así, están abiertos a adoptar prácticas intensivas, aunque lo ven improbable por su coste y dificultad de aplicar por las condiciones ambientales y la falta de tradición. En la zona de Picos estudiada la propiedad de la tierra no es un problema (80%) mientras que en Formosa es un tema central

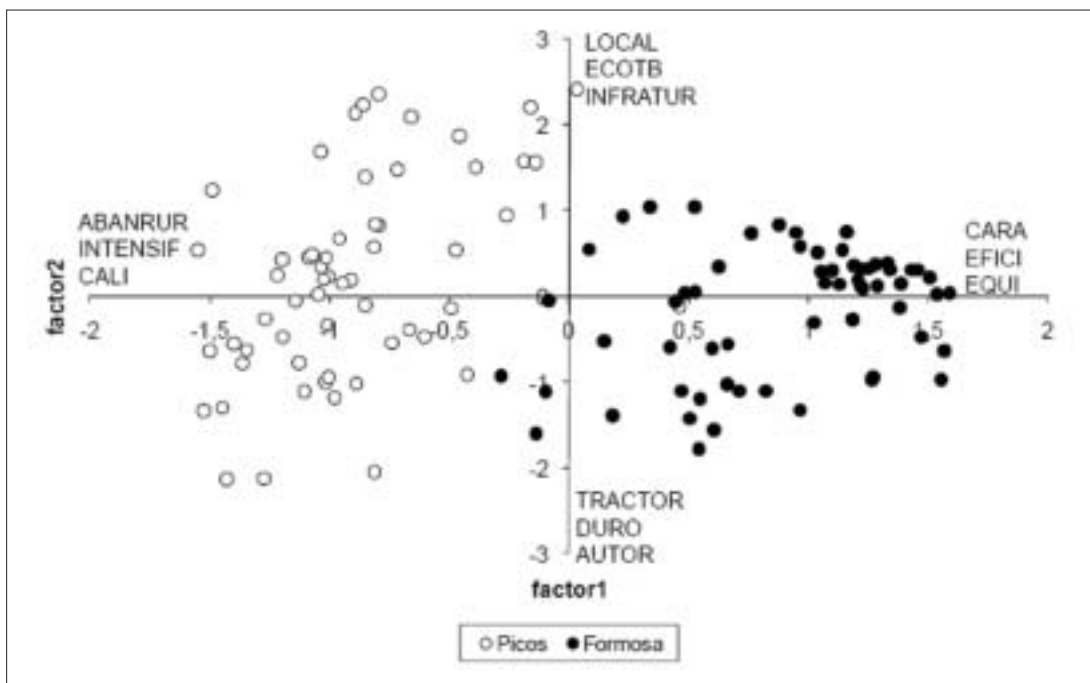


Figura 1. Proyección de las observaciones en el plano delimitado por los ejes 1 y 2 del ACP (varianza absorbida 20.4%). Se muestran las variables con más peso en cada eje (Abreviaturas en Tabla 1).

(56%). El paisaje es apreciado por la población estudiada de Picos pero le son indiferentes los valores de sus elementos aunque valoran muy negativamente a los predadores. Los habitantes de Formosa aprecian el paisaje, sus elementos y especies endémicas, prefiriendo una compensación económica a eliminar los predadores. Los habitantes de Picos creen que la Administración debería involucrarse en la conservación pero rechazan a las autoridades más cercanas (Parque Nacional). Casi todos consideran que tienen un buen nivel de vida (97%). En Formosa piensan que la Administración regional debería ser la responsable de la conservación aunque desconocen las figuras de protección. Consideran que tienen una baja calidad de vida (59%) y piensan que los subsidios y las infraestructuras podrían mejorarla.

De modo más sintético la población estudiada de Picos se caracteriza por ser consciente de las consecuencias del abandono y de la intensificación aunque valoran su calidad de vida (Figura 1). La población de Chaco-Formosa se relaciona más con las variables que piensan que mejoraría su sistema de explotación de los recursos. El grupo formoseño es más homogéneo frente a la heterogeneidad de la población de Picos (eje 2 dominado por variables relacionadas con la gestión de la conservación, las infraestructuras y el turismo) si bien hay que considerar que la varianza absorbida por estos ejes no es muy elevada.

Las poblaciones reaccionan de forma diferente a los cambios del paisaje dependiendo de diversas circunstancias y factores como el ambiente, la información y la experiencia (Kaur *et al.*, 2004). La reacción y percepción del paisaje y de los cambios de manejo fueron muy diferentes en Picos de Europa y Formosa, como asimismo se ha encontrado en otras áreas (Oliveira *et al.*, 2008). La percepción de la belleza escénica, usos o paisajes por las poblaciones muestran que ésta suele ser bastante estable a lo largo del tiempo (Palmer, 2004) lo que implica una identificación de la población con su paisaje y una visión conservadora frente a los cambios. Las identidades de las poblaciones tienen el potencial de servir como referentes para la planificación del paisaje.

## CONCLUSIONES

Ambas poblaciones locales son conscientes de los cambios del sistema en el que viven pero los perciben de manera diferente y aportan diferentes soluciones para mejorar su situación. La población estudiada de Picos parece responder mejor a la mayor estabilidad ligada a su alta identificación con el tipo de paisaje en el que viven y actividades ligadas a él. Ellos prefieren mantener la heterogeneidad del paisaje ligada a la explotación ganadera extensiva de hace 50 años frente a la homogenización debida a la pérdida de esta actividad ocurrida en la últimas décadas. Los habitantes de Formosa también perciben los cambios pero están más preocupados por su nivel de vida y reclaman aún mayor intervención (dinero, infraestructuras, etc.). Un manejo exitoso para evitar la pérdida de los paisajes y servicios debería considerar las percepciones del paisaje por parte de la población y su participación en los planes de diseño y objetivos de planificación para así contribuir a evitar conflictos potenciales entre las necesidades humanas y ecológicas.

## Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por Earthwatch Institute y por la UCM (Proyecto FGUCM nº 5258080). Han contribuido al trabajo de campo y a la toma de datos: Carlos Blasco (ONG GESER) y Julieta Bono (UMSEF-Dirección de Bosques-Argentina).

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AIDE, M.T.; GRAU, H.R., 2004. Globalization, migration and Latin American ecosystems. *Science*, **305**, 1915-1916.
- KAUR, E.; PALANG, H.; SOOVÄLI, H., 2004. Landscape in change-opposing attitudes in Saaremaa, Estonia. *Landscape Urban Planning*, **67**, 109-120.
- OLIVEIRA, R.; DNEBOSKÁ, M.; PINTO-CORREIA, T., 2008. From the landscape perception until landscaping action. How long is the way? En: *Landscape: from knowledge to action*, Ed. BERLAN-DARQUÉ, M.; LUGINBÜHL, Y.; TERRASON, D. Editions Quae, France.
- PALMER, J.F., 2004. Using metrics to predict scenic perception in a changing landscape: Dennis, Massachusetts. *Landscape Urban Planning*, **54**, 201-218.
- RESCIA, A.J.; WILLAARTS, B.A.; SCHMITZ, M.F.; AGUILERA, P.A., 2010. Changes in land uses and management in two Nature Reserves in Spain: evaluating the social-ecological resilience of cultural landscapes. *Landscape Urban Planning*, **98**, 26-35.
- WALKER, B.H.; ANDERIES, J.M.; KINZIG, A.P.; RYAN, P., 2006. Exploring resilience in social-ecological systems through comparative studies and theory development: introduction to the special issue. *Ecology and Society* **11**(1), 12.

## ASSESSMENT OF THE PERCEPTION OF LOCAL POPULATIONS OF LAND USE CHANGES IN CULTURAL LANDSCAPES IN TWO AREAS OF DIFFERENT DEVELOPMENT

### SUMMARY

In recent decades cultural landscapes have been affected by rapid changes that have altered their weak socio-ecological balance they had achieved over time mainly through their resilience. It is likely that ecological, social and economic consequences of these changes show regional differences related to development status of the population. In this paper, two cultural landscapes located in two economic and social areas with a common traditional use of resources: a mountain pasture region (Picos de Europa -Spain) and a rural area a traditional agroforestry systems (Chaco-Argentina) were considered. We analyzed the socioeconomic profile of

the local populations, their landscape perception, and land use changes through population interviews. Picos de Europa landscape changes are characterized by the lost of grasslands and meadows and caused by the abandonment of grazing. Chaco changes were due to the lost of subtropical dry forests and caused by the progress of the agricultural frontier. People perceived changes in both systems involving degradation of native ecosystems, lost of profitable use and economic decline but the consequences of the changes were perceived differently. The restoration of these cultural landscapes needs of the recovering of their ecological values. This will help to avoid rural abandonment, with a reasonable level of agricultural production and the maintenance of flow of goods and ecosystem services they can supply.

**Key word:** Multifunctional landscape, Extensive grazing, Frontier, Life Quality.





# RESPIRACIÓN DEL SUELO EN ZONAS RIPARIAS: EFECTO DE LA MATERIA ORGÁNICA, DE LA VEGETACIÓN HERBÁCEA Y DE LA BIOMASA DE RAÍCES

T. MARTÍNEZ<sup>1</sup>, L. GONZÁLEZ<sup>1</sup> y J.A. DELGADO<sup>2</sup>

## RESUMEN

La respiración del suelo es responsable de transferir grandes cantidades de carbono desde los ecosistemas terrestres hacia la atmósfera. Existen evidencias de que parámetros de la comunidad vegetal como la riqueza de especies, la biomasa y la diversidad específica pueden afectar al funcionamiento del ecosistema, pero se dispone de menor información de su efecto sobre la respiración del suelo. Consecuentemente, en este estudio se ha evaluado la contribución de distintos parámetros como la riqueza, diversidad y biomasa de la comunidad de plantas herbáceas sobre la respiración del suelo en 4 sistemas riparios diferentes, estudiándose también, el efecto de la participación de la biomasa de las raíces hasta 50 cm de profundidad y de la materia orgánica en los primeros horizontes del suelo. Los resultados mostraron que las mayores tasas de respiración se observaron en el bosque natural, y que la materia orgánica contenida en los primeros centímetros del suelo y la biomasa de raíces finas, habrían sido las principales variables responsables de las diferencias en la respiración del suelo entre las distintas áreas estudiadas.

**Palabras clave:** Bosque de ribera, ciclo del carbono, composición florística, raíces finas.

## INTRODUCCIÓN

La respiración del suelo podría representar el 40-90% de la respiración total en ecosistemas forestales, (Schlesinger y Andrews, 2000), siendo un proceso crucial dentro del ciclo del carbono en ecosistemas terrestres (Raich y Potter, 1995). El CO<sub>2</sub> producido por la respiración del suelo procedería de dos flujos principales: de la respiración de las raíces (respiración autotrófica) y de la respiración de los organismos del suelo (respiración heterotrófica), principalmente la de los microorganismos y de los hongos micorrícicos, parásitos y saprófitos, que a la vez se verían afectadas por los componentes abióticos del suelo (Lloyd y Taylor, 1994). De hecho, se ha documentado que la respiración del suelo varía dependen-

---

<sup>1</sup> IMIDRA. Consejería de Medio Ambiente, Vivienda y Ordenación del Territorio. Finca "El Encin". Apdo. 127, 28800 Alcalá de Henares, Madrid. teodora.martinez@madrid.org

<sup>2</sup> Dpto. Interuniversitario de Ecología. Facultad de Biología. Universidad Complutense de Madrid. C/ José Antonio Novais, 2. 28040 Madrid (España); delgado@bio.ucm.es

do de numerosos elementos que, a su vez, pueden interactuar entre sí. Entre ellos, factores ambientales como la temperatura y la humedad del suelo; componentes del reservorio de carbono del suelo como la biomasa de raíces y el contenido en materia orgánica del suelo; y también, características estructurales y de composición específica de la comunidad vegetal (Martin y Bolstad 2009). Por otra parte, existen evidencias de que parámetros de la comunidad vegetal como la riqueza de especies, la biomasa y la diversidad específica pueden afectar al funcionamiento del ecosistema, sin embargo, se dispone de menor información de su efecto sobre la respiración del suelo. Según Tilman *et al.* (1996), la mayor riqueza específica suele estar ligada a un aumento de la productividad de la comunidad vegetal, así pues, es esperable que la respiración del suelo también aumente. Por otra parte, la respiración del suelo es un indicador fiable de la actividad biológica total del suelo, por lo que entender las causas de su variación dentro de una comunidad vegetal y entre comunidades vegetales puede proporcionar información relevante sobre el funcionamiento de los ecosistemas a distintas escalas (Tufekcioglu *et al.*, 2001). Todo ello es especialmente relevante en zonas de ribera donde la actividad del suelo es clave para entender su funcionamiento como filtros entre los ecosistemas terrestres y los cauces fluviales. Consiguientemente el objetivo de este trabajo ha sido analizar el efecto de distintas variables concernientes a la vegetación y al suelo, así como variables abióticas como la humedad y la temperatura sobre la respiración del suelo en cuatro zonas o sistemas riparios diferentes del río Henares que venimos estudiando desde hace tiempo en distintos aspectos (Martínez *et al.*, 2005; Martínez y Delgado, 2007).

## MATERIAL Y MÉTODOS

El área de estudio se ubica en las riberas del río Henares en el término municipal de Alcalá de Henares (Centro de España); se encuentra ampliamente descrita en Martínez (2000). Se definieron cuatro zonas de ribera diferentes: Bosque de ribera natural (A), zona riparia reforestada a finales de 1994 (B), zona de ribera reforestada en 1999 (C) y zona riparia deforestada (D). En la zona A la vegetación herbácea está representada principalmente por *Cardaria draba*, *Elymus pungens* y *Cirsium arvensis* que se desarrolla bajo una cubierta de *Salix alba* y *Populus alba*, principalmente éste último. En las zonas B y C la especie predominante en el pasto es *C. draba* que supera el 80% y el 90% respectivamente de la biomasa total, se desarrolla bajo una cubierta arbórea (con árboles más desarrollados en la zona B que en la C) donde predomina *P. alba* y *Tamarix gallica* en la zona B, y *Fraxinus angustifolia* y *Tamarix gallica* en la zona C. El pasto de la zona D está dominado por *Bromus matritensis*, *Mellica ciliata* y *C. draba*, no presentando cobertura arbórea ni arbustiva. Los muestreos se realizaron en primavera de 2009. Para medir la composición de la comunidad de herbáceas, su biomasa, el contenido en raíces del suelo, el contenido en materia orgánica del suelo y la respiración del suelo se dispusieron al azar 9 cuadrados de 0,25 m<sup>2</sup> en cada una de las cuatro zonas de trabajo. La biomasa del pasto se cuantificó en kg de MS/ha cortando la vegetación a ras del suelo en cada uno de los cuadrados de muestreo. La composición florística se evaluó por separación manual de las distintas especies, evaluándose su biomasa y riqueza de especies. La diversidad de especies se calculó por el Índice de Shannon-Weaver  $H = -\sum P_i \log_2 P_i$ , utilizando los datos obtenidos en la evaluación de biomasa. Para estimar la respiración del suelo se realizaron mediciones de 5 minutos en cada uno de los cuadrados, justo tras cortar la vegetación mediante un IRGA portátil (LC pro ADC Bioscientific, Ltd. UK) acoplado a una cámara de respiración de suelo. Las medidas se realizaron entre las 11:00 y las 13:00 hora local ya que los valores de respiración del suelo en esta franja horaria son más representativos de los valores diarios en pastizales (Mielnick y Dugas, 2000). Simultáneamente se midió la temperatura del suelo a 5 cm de profundi-

dad usando un termómetro digital de suelo Multi-thermometer (-50°C ~ +300°C) con sonda de 15 cm, y la humedad del suelo (% vol) usando un TDR (Delta-T Devices, Cambridge, UK). Después de las mediciones de respiración del suelo se extraía una muestra de suelo hasta 50 cm de profundidad mediante una barrena de 2,4 cm de diámetro y un metro de altura, señalizada cada 10 cm. Las muestras de suelo se secaron al aire, y se extrajeron manualmente las raíces que contenían usando unas pinzas finas. Se clasificaron en raíces finas, con diámetro igual o inferior a 1 mm, y gruesas con diámetros superiores a 1 mm, obteniéndose su peso seco en una balanza de precisión de  $\pm 0,001$  g. Para los análisis estadísticos se utilizó la fracción raíces finas y las raíces totales, ya que la fracción de raíces gruesas presentó numerosos datos nulos. De las muestras de suelo se analizó el contenido en materia orgánica en cada intervalo de suelo (10 cm) por la técnica de Walkley y Black (1934). Los datos se analizaron mediante análisis de la covarianza donde se utilizó la respiración del suelo como variable dependiente, como factor las distintas zonas de ribera y como covariables temperatura y humedad del suelo, añadiéndose además en modelos independientes: la biomasa de raíces finas, la biomasa de raíces totales, el contenido en materia orgánica del suelo (10 primeros cm), la biomasa de pasto, la riqueza y la diversidad específica. La temperatura y humedad del suelo se mantuvieron en todos los modelos para controlar posibles interacciones con las otras covariables (Boone *et al.*, 1998).

## RESULTADOS Y DISCUSION

La *tabla 1* muestra los resultados generales de diferentes parámetros evaluados en las distintas áreas de estudio. La respiración del suelo mostró diferencias significativas entre las distintas áreas estudiadas (ANOVA,  $F=15,66$ ;  $P<0.0001$ ), siendo mayor en la zona del bosque natural que en el resto de las zonas. Igualmente, se observaron diferencias significativas entre zonas respecto al contenido en materia orgánica en los 10 primeros cm del suelo de las distintas áreas (ANOVA,  $F=38,91$ ;  $P<0.0001$ ). También se encontraron diferencias significativas en relación a la biomasa de raíces totales (ANOVA,  $F=3,52$ ;  $P<0.01$ ), raíces finas (ANOVA,  $F=4,43107$ ;  $P<0.01$ ) y biomasa aérea de pasto (ANOVA,  $F=9,43$ ;  $P<0.0001$ ).

*Tabla 1. Resultados de distintos parámetros evaluados en las zonas de estudio. Medias con letras diferentes fueron significativamente diferentes en comparaciones por pares (test LSD,  $p < 0,05$ )*

	Bosque natural	Z. Reforestada 1994	Z. Reforestada 1999	Z. Deforestada
Respiración del suelo ( $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-2}$ )	3,84a	1,40b	1,47b	0,91b
Biomasa Kg de ms de pasto $\text{ha}^{-1}$	1841,31a	3080,76b	4149,11c	3449,47bc
Biomasa de raíces finas ( $\text{kg m}^{-2}$ )	0,154a	0,057b	0,134a	0,055b
Biomasa de raíces totales ( $\text{kg m}^{-2}$ )	0,697a	0,150b	0,278ab	0,088b
M. Orgánica 10cm de suelo (%)	5,22a	2,75b	2,16b	2,21b
Nº total de Especies de plantas	25	23	14	18
Diversidad de especies	3,18	1,25	0,33	2,80

El modelo de Ancova para explicar la respiración del suelo a partir de las variaciones ambientales en humedad y temperatura del suelo mantuvo las diferencias en la respiración del suelo entre las distintas áreas. Sin embargo, las covariables no explicaron suficientemente las variaciones en respiración del suelo entre las zonas; además, las covariables no correlacionaron con la respiración del suelo dentro de las distintas áreas, lo que indica que tampoco explican la variación de la respiración del suelo dentro de cada zona (*Tabla 2*, modelo 1). En los sucesivos modelos rea-

lizados destaca que sólo la inclusión de raíces finas y el contenido en materia orgánica (modelos 3 y 4) aumentan el  $R^2$  del modelo 1. En ambos modelos la covariable añadida explica las variaciones intra zona, existiendo una asociación positiva dentro de cada zona con la respiración del suelo (Tabla 2). La pérdida de significación de la variable categórica zonas en el modelo 4 implica que las diferencias en respiración están afectadas considerablemente por el contenido en materia orgánica del suelo de las distintas zonas. Igualmente, la fuerte reducción de la varianza explicada por la variable categórica zonas en el modelo 3 implica que la diferencia de raíces finas entre zonas, influye en las diferencias en respiración encontradas entre ellas. Dado que la inclusión de la biomasa de raíces totales no presenta el mismo efecto (modelo 2). Esto sugiere que las raíces finas presentan mayor relevancia a la hora de explicar la diferencia en valores de respiración entre zonas que las raíces totales, resultados que coinciden con otros estudios (Zogg *et al.*, 1996). El que la biomasa de raíces finas explique mejor las variaciones en respiración del suelo que la biomasa de las raíces totales podría estar relacionado con el hecho de que las raíces finas presentarían mayores tasas metabólicas y que están más ligadas con los microorganismos y los

**Tabla 2. Modelos de ANCOVA para la respiración del suelo en las áreas de estudio manteniendo fijos los efectos de la humedad y la temperatura del suelo y añadiendo como covariables la biomasa de raíces totales, la de raíces finas, el contenido en materia orgánica del suelo, la biomasa de pasto, la riqueza y la diversidad específica del pasto**

	Parámetros	F	P
Modelo 1 $R^2=0,559$	Zonas	9,111963	0,000193
	Humedad del suelo	0,538582	0,468718
	Temperatura del suelo	0,788838	0,381518
Modelo 2 $R^2=0,557$	Zonas	5,672916	0,003488
	Humedad del suelo	0,701977	0,408973
	Temperatura del suelo	0,547711	0,465204
	Raíces totales	0,868486	0,359069
Modelo 3 $R^2=0,610$	Zonas	3,774481	0,021127
	Humedad del suelo	1,922688	0,176129
	Temperatura del suelo	0,014310	0,905606
	Raíces finas	3,774481	0,021127
Modelo 4 $R^2=0,616$	Zonas	0,945584	0,431449
	Humedad del suelo	1,069241	0,309663
	Temperatura del suelo	0,721073	0,402748
	Materia orgánica	5,523289	0,025781
Modelo 5 $R^2=0,548$	Zonas	7,691524	0,000628
	Humedad del suelo	0,452341	0,506549
	Temperatura del suelo	0,800221	0,378392
	Biomasa pasto	0,303099	0,586163
Modelo 6 $R^2=0,555$	Zonas	9,146441	0,000203
	Humedad del suelo	0,562784	0,459184
	Temperatura del suelo	0,616858	0,438587
	Riqueza de especies	0,762895	0,389599
Modelo 7 $R^2=0,5469$	Zonas	8,929047	0,000240
	Humedad del suelo	0,556565	0,461653
	Temperatura del suelo	0,677921	0,417023
	Diversidad de especies	0,223464	0,639952

hongos micorrícicos (Tisdall, 1994). Sin embargo, la relación entre la biomasa de raíces finas y la respiración no puede interpretarse directamente como variaciones debidas a la respiración autótrofa, pues la mayor actividad de las raíces finas también implica una mayor actividad de la rizosfera asociada. La presencia y actividad de los microorganismos aumenta a partir de la liberación de sustratos orgánicos desde las raíces, como azúcares, aminoácidos, enzimas, hormonas, nucleótidos o polifenoles (Janzen y Bruinsma, 1989).

Por otra parte, la biomasa aérea de pasto no explica las diferencias entre zonas en la respiración del suelo, ni tampoco las variaciones dentro de las zonas (*Tabla 2*, modelo 5). Igualmente, la riqueza y la diversidad de la vegetación herbácea tampoco reflejó ningún tipo de efecto directo sobre las diferencias de respiración entre zonas. Se ha sugerido que esta falta de relación entre la diversidad vegetal y la respiración del suelo puede deberse a la diversidad de grupos funcionales que se sobrepone sobre la diversidad específica y a la existencia de efectos a largo plazo de la historia de uso, que no quedan reflejados inmediatamente sobre la diversidad vegetal (Gastine *et al.*, 2003).

## CONCLUSIONES

La respiración del suelo mostró diferencias significativas entre las distintas zonas de ribera estudiadas siendo mayor en el bosque natural.

La materia orgánica contenida en los 10 primeros centímetros del suelo habría sido la principal responsable de las diferencias en respiración del suelo entre las distintas áreas estudiadas, teniendo también las raíces finas cierto efecto en las variaciones observadas en la respiración del suelo.

La biomasa aérea del pasto, su riqueza específica o su diversidad no se relacionaron directamente con las tasas de respiración encontradas.

## Agradecimientos

Para este trabajo se ha contado con la financiación del proyecto INIA RTA2006-00101-00-00.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- BOONE, R.D.; NADELHOFFER, K.J.; CANARY, J.D.; KAYE, J.P., 1998. Roots exert a strong influence on the temperature sensitivity of soil respiration. *Nature* 396: 570-572.
- JANZEN, H.H.; BRUINSMA, Y., 1989. Methodology for the quantification of root and rhizosphere nitrogen dynamics by exposure of shoots to <sup>15</sup>N-labelled ammonia. *Soil Biology and Biochemistry*, **21**, 189-196.
- LLOYD, J.; TAYLOR, J.A., 1994. On the temperature dependence of soil respiration. *Functional Ecology*, **8**, 315-323.
- MARTIN, J.G; BOLSTAD, P.V., 2009. Variation of soil respiration at three spatial scales: Components within measurements, intra-site variation and patterns on the landscape. *Soil Biology y Biochemistry*, **41**, 530-543.
- MARTINEZ, T., 2000. *Vegetación de ribera del río Henares en la Comunidad de Madrid*. Consejería de Medio Ambiente, Comunidad de Madrid, 108 pp. Madrid (España)
- MARTINEZ, T.; MARTÍNEZ, M.; DÍAZ, Y., 2005. Biomasa y composición florística de la vegetación herbácea de zonas de ribera, su efecto en la captura de carbono. En: *Producciones agroganaderas: gestión eficiente y conservación del medio natural*, K. OSORO *et al.* (Eds). AsturGraf. Asturias (España), 875-881.
- MARTINEZ, T.; DELGADO, J.A., 2007. Distribución y evolución de la biomasa de raíces finas en distintas zonas de ribera. En: *Los Sistemas forrajeros: Entre la Producción y el paisaje*, SEEP, Vitoria (España), 83-90.

- MIELNICK, P.C.; DUGAS, W.A., 2000. Soil CO<sub>2</sub> flux in a tallgrassprairie. *Soil Biol. Biochem.* **32**, 221–228.
- RAICH, J.W.; POTTER, C.S., 1995. Global patterns of carbon dioxide emissions from soils. *Global Biogeochemistry Cycles*, **9**, 23–36.
- SCHLESINGER, W.H.; ANDREWS, J.A., 2000. Soil respiration and the global carbon cycle. *Biogeochemistry*, **48**, 7–20.
- SILVERTOWN, J., 2004. Plant coexistence and the niche. *Trends in Ecology and Evolution*, **19**, 605–611.
- TILMAN, D.; WEDIN, D.; KNOPS, J.M.H., 1996. Productivity and sustainability influenced by biodiversity in grassland ecosystems. *Nature*, **379**, 718–720.
- TISDALL, J. M., 1994. Possible role of soil microorganisms in aggregation in soils. In: *Management of Mycorrhizas in Agriculture, Horticulture and Forestry*, Eds A D Robson, L K Abbott and N Malajczuk, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 115–121.
- TUFEKCIOGLU, A.; RAICH, J.; ISENHART, T.M.; SCHULTZ, R.C., 2001. Soil respiration with- in riparian buffers and adjacent crop fields. *Plant and Soil*, **229**, 117–124.
- WALKLEY, A.; BLACK, I.A., 1934. An examination of the Degtjareff method for determining organic carbon in soils: Effect of variations in digestion conditions and of inorganic soil constituents. *Soil Sci.*, **63**, 251–263.
- ZOGG, G.P.; ZAK, D.R.; BURTON, A.J.; PREGITZER, K.S., 1996. Fine root respiration in north- ern hardwood forests in relation to temperature and nitrogen availability, *Tree Physiology*, **16**, 719–725.
- GASTINE, A.; SCHERER-LORENZEN, M.; LEADLEY P.W., 2003. No consistent effects of plant diversity on root biomass, soil biota and soil abiotic conditions in temperate grassland communities. *Applied Soil Ecology*, **24**, 101–111.
- HÄTTENSCHWILER, S.; TIUNOV, A.V.; SCHEU, S., 2005. Biodiversity and litter decomposi- tion in terrestrial ecosystems. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.*, **36**, 191–218.

## RESPIRATION OF SOIL IN DIFFERENT RIPARIAN AREAS: EFFECT OF SOIL ORGANIC MATTER, HERBACEOUS VEGETATION AND ROOT BIOMASS

### SUMMARY

Soil respiration is one of the main fluxes from terrestrial ecosystems to the atmosphere. There are several evidences suggesting that macroscopic parameters of plant communities such as species richness, biomass and specific diversity could affect ecosystem function. Nevertheless, there are less data on the effects of these parameters on soil respiration. Therefore, in this study the contribution of different parameters such as species richness, diversity and biomass of herbaceous plants on soil respiration has been assessed in 4 different riparian systems, the effects of root biomass to 50 cm depth and soil organic matter content in the first soil layers were also analysed. Results showed that higher soil respiration rates were in the natural forest and that soil organic matter content and fine root biomass were the main variables accounting for differences in soil respiration between the different studied systems.

**Key words:** Riparian forest, carbon cycle, floristic composition, fine roots

## FLUJOS DE CO<sub>2</sub> DEL SUELO EN UNA DEHESA DEL CENTRO PENINSULAR

C. URIBE<sup>\* 1</sup>, L. HERNANDO<sup>1, 2</sup>, M. ROMÁN<sup>1, 2</sup>, S. ROIG<sup>2</sup> y R. INCLÁN<sup>1</sup>

### RESUMEN

En los últimos tiempos se han incrementado las iniciativas para proteger y aumentar el uso sostenible de las dehesas españolas, buscando una gestión eficiente del sistema que permita alcanzar el equilibrio entre los bienes medioambientales, socioeconómicos y los servicios, incluyendo el papel que juegan estos sistemas como reservorios de carbono. Con objeto de mejorar nuestros conocimientos sobre los flujos de carbono en estos sistemas, se ha investigado la influencia de la cubierta arbórea, el pastoreo y el labrado en los flujos de emisión de CO<sub>2</sub> procedentes de la respiración del suelo. Los flujos se midieron a lo largo de diez muestreos con un LI-COR 6400 en una dehesa en Oropesa, Toledo. Simultáneamente se midió la temperatura y la humedad del suelo. El valor medio anual obtenido de la respiración del suelo fue de 1,84  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ . Los resultados obtenidos señalan a la humedad del suelo, como el principal factor que controla la respiración del suelo frente a la temperatura del suelo; obteniéndose una correlación positiva de la respiración del suelo con la temperatura del suelo cuando la humedad del suelo es alta. Los valores de  $Q_{10}$  variaron desde 0,3 en los meses más secos hasta 3,8 en los más húmedos. La respiración del suelo y el *stock* de C fueron mayores bajo copa que fuera de copa. No se ha podido observar un patrón claro de influencia en la respiración del suelo por el labrado, aunque el pastoreo disminuyó las tasas de respiración.

**Palabras clave:** respiración del suelo; pastoreo; laboreo; *stock* de C

### INTRODUCCIÓN

La dehesa es un agrobiosistema mediterráneo de gran importancia ecológica, económica y social. En la actualidad se evalúa la capacidad del sistema en una nueva tarea: la contribución a la disminución de las emisiones de gases de efecto invernadero y la captura de carbono en los compartimentos vegetales y el suelo. Después de la fotosíntesis, la respiración del suelo, es el flujo de carbono más importante en la mayoría de los ecosistemas, suponiendo un 60-70 % del total de la respiración del mismo.

---

<sup>1</sup> Ecotoxicología de la Contaminación Atmosférica. CIEMAT, Avda. Complutense 22, 28040 Madrid, España.

<sup>2</sup> Departamento de Silvopascicultura. Universidad Politécnica de Madrid. 28040 Madrid, España.

\* [carla.uribe@ciemat.es](mailto:carla.uribe@ciemat.es)

La respiración del suelo es especialmente sensible a la temperatura y humedad del suelo (Rey *et al.*, 2010). Entender cómo influyen las prácticas silvopastorales características de las dehesas en los suelos y en el ciclo de C, es fundamental para conocer el papel que desempeñan estos sistemas en la dinámica global del C y en el calentamiento global. El objetivo de este trabajo ha sido estudiar la influencia de la copa, el pastoreo y la duración del efecto del laboreo, en la respiración del suelo y en el contenido de C del suelo.

## MATERIAL Y MÉTODOS

El experimento se realizó entre julio de 2008 y julio de 2010 en la finca el "Dehesón del Encinar" (Oropesa, Toledo; X UTM N30=319780 y Y UTM N30= 4428900). La finca ocupa 725 ha de superficie, con una altitud media de 350 metros. El clima es mediterráneo continental, con una precipitación y temperatura media de 572 mm y 15,2 °C respectivamente. Los suelos, de origen granítico, son Arenosoles háplicos y Alisoles háplicos (FAO, 1998) con un pH ácido y un bajo contenido en materia orgánica. La vegetación arbórea la constituyen fundamentalmente *Quercus ilex* subsp. *ballota* y *Quercus suber* L. En la finca se seleccionaron dos zonas sometidas a pastoreo y otras dos en las que se evitó la entrada del ganado. En cada zona se escogieron 8 árboles, cuatro de los cuales se labraron en marzo de 2008. De tal modo que se obtuvieron los siguientes tratamientos: (1) No pastoreado-No labrado (NPNL), (2) No pastoreado-Labrado (NPL), (3) Pastoreado-No labrado (PNL) y (4) Pastoreado-Labrado (PL).

Para realizar las medidas de respiración del suelo ( $R_s$ ), en junio de 2008, se insertaron en el suelo 4 aros de PVC (11 cm. de diámetro por 4,5 cm. de altura) bajo copa y 1 aro fuera de copa en cada árbol (en total 136 aros). En los aros se midió  $R_s$  mediante un sistema dinámico cerrado LI-6400 (LI-COR INC) unido a una cámara LI-6400-9.  $R_s$  está formada por la respiración de las raíces y las micorrizas asociadas (Respiración Autótrofa) y la descomposición de la materia orgánica (Respiración Heterótrofa).

Simultáneamente a la  $R_s$ , se midió la temperatura del suelo ( $T_s$ ) con un termopar (Omega Engineering) y la humedad del suelo ( $H_s$ ) con un TDR (TRIMEG INKO). Al final del experimento se cogieron muestras del suelo situado bajo los aros usados para medir  $R_s$ , mediante un cilindro metálico (5,5 cm. de diámetro y 4 cm. de altura) donde se analizó el contenido total de C (%) mediante un analizador elemental LECO TRUSPEC (LECO Corp). Además se calculó la densidad seca del suelo ( $\text{g cm}^{-3}$ ) para obtener los valores del *stock* de carbono ( $\text{Mg. C ha}^{-1}$ ) de las zonas muestreadas. Los datos meteorológicos recogidos durante el periodo de estudio proceden de la estación meteorológica ubicada en la propia finca. El estudio de las diferencias en los valores de  $R_s$ ,  $T_s$  y  $H_s$ , debidas a la influencia de la copa, el pastoreo y el laboreo, se realizó mediante un análisis de la varianza (ANOVA). La relación entre la  $R_s$ , la  $T_s$  y la  $H_s$  se estableció a través de un estudio de correlaciones, mediante el coeficiente de Spearman para muestras no homogéneas. La sensibilidad de la  $R_s$  frente a la  $T_s$ , se analizó mediante la ecuación de ajuste  $Q_{10}$  (Janssens y Pilegaard, 2003):

$$RS = R_{10} \times Q_{10}^{((T-10)/10)}$$

Donde  $RS$  ( $\mu\text{mol de CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ) es el flujo de respiración del suelo,  $R_{10}$  es la  $RS$  simulada a una temperatura del suelo de 10 °C, utilizada frecuentemente para comparar las características de  $RS$  de los ecosistemas;  $Q_{10}$  es la sensibilidad a la temperatura de  $RS$  y  $T$  es la temperatura medida en el suelo. En todos los análisis estadísticos realizados se ha utilizado el programa *STATISTICA 6.0*.



## RESULTADOS

### Flujo de CO<sub>2</sub> en función de la estacionalidad

Debido a la gran variabilidad en las condiciones climatológicas encontradas durante el estudio, se establecieron cuatro grupos teniendo en cuenta el rango de valores de precipitación acumulada (mm) y temperatura ambiente media ( $T^a$ , °C) registrados durante el experimento. Los grupos pre-establecidos fueron 0-15 °C/0-30 mm, 0-15 °C/>30 mm, 15-30 °C/0-30 mm y 15-30 °C/>30 mm. Los resultados muestran unos valores de  $R_s$  significativamente mayores en los meses cuya precipitación acumulada es superior a 30 mm y la  $T^a$  media es superior a 15°C, mientras que en los meses de menor precipitación la  $R_s$  es significativamente mayor cuando la  $T^a$  media es inferior a 15 °C (Figura 1).

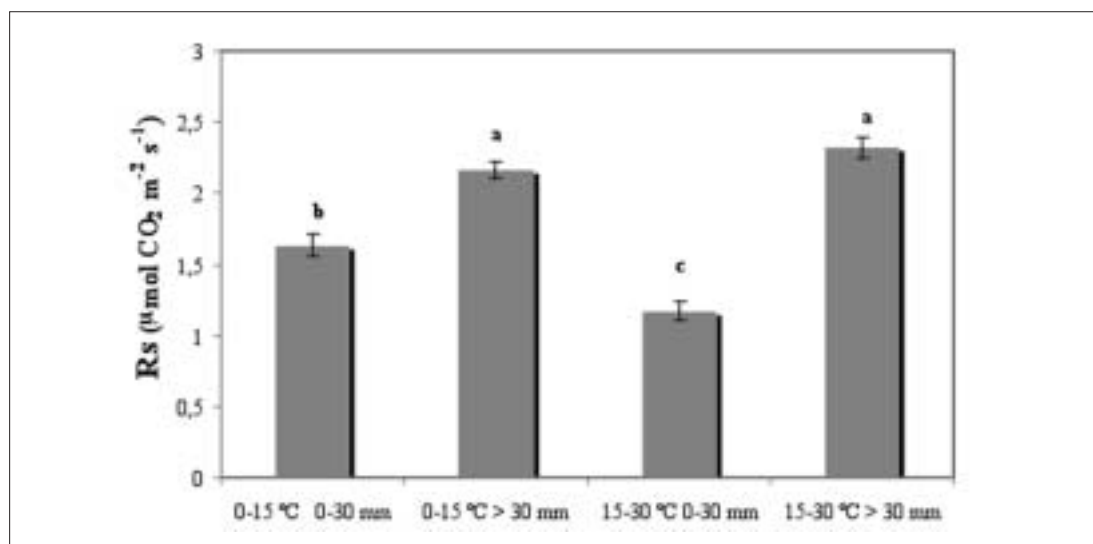


Figura 1. Valores medios de la respiración del suelo ( $R_s$ ) según la  $T^a$  media y la precipitación acumulada. Las diferentes letras indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre las medias.

### Flujo de CO<sub>2</sub> en función de la $T_s$ y $H_s$

Teniendo en cuenta los rangos estacionales predeterminados se observó una correlación significativamente positiva ( $\rho = 0,25$ ;  $p < 0,05$ ) de la  $R_s$  con la  $T_s$  en los casos de los meses de mayor precipitación. Y una correlación significativamente positiva entre la  $R_s$  y la  $H_s$  en los meses más cálidos ( $\rho = 0,33$ ;  $p < 0,05$ ). La  $R_s$  y la  $T_s$  se correlacionaban significativamente de forma positiva ( $\rho = 0,80$ ;  $p < 0,05$ ) por encima de un umbral de  $H_s$  (>10 %), y de forma negativa ( $\rho = -0,57$ ;  $p < 0,05$ ) por debajo de este umbral. Los valores de  $Q_{10}$  fueron de 3,8 cuando la  $H_s$  era alta (>10%) y de 0,3 cuando era baja (<10%) mostrando una sensibilidad diferente de la  $R_s$  a la  $T_s$  en función del factor  $H_s$ .

### Flujo de CO<sub>2</sub> en función del tratamiento

Se han observado diferencias significativas en los valores de  $R_s$  entre las parcelas pastoreadas y no pastoreadas, siendo la  $R_s$  mayor en las parcelas no pastoreadas en los meses de Julio y Agosto de 2008, y repitiéndose esta tendencia en Abril y Septiembre de 2009 (Figura 2). Estas diferencias no resultan significativas al calcular los valores medios de cada tratamiento (Figura 2). La  $R_s$  no resultó significativamente diferente comparando las zonas labradas y no labradas.

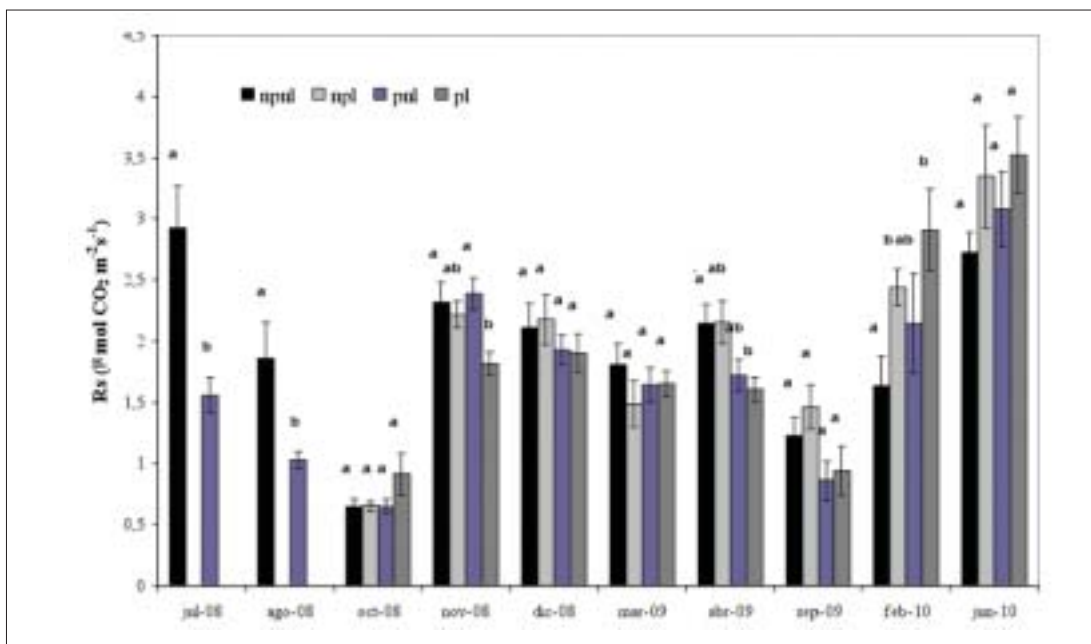


Figura 2. Resultados medios para cada muestreo de respiración del suelo (Rs) en cada uno de los tratamientos. Las diferentes letras indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre los valores medios de la Rs en cada periodo muestreado.

### Influencia del arbolado en el flujo de $\text{CO}_2$

Los valores de Rs del suelo fueron significativamente mayores bajo la copa en todos los muestreos realizados excepto en los meses de noviembre 2008, marzo 2009 y abril 2009 (Figura 3).

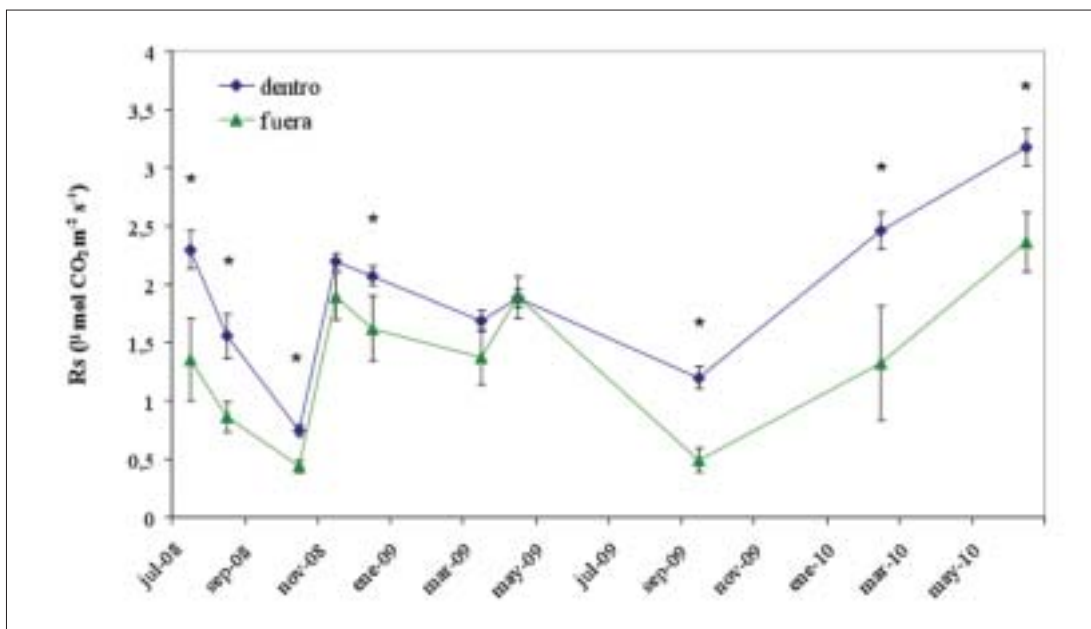


Figura 3. Valores medios de la respiración del suelo (Rs) dentro y fuera de la influencia de la copa de los árboles en cada uno de los muestreos. Los asteriscos indican diferencias significativas entre las medias.



muestreados podría atribuirse a la irregularidad del pastoreo en la finca y a la presencia, en ocasiones, de herbívoros silvestres en las parcelas no pastoreadas, lo cual podría enmascarar diferencias entre los tratamientos. La presencia del arbolado influyó de modo significativo en la  $R_s$ , observándose un incremento en la  $R_s$  bajo la copa. Similares resultados fueron observados en otros ecosistemas mediterráneo (Almagro *et al.*, 2009). Una mayor fertilidad edáfica, una mayor humedad y un mayor número de raicillas debido a una mayor presencia de vegetación herbácea podrían ser la causa del incremento de la  $R_s$  (Rasse *et al.*, 2005). En este sentido, en nuestro estudio los valores mayores de *stock* de carbono bajo cubierta podrían relacionarse con un incremento de la fertilidad del suelo y los mayores valores de  $R_s$  encontrados. Además los valores mayores de  $R_s$  bajo copa se podrían relacionar con el incremento del número de raicillas debido a un mayor número de especies herbáceas bajo cubierta. De hecho Gea *et al.* (2005) observaron en el "Dehesón del Encinar" una mayor cantidad de pasto bajo copa, además de un cambio en la composición de especies.

### Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por los proyectos del Plan Nacional de Investigación SUM2006-00034, CGL2006-02922, CGL2009-07031. Agradecemos al personal del CIA, "Dehesón del Encinar" y en especial a Celia López Carrasco por el apoyo prestado. Asimismo agradecemos la ayuda de D. Agustín Rubio y D. Eugenio Díaz-Pines.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMAGRO, M.; LÓPEZ, J.; QUEREJETA, J.I.; MARTÍNEZ-MENA, M., 2009. Temperature dependence of soil CO<sub>2</sub> efflux is strongly modulated by seasonal patterns of moisture availability in a Mediterranean ecosystem. *Soil Biology and Biochemistry*, **41**, 594-605.
- CALDERÓN, F.J.; JACKSON, L.E.; SCOW, K.M.; ROLSTON, D.E., 2000. Microbial responses to simulated tillage in cultivated and uncultivated soils. *Soil Biology and Biochemistry*, **32**, 1547-1559.
- CURIELYUSTE, J.; JANSSENS, I.A.; CARRARA, A.; MEIRESONNE, L.; CEULEMANS, R., 2003. Interactive effects of temperature and precipitation on soil respiration in a temperate maritime pine forest. *Tree Physiology*, **23** (18), 1263-1270.
- GEA IZQUIERDO, G.; CAÑELLAS, I.; CALAMA, R.; SÁNCHEZ, M.; MONTERO, G., 2005. Influencia de la encina sobre el pasto: consecuencias sobre el manejo silvopastoral. *IV Congreso Forestal Español, Zaragoza*.
- INCLÁN, R.; URIBE, C.; DE LA TORRE D.; SÁNCHEZ, D.M.; CLAVERO, M.A.; FERNÁNDEZ., 2010. Carbon dioxide fluxes across the Sierra de Guadarrama. *European Journal of Forest Research*, **129**, 93-100.
- JANSSENS, I.A.; PILEGAARD, K., 2003. Large seasonal changes in  $Q_{10}$  of soil respiration in a beech forest. *Global Change Biology*, **9**, 911-918.
- LÓPEZ-GARRIDO, R.; DÍAZ-ESPEJO, A.; MADEJÓN, E.; MURILLO, J.M.; MORENO, F., 2009. Carbon losses by tillage under semi-arid Mediterranean rainfed agriculture (SW Spain). *Spanish Journal of Agricultural Research*, **7**, 706-716.
- RASSE, D.P.; RUMPEL, C.; DIGNAC, M.F., 2005. Is soil carbon mostly root carbon? Mechanisms for a specific stabilisation. *Plant soil*, **269**, 341-356.
- REY, A.; PEGORARO, E.; OYONARTE, C.; WERE, A.; ESCRIBANO, P.; RAIMUNDO, J., 2010. Impact of degradation on soil respiration in a steppe (*Stipa tenacissima* L.) semi-arid ecosystem in the SE of Spain. *Soil Biology and Biochemistry* doi: 10.1016/j.soilbio.2010.11.007.

## SOIL CO<sub>2</sub> EFFLUX IN A DEHESA IN CENTRAL SPAIN

### SUMMARY

In recent times efforts to protect and enhance the sustainable use in Spanish dehesas have increased, looking for an efficient management system to achieve a balance between environmental and socioeconomic services including their role as carbon reservoirs. With the aim of improving our understanding about carbon efflux on these systems, we investigated the influence of trees, livestock and tillage on soil CO<sub>2</sub> efflux. The soil CO<sub>2</sub> efflux was measured over a year with a LI-COR 6400 in a dehesa in Oropesa (Toledo, Spain). Simultaneously, it was measured the soil temperature (Ts) and moisture (Hs). The mean value of annual soil respiration is 1.84  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ . The results indicates that Hs is the main factor in the soil respiration in comparison to Ts. It was obtained a positive correlation of soil respiration with Ts when Hs is high. Q<sub>10</sub> values vary from 0.3 in the driest months to 3.8 in wet months. Soil respiration, and stocks of C were higher under the canopy than outside. There is no clear pattern of tillage influence on soil respiration, although grazing appears to decrease soil respiration.

**Keywords:** soil respiration, grazing, tillage, C stock



## VARIACIONES ESTACIONALES DE ÓXIDO NITROSO EN PRADERAS DE PASTOREO EN GALICIA

A. LOURO LÓPEZ, D. BÁEZ BERNAL, M.I. GARCÍA POMAR y J. CASTRO ÍNSUA \*

### RESUMEN

Las excretas de los animales durante el pastoreo pueden incrementar la cantidad de puntos emisores de  $N_2O$  o *hot spots*. Este hecho, junto a las características de su clima atlántico, hace de Galicia una región susceptible de emitir grandes cantidades de este gas de efecto invernadero. El objetivo planteado en este trabajo fue cuantificar las emisiones de  $N_2O$  en praderas bajo manejo de pastoreo durante los años 2008 y 2009, así como estudiar la influencia de la presión del ganado en la producción del gas. Los resultados mostraron que la producción de  $N_2O$  estuvo muy influenciada por la evolución de la temperatura y humedad de suelo a lo largo de los años. Las primaveras de ambos años de estudio, así como el otoño de 2008, fueron las estaciones que más contribuyeron a la cantidad total de  $N_2O$  emitido. Además, se observó que la cantidad de  $N_2O$  estuvo correlacionada con la presión de pastoreo, de forma que en el período estudiado, un aumento de 100-125 vacas-día/ha supuso un incremento medio en la producción de  $N_2O$  del 5%.

**Palabras clave:**  $N_2O$ , cámara cerrada, presión de pastoreo, praderas.

### INTRODUCCIÓN

El desarrollo de sistemas sostenibles de producción de leche puede lograrse con la utilización racional de los recursos forrajeros propios de las explotaciones. Los prados y praderas en Galicia representan el 12% de su superficie total y el 44% de la superficie agraria útil, y de ellos el 37% corresponde a praderas. El aprovechamiento directo del pasto por el ganado puede lograr una eficiente utilización de la biomasa fresca y altos niveles productivos de leche. Cuando el terreno es pastado, el número de *hot spots* (procedentes de los procesos microbiológicos de nitrificación y desnitrificación) aumenta como consecuencia de los aportes localizados de  $NO_3^-$  y C disponible procedentes de las excretas animales y de la compactación del suelo causada por el ganado durante el pastoreo. Este hecho hace que se liberen a la atmósfera cantidades de óxido nitroso ( $N_2O$ ), gas de efecto invernadero implicado en la destrucción del ozono estratosférico. En trabajos anteriores se observó como un incremento en la carga ganadera en la estación de pastoreo puede suponer un aumento

---

\* Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo (CIAM) INGACAL. Xunta de Galicia, Apartado 10, 15080 La Coruña. [aranzazulouro@ciam.es](mailto:aranzazulouro@ciam.es)

en la emisión de este gas (Báez *et al.*, 2009). Muchos autores destacan la importancia de otros factores, a parte del contenido de N mineral en suelo, como responsables de la emisión de N<sub>2</sub>O, entre ellos la temperatura y la humedad del suelo. Ambos ejercen su influencia en la actividad microbiana y definen las condiciones de aerobiosis/anaerobiosis necesarias para que tengan lugar los procesos de nitrificación/desnitrificación. En Galicia, las elevadas precipitaciones anuales distribuidas a lo largo del año y la escasa oscilación térmica característicos del clima atlántico, hacen que se puedan emitir grandes cantidades de N<sub>2</sub>O. El objetivo planteado en este trabajo fue cuantificar las emisiones de N<sub>2</sub>O en praderas bajo manejo de pastoreo durante los años 2008 y 2009, estudiar la variación estacional y la influencia que puede tener la presión de pastoreo en la producción de este gas.

## MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo entre los meses de abril de 2008 y agosto de 2009 en la finca experimental del Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo, en Abegondo (A Coruña) (long.: 43° 14' 50" ; lat.: 8° 15' 14" ; alt.: 94 m), sobre un suelo de textura franco-limosa (capa de 0-30 cm: 27% arena, 56% limo, 17% arcilla,) y bajo un clima templado-húmedo que se caracterizó por una temperatura media de 13,3 °C y precipitación de 1093 mm (media de 10 años anteriores, 1997-2007). En 2008 los valores de temperatura y precipitaciones registrados fueron de 13,50 °C y 1409 mm frente a 13,41 °C y 1373 mm obtenidos en 2009. El análisis inicial del suelo (capa 0-30 cm) mostró los siguientes valores: pH 5,6; materia orgánica 53,0 g/kg; N 2,5 g/kg; P (Olsen) 18,2 g/kg; K (nitrato amónico) 195,9 g/kg.

Las emisiones de N<sub>2</sub>O fueron determinadas en praderas sembradas con raigrás inglés (*Lolium perenne* L.) y trébol blanco (*Trifolium repens* L.) y pastadas de forma rotacional por diferentes grupos de vacas del rebaño lechero del CIAM. Los aportes de fertilizante mineral en cada parcela se realizaron teniendo en cuenta los valores de fertilidad del suelo a la salida del invierno y siguiendo las recomendaciones de abonado para praderas pastadas con presencia de leguminosas.

Para el cálculo de la presión de pastoreo ejercida por el ganado en las parcelas se utilizó el número de vacas-días/ha normalizados a 24 horas (JPP), de forma que para cada entrada del ganado en las parcelas este valor viene dado por la expresión:  $JPPi = (N^{\circ} \text{ animales} * \text{Coeficiente UGM}) * (N^{\circ} \text{ días de pastoreo} * N^{\circ} \text{ de horas por día} / 24 \text{ horas})$  y la presión total estacional/anual fue determinada por la suma de todos los JPPi en el periodo considerado.

Los muestreos de gases se realizaron en seis praderas, tres de baja (B1, B2, B3) y tres de alta presión de pastoreo (A1, A2, A3), así como en dos parcelas control (sin fertilización nitrogenada). Para el muestreo de gases, 4 cámaras de PVC fueron instaladas en cada parcela, las cuáles se mantenían cerradas un período de 45 a 90 min (Ryden y Rolston, 1983). Transcurrido ese tiempo, una muestra gaseosa de 10 ml era recogida del interior de cada cámara y almacenada en un *vacutainer*. La concentración de N<sub>2</sub>O fue determinada mediante cromatografía gaseosa con detector <sup>63</sup>Ni ECD y la emisión de N<sub>2</sub>O se expresó en µg N-N<sub>2</sub>O/m<sup>2</sup>h teniendo en cuenta el incremento de N<sub>2</sub>O en cada cámara respecto al valor inicial en el momento de cierre. Para cuantificar las pérdidas de N<sub>2</sub>O acumuladas en un determinado período se asumió el valor medio de emisión entre fechas de muestreo consecutivas. Tras el muestreo gaseoso, se recogieron muestras de suelo en la capa superficial de 0-10 cm dentro de cada cámara, se mezclaron y se procesó una única muestra por parcela. Los contenidos de N mineral (amonio y nitrato) fueron determinados a partir del extracto 1:2 (suelo: 1N KCl) mediante métodos colorimétricos, empleando un autoanalizador de flujo segmentado (MT7, Bran+Luebbe). El resto de la muestra de suelo se empleó para determinar la humedad introduciendo para ello la muestra en estufa a 105°C hasta peso constante. El



valor de humedad se expresó en porcentaje de volumen de poros del suelo llenos de agua (WFPS) a partir de la expresión:  $\%WFPS = ((H_2O)_{ps} * d_{aparente}) / \text{porosidad} * 100$ , porosidad =  $(1 - d_{aparente}) / 2,65$ , siendo  $(H_2O)_{ps}$  el % agua sobre suelo seco,  $d_{aparente}$  densidad aparente de la capa 0-10 cm suelo ( $g/cm^3$ ) y 2,65 la densidad de partícula del suelo ( $Mg/m^3$ ).

Los valores medios diarios de temperatura de suelo en la capa superficial de 0-10 cm, así como precipitaciones registradas durante el estudio, fueron tomados de la estación meteorológica situada en la finca experimental del CIAM.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la *figura 1a* se muestra la evolución de las tasas diarias de emisión de  $N_2O$ , en la *figura 1b* las temperaturas en el suelo y aire registradas y, en la *figura 1c* el porcentaje de poros llenos de agua (WFPS) y las precipitaciones, entre abril de 2008 y agosto de 2009 en las parcelas control (C), baja (B) y alta presión de pastoreo (A). Para obtener los valores promedio de  $N_2O$  se consideró las emisiones registradas en las seis parcelas de estudio, salvo en el período comprendido entre el 24 septiembre de 2008 y 13 de marzo de 2009, en el que el número de parcelas consideradas fue cuatro (B2, B3, A2, A3) debido a que el resto de praderas se encontraban en proceso de renovación.

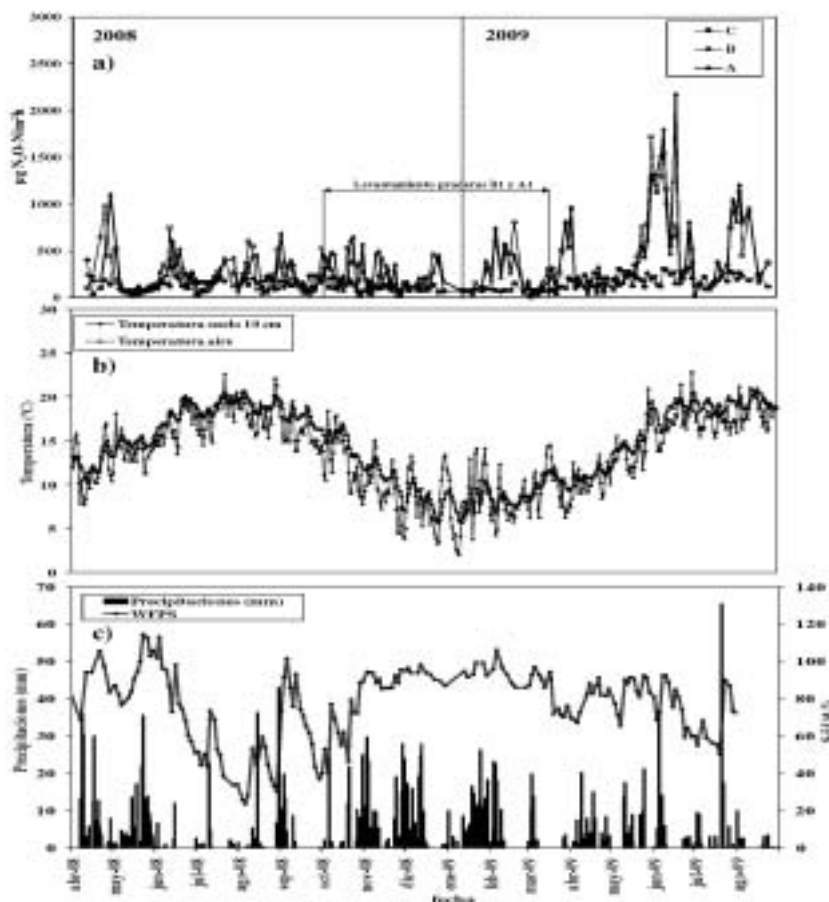


Figura 1. a) Tasas diarias de emisión promedio en el control (C), y en las parcelas de baja (B) y alta presión de pastoreo (A); b) temperatura de aire y suelo de 0-10 cm de profundidad; c) precipitaciones y porcentaje de poros de suelo llenos de agua (WFPS), en los períodos estudiados durante los años 2008 y 2009.

Los valores de  $N_2O$  obtenidos para el 2008 se encontraron en los rangos 23,62 ( $\pm 5,38$ )-502,53 ( $\pm 37,70$ )  $\mu g N_2O-N/m^2h$ , 15,82 ( $\pm 5,73$ )-976,26 ( $\pm 248,71$ )  $\mu g N_2O-N/m^2h$  y 14,10 ( $\pm 5,03$ )-1103,98 ( $\pm 338,46$ )  $\mu g N_2O-N/m^2h$ , en el control (C), parcelas de baja (B) y alta presión de pastoreo (A), respectivamente. La primavera se caracterizó por ser muy lluviosa pero con emisiones bajas de  $N_2O$  durante el mes de mayo y principios de junio. El exceso de humedad probablemente provocó condiciones suficientemente anaeróbicas en el suelo como para disminuir la relación  $N_2O/N_2$  como productos finales en el proceso de desnitrificación. Un aumento en el contenido de amonio y nitrato en el suelo debido al pastoreo y fertilizaciones efectuadas a finales de mayo provocaron, a pesar de la saturación del suelo (WFPS > 100), un incremento en los picos de  $N_2O$  observados en este mes. Durante el verano, la emisión de  $N_2O$  se produjo en momentos en los que los valores de WFPS se situaron entre el 60-75%. Estos valores se encontraron fuertemente correlacionados ( $r: 0,642$ ,  $p < 0,01$ ) con valores de temperatura de suelo por encima de los 15 °C estimulándose, como consecuencia, la producción de  $N_2O$  (Horvath, L., 2010). En el otoño, la emisión del gas se produjo cuando la humedad del suelo se encontró en valores de WFPS del 60%. Durante el mes de diciembre valores de WFPS superiores al 90% y temperaturas bajas (8,9 °C) limitaron la emisión de  $N_2O$ .

En 2009, aparecieron picos de mayor dimensión que los obtenidos durante el año anterior, con valores de  $N_2O$  entre 19,04 ( $\pm 1,18$ )-347,44 ( $\pm 0,13$ )  $\mu g N_2O-N/m^2h$  en C, así como entre 3,76 ( $\pm 0,93$ )-1717,39 ( $\pm 304,65$ )  $\mu g N_2O-N/m^2h$  en parcelas de baja y, 4,37 ( $\pm 0,35$ )-2179,79 ( $\pm 237,31$ )  $\mu g N_2O-N/m^2h$  en alta presión de pastoreo. Durante los meses de enero a marzo, la intensidad de las lluvias registradas ocasionó un incremento en la humedad del suelo hasta provocar su saturación. A pesar de ello, se observaron algunos picos importantes en aquellos días en los que el WFPS fue menor al 100%, además de coincidir con entradas de ganado y con la única fertilización efectuada en las praderas durante el 2009. En la primavera, los contenidos de humedad en el suelo alcanzaron valores de WFPS comprendidos entre 60-90%, siendo éstas las condiciones favorables para la producción de  $N_2O$  a través del proceso de desnitrificación. Pero además, los pastoreos se concentraron durante estos meses, lo que probablemente provocó el incremento de  $N_2O$ . En el verano, las tasas de emisión fueron también superiores a las del 2008, consecuencia del aumento del 7% de las precipitaciones durante los meses de julio y agosto y del incremento de la temperatura de suelo (superiores a 15°C). La variación del contenido en humedad y el incremento de la temperatura de suelo (Hyde et al., 2006) establecieron las condiciones óptimas para el incremento de los flujos de emisión a través de la desnitrificación.

En la *Tabla 1* se presentan los valores acumulados de  $N_2O$ , presión de pastoreo (JPP), cantidad de N aplicado mediante fertilización ( $N_{fert}$ ) y contenido en N mineral en suelo en los periodos estudiados. En ambos años de estudio se observó que la cantidad de N emitido en forma de  $N_2O$  no fue significativamente diferente entre parcelas de baja y alta presión de pastoreo. Sin embargo, si se observó que durante el segundo año de estudio, las mismas parcelas experimentaron un incremento de valores de  $N_2O$  respecto al primero. En 2008 la cantidad de N emitida en forma de  $N_2O$  fue 12,64 y 13,43 kg N/ha en parcelas de baja y alta presión de pastoreo. En 2009, los valores obtenidos fueron de 20,96 kg y 21,84 kg N/ha en baja y alta, respectivamente. En bibliografía (Velthof y Oenema, 1997; McTaggart et al, 1994), para este mismo tipo de manejo, aparecen valores de emisión acumulada anuales en el rango de 10-20 kg N/ha. El invierno (diciembre-enero) fue el período en el que se observa la menor cantidad de  $N_2O$  emitido. Nulos *inputs* de N como consecuencia de la ausencia de pastoreo (salvo A3) y fertilización, así como las bajas temperaturas registradas en estos meses, fueron los causantes de los bajos valores obtenidos. La primavera en los dos años de estudio, así como el otoño de 2008 fueron las estaciones que en mayor me-

Tabla 1. Valores acumulados de N2O (kg N-N2O/ha), presión de pastoreo (JPP), fertilización nitrogenada (Nfert) y contenidos de N mineral promedio (NH4+, NO3- en kg N/ha) en parcelas control (C), baja (B) y alta (A) presión de pastoreo durante los periodos estudiados en a) 2008 y b) 2009

Parcela	Abr-Jun				Jul-Ago				Sep-Nov				Dic-Ene				Total								
	JPP	Nfert	NH4+	NO3-	N-N2O	JPP	Nfert	NH4+	NO3-	N-N2O	JPP	Nfert	NH4+	NO3-	N-N2O	JPP	Nfert	NH4+	NO3-	N-N2O					
<b>a) 2008</b>																									
<b>C</b>																									
Media	0	0	4,30	1,19	2,89b	0	0	9,40	1,49	2,51a	0	0	14,78	3,62	3,01b	0	0	13,29	3,83	1,39b	0	0	10,44	2,53	9,80b
sd	0	0	0,88	0,36	0,01	0	0	6,02	0,38	0,01	0	0	3,66	0,01	0,01	0	0	1,08	0,19	0,02	0	0	2,37	0,23	0,05
<b>B</b>																									
Media	305	39	12,60	4,82	5,07a	18	0	13,62	9,15	3,03a	78	0	21,52	5,34	4,79a	0	0	17,31	4,91	2,23a	386	77	14,89	8,20	12,64a
sd	93	0	2,55	2,65	0,57	18	0	5,80	7,15	0,75	81	0	6,07	0,08	0,46	0	0	0,38	1,47	0,05	149	1	4,26	3,02	2,91
<b>A</b>																									
Media	311	39	15,68	4,74	5,08a	87	0	22,13	10,09	3,22a	39	13	24,72	7,63	5,44a	50	0	20,71	8,58	2,25a	487	79	20,11	9,74	13,43a
sd	131	0	1,73	1,26	0,77	54	0	5,55	5,12	0,65	52	22	5,71	2,84	0,46	87	0	0,26	5,34	0,02	184	3	1,53	2,63	3,13
<b>b) 2009</b>																									
<b>C</b>																									
Media	0	0	10,41	2,44	1,28b	0	0	12,72	3,24	4,79b	0	0	11,38	3,53	2,47b	0	0	11,51	3,07	8,54b	0	0	11,51	3,07	8,54b
sd	0	0	0,22	0,01	0,01	0	0	2,83	0,31	0,00	0	0	0,35	0,01	0,01	0	0	0,75	0,10	0,00	0	0	0,75	0,10	0,00
<b>B</b>																									
Media	118	36	14,69	5,38	5,41a	194	0	17,42	6,77	10,08a	70	0	15,30	8,83	5,47a	382	36	15,64	6,92	20,96a	0	0	15,64	6,92	20,96a
sd	54	3	1,46	0,50	0,97	46	0	3,30	1,25	1,49	61	0	4,02	1,15	0,87	159	3	2,63	0,19	2,37	0	0	2,63	0,19	2,37
<b>A</b>																									
Media	95	38	15,60	9,58	5,04a	301	0	23,26	11,70	11,13a	110	0	19,60	16,41	5,66a	507	38	19,49	12,56	21,84a	0	0	19,49	12,56	21,84a
sd	46	6	2,05	4,39	1,53	149	0	4,41	6,18	0,88	31	0	3,60	4,70	0,82	86	6	1,13	4,27	1,95	0	0	1,13	4,27	1,95

Media 95 38 15,60 9,58 5,04a 301 0 23,26 11,70 11,13a 110 0 19,60 16,41 5,66a 507 38 19,49 12,56 21,84a sd 46 6 2,05 4,39 1,53 149 0 4,41 6,18 0,88 31 0 3,60 4,70 0,82 86 6 1,13 4,27 1,95

didamente contribuyeron a la cantidad de N<sub>2</sub>O anual emitida, hecho que estuvo íntimamente ligado con el aporte de N al suelo a través de las fertilizaciones efectuadas (primavera) y, el procedente de las excretas del ganado. Además, es especialmente durante estas estaciones cuando el pisoteo del ganado produce mayor compactación del terreno (Hynst *et al.*, 2007) y se crean condiciones anaerobias favorables para la producción de N<sub>2</sub>O. En este sentido, se estudió la relación entre la cantidad de N<sub>2</sub>O emitida y la presión ejercida por el ganado durante el pastoreo (JPP) en ambos años de estudio, encontrándose una fuerte correlación entre ambas variables en 2008 (r:0,524, p<0,01, n:28) y 2009 (r:0,725, p:0,01, n:24), indicando que pequeñas diferencias en la presión de pastoreo se traducen en ligeros incrementos en la emisión anual de N<sub>2</sub>O, de forma que en nuestro estudio, un aumento de 105-125 vacas-día/ha supuso un incremento medio en la producción de N<sub>2</sub>O del 5%.

Con respecto a la cantidad de N mineral en el suelo (*tabla 1*), no se observaron grandes diferencias entre parcelas de baja y alta presión de pastoreo. En el 2008 los valores medios de amonio hallados fueron de 15 y 21 kg N/ha, y los de de nitrato de 9 y 10 kg N/ha, en parcelas de baja y alta presión respectivamente. En 2009 los valores de amonio fueron de 16 y 20 kg N/ha así como los nitratos de 7 y 13 kg N/ha para baja y alta presión de pastoreo, respectivamente.

## CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos mostraron que la producción de N<sub>2</sub>O estuvo muy condicionada por las variaciones de humedad y temperatura del suelo durante el período de estudio, siendo la primavera y otoño las estaciones que más contribuyeron a la cantidad total de N<sub>2</sub>O emitido. Además, se observó que la cantidad de N<sub>2</sub>O estuvo correlacionada con la presión de pastoreo de forma que un aumento de 100-125 vacas-día/ha en los años estudiados supuso un incremento en la producción de N<sub>2</sub>O del 5%.

## Agradecimientos

Al proyecto INIA "SUM2006-00017-C03-03".

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BÁEZ, D.; LOURO, A.; ROCA, A.; CASTRO, J.; GARCÍA, M. I., 2009. Emisiones de óxido nítrico en pastoreo rotacional. En: *La multifuncionalidad de los pastos: producción ganadera sostenible y gestión de los ecosistemas*, R. REINÉ *et al* (Eds). Gráficas Alós. Huesca (España), 163-170.
- HYDE, B.P.; HAWKINS, M. J.; FANNING, A.F.; NOONAN, D.; RYAN, M.; O'TOOLE, P.; CARTON, O.T., 2006. Nitrous oxide emissions from a fertilized and grazed grassland in the south east of Ireland. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, **75**, 187-200.
- HYNST, J.; SIMEK, M.; BRUCEK, P.; PETERSEN, S.O., 2007. High fluxes but different patterns of nitrous oxide and carbon dioxide emissions from soil in a cattle overwintering area. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, **120**, 269-279.
- HORVÁTH, L.; GROSZ, B.; MACHON, A.; TUBA, Z.; *et al.*, 2010. Estimation of nitrous oxide emission from Hungarian semi-arid sandy and loess grasslands; effect of soil parameters, grazing, irrigation and use of fertilizer. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, **1-2 (139)**, 255-263.
- MCTAGGAR, I.; CLAYTON, H.; SMITH, K., 1994. Nitrous oxide flux from fertilized grassland; strategies for reducing emissions. En: *Non-CO<sub>2</sub> greenhouse gases*. van Ham J *et al.* (Eds). Academic press, Dordrecht, 421-426.
- RYDEN, J.C.; ROLSTON, D.E., 1983. The measurement of denitrification. En: *Gaseous loss of nitrogen from plant soil systems*, Freney and Sympton (Eds). Martinus Nijhof and W

Junk The Publishers, The Hague (Netherlands), 91-132.  
VELTHOF, G.L.; OENEMA, O., 1997. Nitrous oxide emissions from a dairy farm systems in the Netherlands. *Netherlands Journal Agricultural Science*, **45**, 347-360.

## NITROUS OXIDE SEASONAL VARIATIONS IN GRAZING PASTURES

### SUMMARY

Grazing management implies N inputs in grassland through animal excreta. This fact together with the characteristics of the Atlantic climate of Galicia causes that in this region large amounts of N<sub>2</sub>O may be given off. The aim of the present study was to quantify nitrous oxide emissions in grassland under grazing management during 2008 and 2009 as well as to study the influence of grazing pressure in the production of gas. The results showed that gas production was influenced by temperature and soil moisture during the entire study period, although they were both springs and the autumn of 2008 the seasons that contributed the most to the total amount of N<sub>2</sub>O emitted. We observed that the amount of N<sub>2</sub>O was correlated with grazing pressure so an increase of 100-125 cows-day/ha produced an increase of 5% in N<sub>2</sub>O production.

**Key words:** N<sub>2</sub>O, closed chamber, grazing pressure, grassland



# RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN EN SUELOS DE DEHESA. VARIACIÓN A LO LARGO DEL AÑO E INFLUENCIA DEL CONTENIDO DE CARBONO

F. MORENO ELCURE<sup>1,2</sup>, M.D. CARBONERO MUÑOZ<sup>2</sup>, A.M. GARCÍA MORENO<sup>2</sup>, J.R. LEAL MURILLO<sup>2</sup>,  
M.T. HIDALGO FERNÁNDEZ<sup>2</sup> y P. FERNÁNDEZ REBOLLO<sup>2</sup>

## RESUMEN

En la dehesa, al igual que en otros agrosistemas, el suelo constituye un recurso vital. Sus características se ven alteradas por cambios en las prácticas de gestión de la vegetación y del pastoreo. Este trabajo estudió el efecto de la retirada del ganado durante un periodo de corta duración y su pastoreo posterior, sobre la resistencia a la penetración (RP), la densidad aparente (DA), el contenido de carbono orgánico (COS), la relación C:N y la humedad del suelo (Hum), comparándolo con un pastoreo continuo. Se han obtenido diferencias en el contenido de carbono orgánico. El Análisis de Componentes Principales, presenta estados distintos, donde los tratamientos descanso corto alcanza valores más bajos de RP, COS, C:N y Hum, que pastoreo tras el descanso, con valores más altos de RP y menor C:N y pastoreo continuo con valores intermedios de RP y COS y las mayores relaciones C:N. La RP en ambientes pastados se relaciona inversamente con la humedad del suelo y con su contenido de carbono, aumentando al incrementarse éste. La densidad aparente no cambia con los descansos cortos del pastoreo y no se relaciona con los cambios en RP que experimenta el suelo.

**Palabras clave:** pastoreo, impedancia mecánica, gestión del pasto.

## INTRODUCCIÓN

El efecto del pastoreo sobre la condición del suelo ha sido una inquietud en muchos tratados e investigaciones, pero su estudio requiere la utilización de métodos complejos que, bajo las características poco homogéneas de los suelos sometidos a pastoreo, no son de fácil interpretación y muestran escasa sensibilidad a los cambios que propician las prácticas utilizadas en la gestión de los pastizales. Variables como la densidad aparente, porosidad, infiltración, conductividad de agua y aire, así como otras, han sido ampliamente difundidas para estudios comparativos del efecto del pastoreo sobre el suelo (Greenwood y McKenzie, 2001; Drewry, 2006; Drewry *et al.* 2008; Bilotta *et al.*, 2007). Sin embargo, la

---

<sup>1</sup> Doctorado de Agroecología ISEC – UCO. Lab. Agroecología Universidad Nacional Experimental del Táchira LASAS-UNET – Venezuela [fmoreno@unet.edu.ve](mailto:fmoreno@unet.edu.ve)

<sup>2</sup> Dpto. Ing. Forestal, ETSIAM - UCO [irferep@uco.es](mailto:irferep@uco.es)

complejidad de su medida puede reducir el interés de los investigadores. En este sentido, la utilización de otras variables puede (i) facilitar la interpretación de los efectos del pastoreo y de las prácticas de gestión de los pastos y (ii) la búsqueda de mejores aplicaciones que potencialmente puedan servir a los productores. Por lo tanto, el presente estudio incorpora como variables la resistencia a la penetración por la fácil recolección de datos, tanto a lo largo de un perfil como lecturas parciales a diferentes profundidades, así como otras variables edáficas que han sido consideradas tradicionalmente en estudios comparativos de gestión del pastoreo.

La resistencia a la penetración ó índice de cono es la fuerza que se debe aplicar sobre un vástago para penetrar verticalmente una columna de suelo. Esta fuerza se ve afectada por variables como la pedregosidad o la textura de suelo, las cuales se consideran estables en el tiempo. Pero también está influenciada por otras como la humedad del suelo y el contenido en materia orgánica que pueden variar con el tiempo y bajo distintas pautas de pastoreo. En este trabajo se analiza cómo varían las variables resistencia a la penetración, densidad aparente, humedad, nitrógeno y contenido de carbono orgánico en suelo bajo distintas prácticas de gestión del pastoreo en la dehesa.

## MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se realizó en la finca "El Moralejo", comarca de los Pedroches, Villanueva de Córdoba. La finca posee un clima mediterráneo, con precipitación media anual de 634,7 mm y una temperatura media de 15,5°C oscilando entre los 27,4°C en el mes de julio y los 6,1°C en enero. El balance hídrico arroja déficit en el periodo junio-agosto y exceso de diciembre-abril. Posee una altitud promedio de 650 msnm y un relieve con pendientes inferiores a 10% (Fernández y Carbonero, 2008). El suelo se clasifica como Cambisol eútrico, con desarrollo moderado y buena actividad biológica en el horizonte superior, con textura franco arenosa, pH ácido, materia orgánica de moderada a alta (>2%) y fertilidad baja-media (Gil Torres *et al.*, 2003). La vegetación presenta un estrato arbóreo mono-específico de encina (*Quercus ilex*), con densidad de 31 árboles ha<sup>-1</sup> y una cobertura arbórea de 26 %. El estrato herbáceo es un pastizal Terofítico dominado por las familias Asteráceas, Poáceas y Fabáceas (Dominguez, 2009).

La finca está pastoreada por bovinos de raza Limousin con una carga ganadera de 1 UGM/ha y porcinos de raza Ibérica, con una carga ganadera de 1,5 cerdos/ha (0,45 UGM/ha). El sistema de pastoreo para el bovino es continuo durante todo el año, mientras que el porcino pastorea sólo durante el periodo comprendido entre noviembre y enero (montanera) y varía entre años, dependiendo de la disponibilidad de bellota. En el otoño, el ganado vacuno se concentra unos días en alguna parcela y pasa a las restantes una vez que los porcinos han consumido una parte importante de la bellota caída. En una parcela, se seleccionaron dos zonas que presentaban distinta intensidad de pastoreo: una con alta intensidad de pastoreo, por situarse en las proximidades del abrevadero, comedero y de los accesos, y otra de baja intensidad de pastoreo por estar alejada de estos elementos. En cada zona se acotaron al pastoreo pequeñas superficies (4x4 m) que fueron sometidas a distintos tratamientos: descanso del pastoreo durante un periodo corto (90±4 días) en otoño y primavera (D. Corto) y pastoreo después de un descanso corto (P.D. Corto). Las zonas no acotadas siguieron con pastoreo continuo (P. continuo). Las zonas excluidas se situaron siempre fuera de la influencia de las encinas y con cobertura de pastos herbáceos.

Se realizaron tres muestreos, los dos primeros evalúan el efecto del descanso, mientras el segundo y tercero evalúan el efecto de someter una zona con descanso corto de nuevo al pastoreo. Los muestreos fueron realizados en invierno 2009 (enero), inicio de verano 2009 (junio), invierno 2010 (enero). En cada muestreo se tomaron cuatro replicas por



tratamiento e intensidad de pastoreo, evaluándose las siguientes variables edáficas: densidad aparente (DA), contenido de agua en el suelo (Hum), resistencia a la penetración (RP), contenido en carbono orgánico del suelo (COS) y nitrógeno total (N).

La DA para la profundidad de suelo de 0-8 cm se evaluó mediante cilindro de volumen conocido. La resistencia a la penetración RP (MPa) se determinó mediante penetrómetro estandarizado bajo la norma de ASABE 313.2 de punta fina, recomendada para suelos con alta impedancia mecánica (ASABE, 2006). El equipo registra datos cada 0,5 cm de profundidad. En cada réplica se tomaron al menos 20 lecturas de RP en el intervalo 0-8 cm, construyéndose la RP media en el citado segmento. La humedad del suelo se evaluó con TDR (Moisture Meter Delta-T Mod. HH2) cuyas varillas miden a una profundidad de 0-6 cm, realizándose un mínimo de seis lecturas en cada réplica.

Se tomaron muestras de suelo del intervalo 0-8 cm de profundidad, que fueron trasladadas al laboratorio donde se secaron a temperatura ambiente, siendo posteriormente tamizadas a 2mm. Una submuestra de 10 g aproximadamente, fue triturada en molino de ágata durante 15 min. El contenido total en carbono orgánico del suelo (COS) y nitrógeno total (N) se determinó a partir de esta submuestra mediante el método de combustión en seco (EUROVECTOR EA-3010). Se verificó la ausencia de carbonatos por el método del calcímetro. Con los resultados se calculó la relación carbono/nitrógeno (C:N). Para el procesamiento de los datos se realizó estadística descriptiva y ANOVA considerando los factores intensidad de pastoreo, tratamiento de descanso e interacciones. Con todas las variables se realizó un análisis de componentes principales, así como correlaciones de Pearson. Finalmente, se ejecutó un análisis de regresión paso a paso, siendo RP la variable dependiente, y las variables Hum, DA, COS y C:N y transformaciones de las mismas ( $1/X$ ,  $X^2$ ,  $1/X^2$ ,  $\text{Log}X$ ,  $1/\text{Log}X$ ,  $\sqrt{X}$ ,  $1/\sqrt{X}$ ) variables independientes.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El ANOVA no muestra diferencias significativas en las interacciones y solo las variables  $RP_{0-8}$  y COS presentan diferencias entre intensidades de pastoreo (Alta: 2,51 y Baja: 2,00 MPa; Alta: 2,10 y Baja: 1,50 g/100 g suelo, respectivamente). El tratamiento D. Corto presenta diferencias con los tratamientos en pastoreo para la variable COS (tabla 1).

Tabla 1. Valores medios y error estándar de la resistencia a la penetración, densidad aparente, carbono orgánico, carbono/nitrógeno y humedad en suelo según el tratamiento de pastoreo aplicado en dos zonas de dehesa con distinta intensidad de pastoreo.

Intensidad Pastoreo	Tratamiento	$RP_{0-8}$ (Mpa)	$DA_{0-8}$	COS	C:N	Hum (%)
Alta	D. Corto	2,55±0,24	1,49±0,02	1,85±0,19 <sup>a</sup>	10,23±0,15	23,50±4,03
	P. D. Corto	2,71±0,16	1,51±0,06	2,35±0,19 <sup>b</sup>	10,16±0,17	20,02±4,03
	P. Continuo	2,56±0,15	1,49±0,03	2,29±0,11 <sup>b</sup>	10,55±0,14	25,24±3,14
Baja	D. Corto	1,74±0,09	1,43±0,03	1,31±0,09 <sup>a</sup>	10,84±0,60	20,28±3,43
	P. D. Corto	2,27±0,30	1,49±0,05	1,70±0,14 <sup>b</sup>	10,26±0,12	21,58±4,96
	P. Continuo	2,06±0,15	1,50±0,02	1,57±0,11 <sup>b</sup>	10,95±0,31	21,28±2,55

Las diferencias se presentan por Intensidad de Pastoreo, variables con letras similares no presentan diferencias entre tratamientos, Prueba Tukey.

En el análisis de componentes principales, el primer componente (PC1) explica el 42% de la varianza, donde las variables de mayor peso son  $RP_{0-8}$  y Hum, esta última con correlación negativa, seguida de COS. El segundo componente (PC2) aporta el 21% de la varian-

za explicada, donde DA tiene mayor peso (95%). El tercer componente (PC3) explica el 19% de la varianza, siendo C:N la variable de mayor peso (92%), acompañada pero en dirección contraria por RP, con menor magnitud. Estos tres componentes explican el 82% de varianza de los datos (figura 1).

En la figura 1 se muestra el peso de cada variable y como se distribuyen los puntos según tratamientos. Se observa, que los tratamientos se distribuyen según el peso que ejerce principalmente la variable Hum y RP<sub>0-8</sub>. Destaca que D. Corto forman una franja en torno a PC1, lo que sugiere que este tratamiento no es afectado por la variable DA, mientras que los tratamientos en pastoreo tiene una distribución más dispersa. En el PC3 se observa que P. Continuo tiene valores negativos, mientras que las observaciones realizadas en P.D. Corto se sitúan mayoritariamente en el tramo positivo.

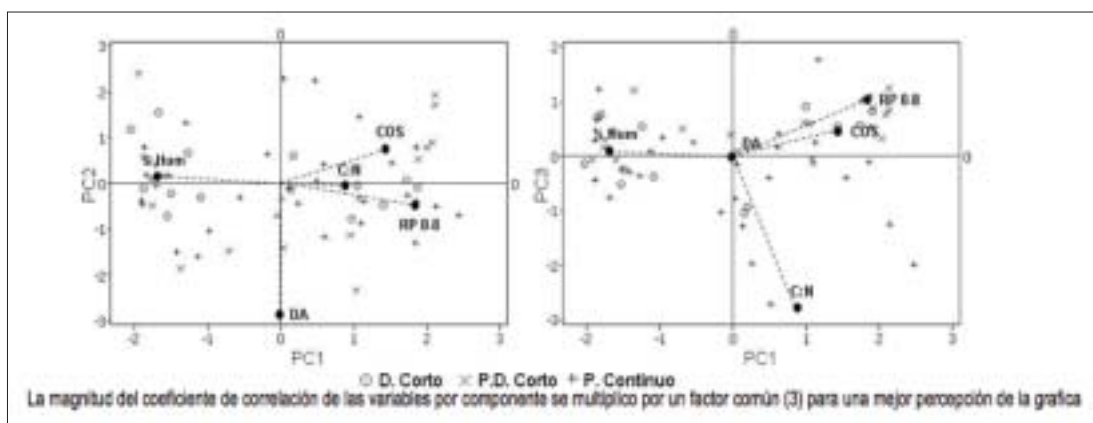


Figura 1. Representación de los coeficientes y las observaciones según manejo del pastoreo en los tres ejes principales del Análisis de Componentes Principales realizado con variables edáficas en una dehesa.

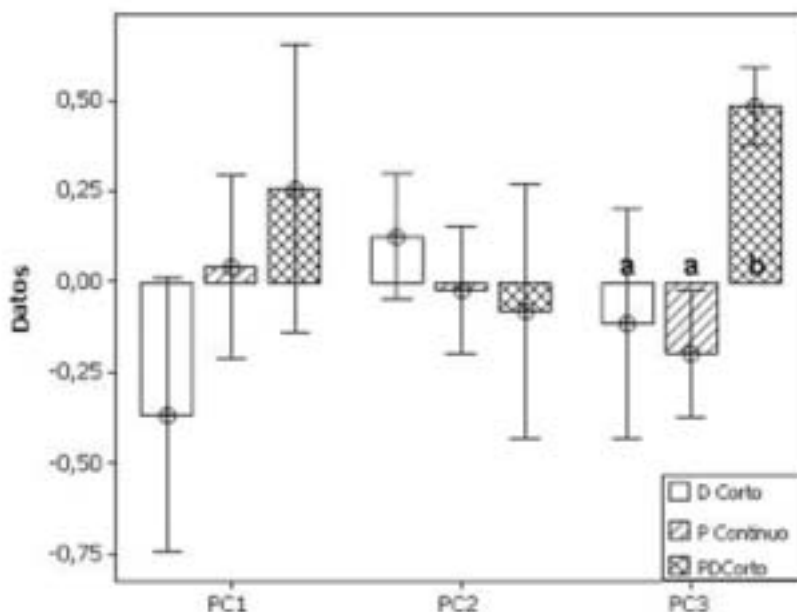


Figura 2. Resultados de ANOVA de los componentes principales 1 y 3, de variables del suelo con manejo de descanso (D.) y pastoreo (P)

Al analizar las puntuaciones de las observaciones en los tres primeros componentes destaca nuevamente que no existe diferencia en el componente relacionado con la DA (PC2). Con respecto a los tratamientos solo PC3 presenta diferencias, siendo PD Corto quien difiere de los otros dos (*figura 2*) siendo las variables C:N y COS las de mayor peso en ese eje.

El análisis de regresión paso a paso ( $n = 112$ ) identifica que las variables que predicen mejor la  $RP_{0-8}$  son Hum y COS. La ecuación tiene un  $R^2 = 76,6\%$  y  $p < 0,001$  y la siguiente expresión:

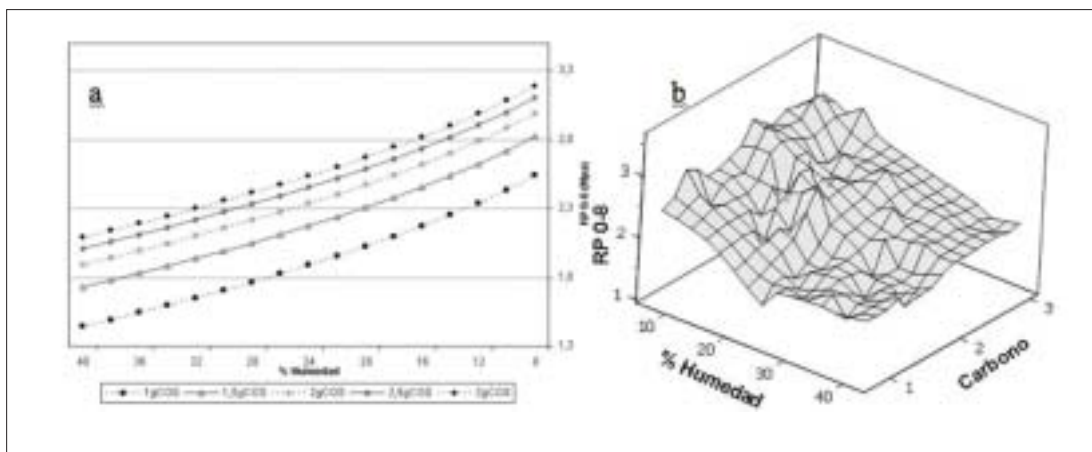
$$RP_{0-8} \cong 4,96 - 1,53 \times 1/\sqrt{\text{Carbono}} - 0,314\sqrt{\text{Hum}}$$

La ecuación predice la  $RP_{0-8}$  en el rango de 1,43 a 3,23 MPa y para las variables independientes los rangos son: Hum desde 7,23 hasta 40,27% y contenido de COS desde 0,93 hasta 2,99 g C/ 100 g suelo. Destaca nuevamente que la variable DA no ha sido incorporada en el modelo.

En la *figura 3a* se representa la ecuación de regresión para 5 contenidos de COS, mostrando el comportamiento inverso de las variables  $RP_{0-8}$  y Hum. Para un contenido determinado de agua en el suelo, una baja cantidad del COS da lugar a valores bajos de RP, mientras que al aumentar COS, aumenta también RP, situación que se observa en la representación de las tres variables en la *figura 3b*. Diversas publicaciones reportan el efecto inverso que presenta la Materia Orgánica y por ende el COS con la RP (Martínez *et al.*, 2008; Tarkiewicz y Nosalewicz, 2005), pero estos trabajos sientan sus bases en estudios con cultivos, donde los aportes de MO son consecuencia principalmente de la gestión de los residuos vegetales, o de la aportación de materia orgánica de diversas fuentes y con diferentes formas de aplicación. Sin embargo, en el presente estudio, la forma de incorporar COS es por el proceso de pastoreo, que incluye pisoteo de los animales al cosechar el pasto, razón por la que altos contenidos de COS coincidan con RP altas.

En este sentido, los altos contenidos de humedad en el suelo, tienden a que los tratamientos presenten valores similares de RP, mientras que en ausencia de agua en suelo, la variable logra a poca profundidad valores muy altos (*figura 3b*).

Bajo condiciones de pastoreo continuo el sistema muestra una estabilidad consecuen- cia de las alteraciones constantes producidas por el ganado (*figura 4*). Al retirar los anima-



*Figura 3.* Representación a y comportamiento b de la variable Resistencia a la Penetración (PR) en función de COS (gC/100g suelo) y humedad (Hum) del suelo.

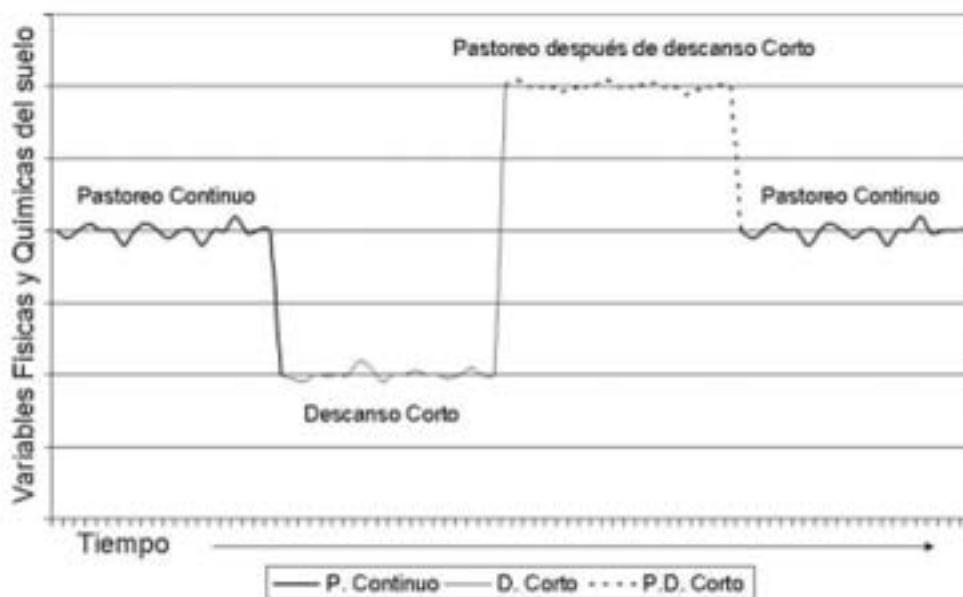


Figura 4. Esquema que representa los estados y transiciones en el sistema suelo-pastos propiciado por descansos cortos y largos del pastoreo

les durante un periodo corto, el sistema suelo-pasto reacciona situándose en un estado transitorio de menor valor. Si tras un descanso corto vuelve a ser pastoreado, el sistema evoluciona hacia el estado inicial pero pasando por un estado transitorio inestable y de mayor valor. Las variables que parecen definir estos estados son RP, Hum, COS y C:N. Tras el cese del pastoreo, a corto plazo se reduce la resistencia a la penetración y el contenido en materia orgánica, reteniendo el suelo una menor cantidad de agua. La relación C:N baja. Si vuelve a ser pastoreado después de un descanso corto, aumenta rápidamente la RP hasta valores sensiblemente mayores que los mostrados a principio, aumentando COS y disminuyendo la relación C:N (figura 4).

## CONCLUSIONES

Existen fuertes relaciones entre la resistencia a la penetración y la humedad del suelo, sin embargo, ésta puede cambiar según el contenido de carbono orgánico existente en suelo.

No se encontró correlación entre la densidad aparente y la resistencia a la penetración, no considerándose en la ecuación de regresión.

El manejo realizado afecta al comportamiento de las variables del suelo; se observan un estado de estabilidad o equilibrio de las variables del suelo estudiadas en pastoreo continuo y dos estados transitorios.

## Agradecimientos

A la familia Fernández Ranchal. Esta investigación ha sido financiada por el proyecto AGL2009-12243-CO2-01 del Ministerio de Ciencias e Innovación. Con apoyo del Programa AIBan de Becas de Alto Nivel UE para América Latina, beca E06D101747VE.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASABE. 2006., Soil cone penetrometer. ASAE S313.3 FEB04. Procedures for Using and Reporting Data Obtained with the Soil Cone Penetrometer ASAE EP542 feb99. En:

- ASABE Estándar. 903-904 y 1053-1055.
- DOMÍNGUEZ, G., 2009. Restauración de la vegetación leñosa de la Dehesa "El Moralejo". Trabajo para optar al grado de Ing. de Montes. Esc. Téc. Sup. Ingenieros Agrónomos y de Montes. U. de Córdoba. 141-146.
- DREWRY JJ, CAMERON KC, BUCHAN GD., 2008. Pasture yield and soil. Physical property responsible to soil compaction from Trading ang grazing – a review. *Australian Journal of soil Research*, 46 237-256.
- DREWRY JJ., 2006. Natural recovery of soil physical properties from treading damage of pastoral soils in New Zealand and Australia: A review. *Agriculture Ecosystems y Environment* 114: 159-169.
- FERNÁNDEZ A Y CARBONERO MD., 2008. Explotación agroganadera Finca El Moralejo. Cuaderno de campo, XLVII Reunión SEEP. 19-24.
- GIL TORRES J., RODERO PÉREZ, I., ODIERNA C., 2003. Inventarios de los suelos de la Provincia de Córdoba. *Estudios de Medio Ambiente Provincial* 5. Diputación de Córdoba. 24-25, 68-80.
- GREENWOOD KL, MCKENZIE BM., 2001. Grazing effects on soil physical properties and the consequences for pastures: a review. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 41: 1231-1250.
- MARTINEZ E, FUENTES JP, ACEVEDO H., 2008. Carbono orgánico y propiedades del suelo. *Rev. Cs del suelo y nutrición vegetal* 8(1): 68-96.
- TARKIEWICZ S, Y NOSALEWICZ A., 2005. Effect of organic carbon content on the compactibility and penetration resistance of two soils formed from loess. *Int. Agrophysics* 19 (4) 345-350

## **PENETRATION RESISTANCE OF SOIL DEHESA. CHANGES THROUGHOUT THE YEAR AND INFLUENCE OF CARBON CONTENT**

### **SUMMARY**

In the pasture, as in other agricultural systems, soil is a vital resource, and its characteristics are altered by changes in management practices and grazing vegetation. In this paper, we studied the effect of the removal of livestock during a short period and grazing again after rest, on the resistance to penetration (PR), bulk density (DA), soil organic carbon content (SOC), C:N and soil moisture (Hum), compared with continuous grazing. Significant differences were found in the organic carbon content. The PCA analysis performed with all the soil variables, shows different states: short rest grazing, with lower values of PR, COS, C:N and Hum, grazing after rest period, with higher values of PR and lower C:N and continuous grazing with intermediate values of RP and SOC and higher C:N. The PR in grazed environments was related to soil moisture, decreasing as the soil is wet, but also with carbon content, increasing in soils with high content. The bulk density does not change with grazing rest and isn't related to changes in soil PR.

**Key words:** grazing management, mechanical impedance



## INDICE POR AUTORES





Afif-Khouri E	.....	Bodas R	.....
Ágreda T	.....	Bodas R	.....
Agudín S	.....	Borreani G	.....
Agueda B	.....	Bouso V	.....
Aguirre AJ	.....	Bover P	.....
Aguirre AJ	.....	Bravo Fernández JA	.....
Albanell E	.....	Broca A	.....
Albanell E	.....	Broca A	.....
Albizu I	.....	Caballero R	.....
Aldea J	.....	Caja G	.....
Aldezabal A	.....	Calleja A	.....
Aldezabal A	.....	Calleja A	.....
Alonso Ponce R	.....	Calleja A	.....
Alonso Ponce R	.....	Calvete H	.....
Alonso R	.....	Campo L	.....
Álvarez Martín A	.....	Campo L	.....
Álvarez Pascua A	.....	Canals RM	.....
Andrés S	.....	Cañequé V	.....
Andrés S	.....	Carbonero Muñoz MD	.....
Andrés S	.....	Carbonero Muñoz MD	.....
Andueza D	.....	Carbonero Muñoz MD	.....
Antón J	.....	Cassinello J	.....
Antoni J	.....	Cassinello J	.....
Argamentería A	.....	Castro Díez P	.....
Argamentería A	.....	Castro Insua J	.....
Argiba V	.....	Castro Insua J	.....
Azpiroz M	.....	Castro Insua J	.....
Báez Bernal D	.....	Chambel R	.....
Báez Bernal D	.....	China E	.....
Báez Bernal D	.....	China E	.....
Baez-Bernal D	.....	China E	.....
Bande-Castro MJ	.....	Chocarro C	.....
Bande-Castro MJ	.....	Cifré J	.....
Bande-Castro MJ	.....	Conesa MA	.....
Bande-Castro MJ	.....	Couto M	.....
Baraza E	.....	Crespo E	.....
Barrantes O	.....	Cristobal I	.....
Barrantes O	.....	Cruz Sobrado V	.....
Barreiro Elorza P	.....	Cruz Sobrado V	.....
Barrero, D	.....	Cubiló D	.....
Bartolomé C	.....	Daza A	.....
Bartolomé J	.....	Daza A	.....
Bartolomé J	.....	Daza A	.....
Batista C	.....	de la Fuente J	.....
Batista C	.....	de la Roza B	.....
Batista C	.....	de la Roza B	.....
Benavides R	.....	de las Heras P	.....
Benavides R	.....	Delaby L	.....
Bermejo V	.....	Delgado I	.....
Blanco F	.....	Delgado I	.....
Blanco R	.....	Delgado JA	.....
Blas Morente A	.....	Demdoum S	.....

Dias da Costa GS .....	Garrido A .....
Díaz Díaz N .....	Garrido F .....
Díaz MT .....	Gil Sánchez L .....
Díaz N .....	Giménez R .....
Díaz-Díaz N .....	Giráldez FJ .....
Etxeberria A .....	Giráldez FJ .....
Fanlo R .....	Gómez Cabrera A .....
Fanlo R .....	Gómez García D .....
Fernández Alés R .....	Gómez García D .....
Fernández E .....	Gómez García D .....
Fernández González F .....	Gómez Manzaneque F .....
Fernández González F .....	González Arraez A .....
Fernández González F .....	González Arráez E .....
Fernández Lorenzo B .....	Gonzalez Arrojo A .....
Fernández N .....	González Arrojo M .....
Fernández N .....	González Condado A .....
Fernández Olalla M .....	González Fernández I .....
Fernández Paz J .....	González L .....
Fernández Rebollo P .....	González Oreja JA .....
Fernández Rebollo P .....	González Rebollar JL .....
Fernández Rebollo P .....	González Rebollar JL .....
Fernández Toirán LM .....	González Rodríguez A .....
Ferrer C .....	González VO .....
Ferrer C .....	González-Rodríguez A .....
Flores G .....	González-Rodríguez A .....
Fortina R .....	Gonzalo J .....
Gallard EY .....	Gorgoso-Varela JJ .....
Garbisu C .....	Griepentrog H .....
García Ciudad A .....	Guerra A .....
García Ciudad A .....	Guerra J .....
García Ciudad A .....	Guerrero JE .....
García Ciudad A .....	Guil F .....
García Criado B .....	Gulías J .....
García Criado B .....	Gutiérrea MJ .....
García Criado B .....	Hernández AJ .....
García Criado B .....	Hernández AJ .....
García Criado B .....	Hernández Díaz Ambrona CG .....
García Criado L .....	Hernando L .....
García del Barrio JM .....	Herrera R .....
García González R .....	Hidalgo Fernández MT .....
García Hita D .....	Hidalgo Fernández MT .....
García MI .....	Hurtado P .....
García MI .....	Inclán R .....
García Moreno AM .....	Jiménez MA .....
García Moreno AM .....	Joy M .....
García Moreno AM .....	Lafuente A .....
García Muñoz C .....	Laskurain NA .....
García Pomar MI .....	Lázar A .....
García R .....	Leal Murillo JR .....
García R .....	Leal Murillo JR .....
García R .....	Leiva MJ .....
García White T .....	Leiva MJ .....
Garraza L .....	

Leonard I .....	Monteagudo AB .....
Leurent S .....	Monteagudo AB .....
Lizaur X .....	Mora JI .....
Llera Cid F .....	Mora JI .....
Llera Cid F .....	Morales S .....
Lloveras J .....	Moreno Elcure F .....
López Bote C .....	Moreno Elcure F .....
López Bote C .....	Moreno J .....
López Bote C .....	Moreno J .....
López Carrasco C .....	Moreno-Opo R .....
López Carrasco C .....	Morla C .....
López Carrasco C .....	Mosquera R .....
López Carrasco C .....	Mosquera-Losada EM .....
López Carrasco C .....	Múgica L .....
López Díaz JE .....	Muiño I .....
López Mosquera ME .....	Muntifering RB .....
López O .....	Muñoz F .....
López S .....	Muñoz F .....
López S .....	Mutke S .....
Louro A .....	Ochoa-Hueso CR .....
Louro A .....	Olaizola AM .....
Louro López A .....	Olea L .....
Madrigal J .....	Olea L .....
Mancilla Leyton JM .....	Olea L .....
Mancilla Leyton JM .....	Oliveira JA .....
Mancilla Leyton JM .....	Oliveira JA .....
Mancilla Leyton JM .....	Opsi F .....
Mandaluniz N .....	Oria J .....
Mangado JM .....	Pallarés M .....
Manrique E .....	Parejo Farnés C .....
Manrique E .....	Pasalodos M .....
Manuelian CL .....	Pastor J .....
Maroto F .....	Pastor J .....
Martín Vicente A .....	Pastor J .....
Martín Vicente A .....	Pelaez R .....
Martín Vicente A .....	Peláez R .....
Martín Vicente A .....	Peláez R .....
Martínez F .....	Perea R .....
Martínez Fernández A .....	Pereira Crespo S .....
Martínez Fernández A .....	Pereira-Crespo S .....
Martínez Fernández A .....	Pérez Badía R .....
Martínez G .....	Pérez Badía R .....
Martínez Jauregui M .....	Pérez Corona ME .....
Martínez Peña F .....	Pérez Corona ME .....
Martínez T .....	Pérez Corona ME .....
Martínez X .....	Pérez Marín DC .....
Medrano H .....	Petisco C .....
Mendarte S .....	Piñeiro Andiñón J .....
Mendoza A .....	Piñeiro Andiñón J .....
Mendoza A .....	Piñeiro Andiñón J .....
Mesa R .....	Piñeiro J .....
Molina E .....	Poblaciones MJ .....

Poblaciones MJ .....	Salama AAK .....
Pou A .....	Salleres B .....
Prieto Fernández A .....	San Emeterio L .....
Pukkala T .....	San Miguel A .....
Ramírez J .....	Sánchez Lineros V .....
Ramos M .....	Santamaría O .....
Ramos ME .....	Santamaría O .....
Reiné R .....	Santana A .....
Reiné R .....	Santos JA .....
Resch C .....	Sanz J .....
Rescia AJ .....	Sardinero S .....
Retuerto C .....	Serrada R .....
Rey A .....	Silvestre F .....
Rey A .....	Soldado A .....
Rey A .....	Soldado A .....
Rigueiro A .....	Tabacco E .....
Rigueiro A .....	Tomás M .....
Rivas A .....	Uriarte L .....
Rivera Martín AM .....	Uribe C .....
Rivera Martín AM .....	Valdés C .....
Robles AB .....	Valdés C .....
Robles AB .....	Valdés C .....
Roca-Fernández AI .....	Valladares Alonso J .....
Roca-Fernández AI .....	Valladares F .....
Roca-Fernández AI .....	Vanegas Ruiz J .....
Rodrigo J .....	Vaquero C .....
Rodrigo S .....	Vázquez de Aldana BR .....
Rodríguez M .....	Vázquez de Aldana BR .....
Rodríguez Moreno F .....	Vázquez de Aldana BR .....
Rodríguez Moreno F .....	Vázquez de Aldana BR .....
Rodríguez Rojo, MP .....	Vázquez Yañez OP .....
Rodríguez Rojo, MP .....	Verdecia D .....
Rodríguez-Rodríguez A .....	Vicente F .....
Roig S .....	Vicente F .....
Roig S .....	Villalba D .....
Roig S .....	Zabalgogezcoa I .....
Roig S .....	Zamudio BA .....
Roig S .....	
Rojo J .....	Olea L .....
Román M .....	Ezquerria FJ .....
Ruiz Mirazo J .....	Daza A .....
Ruiz Mirazo J .....	Fernández González F .....







